

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia
Faculté des Sciences technologiques
Département de génie des procédés
Option : Génie Alimentaire



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du Diplôme de Master.
Filière : Génie des Procédés
Option : Génie Alimentaire

Thème

Elaboration d'un fromage à pâte demi-ferme et à valeur ajoutée

Présenté par :

MEHANNI Meriem

29/09/2020

Devant le jury composé de :

Melle. ACHAT. S

M.C.A

Encadrante

Mme. BEY. Z

M.A.A

Invité

Mme. CHIBANI. N

M.C.B

Présidente

Mr. FATMI. S

M.C.B

Examinateur

Année universitaire : 2019 / 2020

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le tout puissant qui m'a accordé santé, volonté et aide jusqu'à l'achèvement de mon travail.

Je remercier vivement ma promotrice, Melle ACHAT, S et Copromoteur Mr MOUSLI, M pour leur patience, leur encouragement, leur conseils et leur disponibilité tout au long de mon travail.

Je remercier également Mme SMAIL, L pour sa collaboration en me fournissant des données précises et d'avoir accepter de répondre à mes questions.

Mes remerciements vont aussi à Mme. CHIBANI. N, Mme BEY.Z et Mr. FATMI. S pour l'honneur qu'ils m'ont fait de bien vouloir examiner ce travail.

Enfin Dans le souci de n'oublier personne, je remercier vivement tout ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin au bon déroulement de mes études.

Merci à tous ceux et celles qui m'ont soutenu.

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail :

A Mes très chers parents en témoignage de ma reconnaissance pour leur patience, leurs sacrifices et leur soutien tout au long de mes études :

A ma très chère maman nacira et à mon très cher papa nader, que dieux leur donne longue vie et leur prête sante.

A mon très cher frère Sofiane, pour l'aide qu'il m'a apporté aide, soutien, réconfort et encouragement.

A mes grands parents que Dieu leur accorde santé, bonheur et longue Vie.

A toute ma famille ancles, tantes, cousins et cousines.

A tous mes amis(e) de près ou de loin.

MERIEM

SOMMAIRE :

Liste des abréviations**Liste des figures****Liste des tableaux**

Introduction.....	01
-------------------	----

*Synthèse bibliographique***Chapitre I : généralités sur le lait**

I.1. Définition du lait.....	03
I.2. Composition du lait	03
I.2.1. Propriétés physico-chimiques du lait.....	04
a. Densité	04
b. Acidité titrable ou acidité Dornic	05
c. pH	05
d. Le point de congélation.....	05
e. Point d'ébullition.....	05
I.3. Caractéristiques organoleptiques du lait.....	06
I.4. La valeur nutritionnelle du lait.....	06

Chapitre II : généralités sur le fromage

II.1. Histoire de fromage	07
II.2. Définition de fromage	07
II.3. Composition de fromage	08
II.3.1. Eau	08
II.3.2. Matière grasse.....	08
II.3.3. Protéines.....	08
II.3.4. Glucides	09
II.3.5. Calcium et phosphore	09

II.3.6. Vitamines.....	09
II.4. Classification de fromage.....	09
II.5. Technologies des fromages.....	10
II.5.1. Préparation de lait	11
II.5.2. Coagulation du lait.....	11
II.5.3. Egouttage.....	12
II.5.4. Moulage.....	12
II.5.6. Salage.....	12
II.5.7. Affinage.....	12
II.6. Fromage halloumi.....	12
II.6.1. Définition de fromage halloumi	12
II.6.2. Histoire de fromage halloumi.....	13
II.6.3. Composition chimique de fromage halloumi.....	14
II. 6.4. Différentes utilisations culinaires de fromage halloumi.....	14
II.6.5. Technologie de fabrication de halloumi	15

Chapitre III: généralités sur le romarin (*Romarinus officinalis*)

III.1. Etymologie et histoire.....	17
III.1.1. Historique	17
III.2. Description du romarin	18
III.3. Composition chimique, propriétés et utilisation.....	19
III.3.1. Propriétés et utilisation du romarin.....	19
a. Parfumerie et cosmétique.....	19
b. Industrie agro-alimentaire.....	19
c. Alimentation.....	20
d. Médecine.....	20

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.I. Préparation du fromage Halloumi.....	21
IV.I.1. Les matières premières utilisées	21
IV.I.1.1. Partie lactée	21
IV.I.1.2. Matériel végétal	21

IV.I.2. Etape de fabrication	21
IV.I.2.1. Réception et filtration du lait	23
IV.I.2.2. Préparation de la présure.....	24
IV.I.2.3. Préparation des mélanges des laits et le traitement thermique.....	24
IV.I.2.4. Emprésurage et coagulation.....	25
IV.I.2.5. Découpage du coagulum.....	25
IV.I.2.6. Filtration et égouttage.....	25
IV.I.2.7. Moulage et pressage.....	26
IV.I.2.8. Cuisson de la pate fromagère.....	26
IV.I.2.9. Salage.....	27
IV.I.2.10. Stockage en saumure.....	28
IV.I.3. Analyses physico-chimiques de fromage halloumi.....	28
IV.I.3.1. Détermination du pH	28
IV.I.3.2. Dosage des protéines brutes	29
IV.I.3.3. Dosage de la matière grasse	30
IV.I.3.4. Dosage des glucides	31
IV.I.3. 5. Dosage du sel	32
IV.I.3. 6. Détermination de l'extrait sec total	32
IV.I.3. 7. Détermination de l'humidité.....	32

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1. Préparation des fromages Halloumi.....	34
V.2. Analyses physico-chimiques	35
Conclusion	38
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

- FDM** : teneur en matière sèche (fat in dry matter)
PDM : protéines dans la matière sèche (protein in dry matter)
S/M : sel dans l'humidité (salt in moisture)
P/M : protéine dans l'humidité (protein in moisture)
MG : matière grasse
MS : matière sèche
EST : extrait sec total
Ch : chèvre
R : romarin
UFC : Unité Formant Colonie
PCA : Plate Count Agar
VRBL : Gélose Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre
BCPL: BromoCrésol Pourpre ou bouillon lactosé
SCA : Sabouraud au Chloramphénicol Agar.

Liste des figures

<i>Figure</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
1	fromage halloumi	13
2	Différentes utilisations culinaires du fromage Halloumi	15
3	Schéma général de la technologie de fabrication du fromage Halloumi	16
4	Feuilles, fleurs et classification botanique du romarin	18
5	Photographies de romarin	21
6	Diagramme de fabrication du fromage Halloumi	23
7	mesure de PH	24
8	le mélange du lait sous traitement thermique	24
9	l'emprésurage du lait	25
10	découpage du coagulum	25
11	Egouttage du caillé	26
12	moulage et pressage du caillé	26
13	Cuisson des blocs de fromage dans le lactosérum	27
14	Salage et assaisonnement avec les feuilles de romarin	27
15	Stockage en saumure et le fromage emballé	28

Liste des tableaux

<i>Tableau</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
I	Composition moyenne du lait de vache	04
II	Principaux constituants de lait de quelques espèces animales (g/l)	04
III	Caractéristiques organoleptiques du lait	06
IV	Composition moyenne des principaux fromages pour 100 g	08
V	Différentes catégories du fromage	10
VI	Caractéristiques physicochimiques du fromage halloumi à base de lait ayant différents teneurs en matières grasses	14
V	les noms vernaculaires du romarin dans le monde	17
VI	Les noms vernaculaires de Rosmarinus officinalis dans le monde	22
VII	classement de Rosmarinus officinalis	24
VIII	Résultats des analyses physico-chimiques des fromages préparés	35

Introduction

Introduction :

Le lait est un aliment biologique qui présente un intérêt nutritionnel, et dont la production organisée remonte à plus de dix mille ans. **(Faye et Loiseau, 2002)**. Grâce à la richesse de sa composition et la variété de ses constituants, le lait est un aliment qui se distingue par une forte concentration en nutriments **(Vilain, 2010 ; Gibson et Williams, 2000)**. Sa transformation permet d'obtenir une très vaste gamme de produits dérivés **(Yildiz, 2010)**.

C'est dans ce contexte que sont apparues, il y'a plusieurs millénaires, les premières transformations fromagères. **(Jeantet, 2017)**. Le fromage fut, à son origine, un mode de conservation du lait ou du moins des éléments susceptibles d'être conservé au prix de fermentations que l'Homme a appris à diriger **(Eck et Gillis, 2006)**. Selon la nature du lait utilisé et les technologies mises en œuvre, il existe une très grande variété de fromages **(Guiraud, 2003)**. Parmi eux, le fromage Halloumi qui est d'origine chypriote, caractérisé par sa capacité à être cuit à haute température sans fondre **(Théodoulou, 2016)**. Ce fromage est fabriqué à partir du lait d'une seule espèce ou par un mélange de lait de différentes espèces animales. Il peut être enrichi avec des herbes, épices et autres condiments qui sont ajoutés pour améliorer sa saveur, sa couleur et sa présentation, ainsi que son attractivité vis-à-vis du consommateur. De plus, ces herbes et épices sont une source de composés bioactives, favorisant la santé et le bien-être des consommateurs. **(Hamdaoui et Iskounen, 2018)**.

C'est dans cette optique que nous avons opté pour l'élaboration d'un fromage Halloumi enrichi avec les feuilles du romarin (*Rosmarinus officinalis* L), pour apporter au fromage les propriétés bénéfiques de cette plante ainsi que d'améliorer ses caractéristiques organoleptiques essentiellement l'arôme. En effet, de par l'originalité de sa prescription actuelle, le romarin est très apprécié pour ses propriétés aromatiques, antioxydantes, antimicrobiennes et antitumorales. **(Jones, 1998 ; Thoresen et Hildebrand, 2003)**.

L'objectif de cette étude est de préparer cinq échantillons de fromage Halloumi, selon les étapes décrites par **Robinson (1996) ; Papademas et Robirson (1998)**, dont deux sont assaisonnés avec les feuilles de romarin, évaluant ainsi certaines de leurs caractéristiques. Pour ce faire le présent document, dans un premier temps, passe en revue les généralités sur le lait, sur le fromage et sur le romarin. Dans un second temps, une partie expérimentale qui

évoque la préparation proprement dites de différents fromages Halloumi et l'évaluation de leurs qualités physico-chimiques.

Etude bibliographique

Généralités sur le lait

I.1.Définition du lait :

Le lait a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes (CIRF) à Genève comme étant : « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée ; Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum ». (**Alais, 1975**).

Selon l'arrêté interministériel relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation :

Art.2 : la dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique.

Art.3 : Définition du **CIRF**

Art.4 : la dénomination «lait» sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination «lait», suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient.

Art.5 : le lait destiné à la consommation ou à la fabrication d'un produit laitier, doit provenir des femelles laitières en parfait état sanitaire. (**JORA N°69, 1993**).

Le lait est un substrat très riche fournissant à l'Homme et aux jeunes mammifères un aliment presque complet : protides, glucides, lipides, sels minéraux et vitamines, qui sont présents à des concentrations satisfaisantes pour la croissance et la multiplication cellulaire. (**Larpent et Larpent-Gourgaud, 1997**).

Le lait est l'élément de base des produits laitiers, comme le fromage, le beurre, le yaourt, et est souvent utilisé dans l'industrie agroalimentaire comme ingrédient (en pâtisserie, biscuiterie, charcuterie).

I.2.Composition du lait :

La vache assure, la plus grande part de la production mondiale (90%), (**FAO, 1990**). Les laits sécrétés par les différentes espèces de mammifères présentent des caractéristiques communes et contiennent les mêmes catégories de composants : eau, protéines, lactose, matières grasses (lipides) et minérales (**Tableau I**). Cependant, les proportions respectives de ces composants varient largement d'une espèce à une autre (**Tableau II**), qui dépend aussi d'autres facteurs tels que la race des vaches, la saison et le climat. (**Cepil, 1987**).

Le lait d'une manière générale se divise en trois phases :

- Une phase aqueuse contenant le lactose, les composants minéraux solubles, les protéines sériques, l'azote non protéique et la fraction soluble de la caséine ;

- Une phase micellaire ou colloïdale contenant la plus grande part de la caséine (protéine coagulable) et la fraction insoluble des composants minéraux ;
- Enfin la troisième phase comprend des éléments en suspension tels que les globules gras, les leucocytes et les cellules microbiennes.

On peut ajouter à cela les vitamines (A, B, C, D, E, K) et les enzymes (la lactoperoxydase, la phosphatase, les protéases, le lysozyme, la lactase) (Zeller, 2005).

Tableau I : Composition moyenne du lait de vache (Alais et al, 2008).

Composants	Concentrations (g/l)
Eau	905
Glucides	49
Lipides (Matière grasse proprement dite Lécithine Insaponifiable)	35
Protides Caséine Protéines Substances azotées non protéiques	34
Sels De l'acide citrique De l'acide phosphorique (P2O3) Du chlorure de sodium (NaCl)	09
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces
Extrait sec total	127
Extrait sec non gras	92

Tableau II : Principaux constituants de lait de quelques espèces animales (g/l) (Luquet, 1985).

Constituants	Vache	Chèvre	Brebis
Extrait sec total	128	134	183
Lactose	48	48	46
Protéines	34	33	57
Caséines	26	24	46
Matières salines	9	7.7	9
Matières grasses	37	41	71

I.2.1. Propriétés physico-chimiques du lait :

a. Densité :

La densité du lait, est le rapport des masses d'un même volume de lait et d'eau à 20°C (Mathieu, 1998). A une température de 20°C, les valeurs moyennes sont comprises entre 1,030 - 1,033 et pour les laits de grands mélanges, elle est de 1,032. Deux facteurs de

variation opposés déterminent la densité : la concentration des éléments dissous et en suspension (solide non gras) et la proportion de matière grasse. (**Alais, 1984; Boudier et Luquet, 1981**).

b. Acidité titrable ou acidité Dornic :

Dès sa sortie du pis de vache, le lait a une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence des protéines, surtout les caséines et les lactalbumines, de substances minérales telles que les phosphates et le gaz carbonique, ainsi que des acides organiques, le plus souvent l'acide citrique (**Amariglio, 1986**). Un lait frais normal a une acidité titrable de 16 à 18 degrés Dornic c'est à dire 16 à 18 en décigrammes d'acide lactique par litre selon **Veisseyre (1975)**, c'est une mesure indirecte de sa richesse en caséine et en phosphates. Dans les laits en voie d'altération, cette acidité augmente (en raison de la dégradation du lactose en d'autres acides en plus de l'acide lactique et des liquides). (**Amariglio, 1986**).

c. pH :

A la traite, le pH du lait est compris entre 6,6 et 6,8 et reste longtemps à ce niveau. Toute valeur située en dehors de ces limites indiquent un cas anormal (ex: mammites) (**Amariglio, 1986**). Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH. A la différence avec l'acidité titrable qu'elle mesure tous les ions H^+ disponibles dans le milieu, dissociés ou non (acidité naturelle + acidité développée), reflétant ainsi les composés acides du lait (**CIPC lait, 2011**).

d. Point de congélation :

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre - 0,54°C et - 0,55°C (**Mathieu, 1998**). La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055°C (**Goursaud, 1985**).

e. Point d'ébullition :

L'ébullition propre du lait a lieu de 100,15°C à 100,17°C voire 100,55°C. Cependant à une température voisine de 80 à 90°C, lorsqu'on porte le lait sur le feu, il y a montée du lait c'est-à-dire formation d'une membrane proteino-calcaire ou peau du lait (frangipane) qui gêne l'ébullition du lait (**Bouix et Leveau, 1980**).

I.3. Caractéristiques organoleptiques du lait :

Les principales caractéristiques organoleptiques du lait sont données au **tableau III**.

Tableau III : Caractéristiques organoleptiques du lait (**Veisseyre ,1975**).

Attributs	Caractéristiques
Couleur	Blanc-jaunâtre à blanc-mât (à cause de la réflexion de la lumière sur les micelles et les caséines). Bleutée ou franchement jaunâtre (lait riche en lactoflavine).
Odeur	Peu accentuée, en fonction de l'espèce et l'alimentation.
Saveur	Légèrement sucrée (le lactose à un faible pouvoir sucrant).
Viscosité	Deux fois plus visqueux que l'eau : - plus visqueux chez les monogastriques que chez les polygastriques - plus visqueux au début de lactation (colostrum)
Propreté physique	Le lait doit être propre c'est-à-dire ne doit pas contenir d'éléments figurés.

I.4. Valeur nutritionnelle du lait :

Le lait est un aliment complet à l'état naturel contenant plusieurs éléments nutritifs indispensables ; Sa valeur énergétique est de 700 Kcal/L. Le lactose est le sucre prédominant dans le lait, il est connu pour jouer un rôle important dans la formation et la croissance du système nerveux des mammifères (synthèse de galactosides) (**Thapon, 2005**). La haute qualité nutritionnelle des protéines du lait repose sur leur forte digestibilité et leurs compositions particulièrement bien équilibrée en acides aminés indispensables. (**Derby, 2001**).

Le lait est également une excellente source de minéraux intervenant dans divers métabolismes humains notamment comme cofacteurs et régulateurs d'enzymes. Il assure aussi un apport non négligeable en vitamines, elles aussi comme facteurs essentiels intervenant dans les réactions du métabolisme. Cependant, il est néanmoins pauvre en fer et en cuivre et il est dépourvu de fibres. (**Cheftel et Cheftel, 1996**).

Généralités sur le fromage

II.1. Histoire du fromage :

Non seulement le lait se consomme à l'état nature, il peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage, de l'ancien français «fromage» (du latin formaticus, c'est-à-dire fait dans une forme). (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**).

La première occurrence de l'utilisation du fromage comme aliment est inconnue, les ethnologues tiennent preuve que l'Homme connaît depuis longtemps, par le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte sur les rives de lac Neuchâtel (en suisse) des moules à caillé datant de 5000 ans avant Jésus-Christ. La découverte du fromage, aurait été un heureux accident, tout lait laissé au chaud, ou stocké dans un sac fabriqué à partir de l'estomac d'un animal aurait fait en sorte que les matières solides du lait (le caillé) et le liquide (le petit-lait) se coagulent et cela a permis à l'Homme d'apprendre que leur produit, le lait, pourrait être conservé sous la forme de fromage et, éventuellement, que la présure, une enzyme trouvée dans l'estomac de l'animal producteur de lait, était le coagulant. 5 000 ans plus tard, le fromage est fabriqué par tout le monde avec une diversité des textures, des goûts et des arômes. (**Harbutt, 2009**).

II.2. Définition du fromage :

Le fromage est défini par le décret n° 88-1206 du 30 décembre 1988 de la manière suivante : « La dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse (**Zeller, 1980**).

Le fromage, selon la norme Codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait. On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; on peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant les caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (**FAO, 1978; St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**).

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qu'on doit maintenir pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage. Le fromage affiné aux moisissures est un fromage dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse sur la surface du fromage. Le fromage non affiné, dont le fromage frais, est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

II.3. Composition du fromage :

Le fromage est très riche de par sa composition en protéines, eau, peptides bioactifs, acides aminés, lipides, acides gras, vitamines et en minéraux (Walther et al. 2008), le tableau IV illustre la composition moyenne des différents types de fromage.

Tableau IV : Composition moyenne des principaux fromages pour 100 g (Eck et Gillis, 2006)

Constituants	Fromage frais.	Fromage à pâte molle.	Fromage fondu.
Eau (g)	80	50	48
Glucides (g)	4	4	2,5
Lipides (g)	7,5	24	22
Protéines (g)	8,5	20	18
Calcium (mg))	100	400	680
Sodium (mg)	40	700	1650
Vitamine A (2/3mg)	170	1010	1200

a. Eau

La teneur en eau détermine dans une large mesure la consistance, la conservation, l'aspect et indirectement le goût du fromage (Eck et Gillis, 1997).

b. Matière grasse

Selon Luquet (1990), la teneur en matière grasse portée sur l'emballage du produit fini, lorsque le fromage est vendu en vrac, correspond à la quantité de matière grasse contenue dans 100 g d'extrait sec.

c. Protéines

Lors de l'égouttage, les protéines du lait subissent une concentration, le para-caséinate est la protéine la plus importante dans les fromages affinés traditionnels car les protéines solubles et les glycopeptides ont été éliminés avec le lactosérum. Par contre, dans les fromages obtenus

par ultrafiltration préalable, toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées. (Luquet, 1990).

d. Glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4%, celle des fromages affinés et fondus est négligeable (2%), et elle est quasiment nulle dans les fromages à pâte pressée. (Luquet, 1990).

e. Calcium et phosphore :

Dans la majorité des fromages, le rapport calcium/phosphore reste à peu près à la même approximation dans la majorité des fromages mesuré à 1,4 dans le lait, sauf dans les fromages à caillage lactique, à égouttage lent où il est de 1,2. (Luquet, 1990).

f. Vitamines

Les vitamines liposolubles A, D, E et K des fromages sont en fonction de la teneur en matière grasse des laits utilisés comme matières premières, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche réalisée lors de l'égouttage. (Luquet, 1990).

II.4. Classification de fromage :

Il existe différents types de fromage, à pâte dure ou molle, pressée cuite ou crue, à croûte fleurie ou lavée...etc. Ils peuvent être regroupés en 3 catégories (**Tableau V**) :

- Les fromages de type lactique sont obtenus essentiellement par coagulation biologique (coagulation lactique ou coagulation par acidification). Ce sont des fromages à pâte fraîche.
- Les fromages de type présure sont obtenus par coagulation chimique (coagulation par l'action des enzymes (la présure). Ce sont des fromages à pâte pressée, à pâte ferme cuite et à pâte ferme non cuite.
- Les fromages de type mixte sont obtenus par coagulation chimique et par coagulation biologique.

Ils sont obtenus par les deux méthodes de manière équivalente, ce sont des fromages à pâte molle. ((Gelais et Tirard cité par Vignola, 2002))

Tableau V: Différentes catégories du fromage (Majdi, 2009).

Type de fromage	Fromage - coagulation acide	Fromage - coagulation enzymatique	Fromage - coagulation mixte
Caractéristiques	-Obtenu par coagulation biologique (lactique) ou coagulation par acidification comme les fromages à pâte fraîche : - ils sont fabriqués avec 3 à 10 mL de levains pour 100L de lait à une température de 16 à 23°C.	-Obtenu par coagulation chimique (coagulation par l'action des enzymes :la présure), comme les fromages à pâte pressée, à pâte ferme cuite et à pâte ferme non cuite. -ils sont fabriqués 25 à 35 mL de présure pour 100L de lait à une température de 34 à 40°C.	-Obtenu par coagulation chimique et biologique de manière équivalente, comme les fromages à pâte molle. -Ils sont fabriqués avec 15 à 25 mL de présure pour 100L de lait, à une température de 28 à 37°C.
Exemples	Fromage à pâte fraîche : -Petit suisses -Mothais sur feuille -Rocamadour -Picodons	Fromage à pâte pressée : Tome de Savoie, Saint-Paulin Fromage à pâte ferme non cuite : Cantal, Laguiole Fromage à pâte ferme cuite : Comté, Emmenthal	Fromage à pâte molle : - Camembert - Brie - Roquefort - Munster - Pont-l'évêque - Maroille - Livarot

II.5. Technologie des fromages :

Le fromage est essentiellement constitué d'un gel de caséine retenant les globules gras et une partie plus ou moins importante de la phase aqueuse du lait (CODEX STAN 283 - 1978). La fabrication de fromages comprend trois phases : Acidification et coagulation, égouttage (Boutonnier, 2012 ; Yildiz, 2010), ces phases déterminent les caractéristiques du fromage consommé frais et les conditions de développement et d'expression des microorganismes responsables de l'affinage s'il aura lieu (Chamba, 2008 ; Hui, 1992). Cette dernière étape n'existe pas dans le cas des «fromages frais» consommés après égouttage.

La préparation du fromage est généralement précédée d'une phase préalable de préparation du lait (Bennett et Johnston, 2004 ; FAO, 1995).

II.5.1. Préparation de lait :

Outre sa complexité et son hétérogénéité, le lait peut présenter une composition très variable selon l'espèce animale, la race, l'individu, le stade de lactation, le mode et le moment de la traite, la saison, le climat et l'alimentation, ainsi tous les laits n'ont pas la même aptitude à la transformation en fromage, par ce qu'ils sont plus ou moins riches en protéines responsables de la coagulation ou en nutriments nécessaires aux bactéries lactiques. (Mietton *et al*, 1994). La compréhension du processus passe par le contrôle des deux facteurs essentiels : l'acidité et la température du lait (Le Mens, 1985).

II.5.2. Coagulation du lait :

La coagulation du lait correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique, d'où la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel.

Selon Eck et Gillis (1997), les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux. La coagulation se produit en résultat de la déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait (Goudéranche *et al.*, 2001), trois voies de coagulation du lait ont été décrites :

➤ **Par voie enzymatique :**

La coagulation du lait par voie enzymatique est attestée par divers type d'enzymes protéolytiques, d'origine animale comme la présure (composée de 80% de chymosine et 20% de pepsine), végétale comme la cyprosine et le cardosine (gaillet, figuier et chardon) ou microbienne (*Mucor pusillus*, *Mucor meihei* et *Endothia parasitica*) (Veisseyre, 1979 ; Mietton, 1995).

En pratique, la coagulation du lait est marquée par trois paramètres : le temps de floculation, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du gel (Caron *et al.*, 1997).

➤ **Par voie acidifiante :**

La coagulation par acidification est procurée par l'acide lactique d'origine bactérienne, qui convertit le lactose en acide lactique, la diminution du pH du lait de fromagerie adhère avec la production d'acide, ce qui provoque une solubilisation du phosphate et du calcium colloïdal, un élément essentiel dans la stabilité des micelles de caséine, ces dernières vont s'accoler entre-elles et composer un gel cassant très ébouleux et peu flexible (Mietton, 1995). La teneur en protéines agit sur la coagulation acide. Evidemment, un caillé lactique plus ferme sera formé à partir d'un lait riche en protéines (Vignola, 2002).

➤ **Par voie mixte :**

La coagulation mixte est le résultat de l'action conjointe de la présure et de l'acidification lactique dans la pratique industrielle, cependant, la formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure (**FAO, 1996**).

II.5.3. Egouttage

L'égouttage, permet d'évacuer le sérum excédentaire libéré par la contraction des micelles de caséine et d'assurer la formation du coagulum ou « caillé », à une température allant de 20 à 25 °C (**Pradal, 2012**). C'est de cette intervention délicate que dépendent la qualité et la conservation du fromage.

II.5.4. Moulage

Le moulage modèle le fromage dans sa forme définitive. Pour les pâtes molles, le caillé est versé au moyen de louches, poches ou « écremettes » dans des moules perforés placés sur des tables, afin que le sérum s'écoule, les pâtes pressées cuites sont moulées dans des formes à fond de bois et le caillé est enveloppé dans une toile de lin. (**Veisseyre, 1979**)

II.5.6. Salage

Pour la plupart des fromages, une opération de salage entre l'égouttage et l'affinage est indispensable. Cette phase consiste à enrichir la pâte fromagère en chlorure de sodium (**Veisseyre, 1979**). Le salage s'effectue par deux méthodes : salage avec du sel fin ou gros et salage en saumure (le plus utilisé) (**Goudédranche et al, 2008**).

II.5.7. Affinage

L'affinage est la transformation biochimique des constituants du caillé sous l'action d'enzymes, généralement d'origine microbienne (**Eck et Gillis, 2006**), selon **Bennett et Johnston (2004)**, l'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés qui dépend de chaque caractéristique physico-chimique ou microbiologique du fromage.

II.6. Fromage Halloumi :

II.6.1. Définition de fromage Halloumi :

Halloumi est un fromage originaire de chypre, mais il est également populaire au moyen-orient et dans la région méditerranéenne, le fromage Halloumi (**Figure.1**) est un fromage à pâte blanche semi dure à dure, à pâte demi-ferme, élastique sans croûte, sa texture est ferme sans trous et facilement tranché, il est fabriqué avec du lait de brebis ou de chèvre et ou leur mélange, avec ou sans de lait de vache. Sa couleur varie de blanc (lorsque le lait

utilisé est de chèvre ou brebis) à jaunâtre (lorsque le lait de vache est l'ingrédient principale). (Papademas et Robinson ,1998).



Figure 01 : Fromage Halloumi (Papademas et Robinson ,1998).

II.6.2. Historique du fromage Halloumi :

La fabrication de fromage est pratiquée depuis plusieurs milliers d'années, principalement pour préserver le lait. Beaucoup de variétés de fromage qui sont fabriquées en méditerranée orientale au Moyen-Orient proviennent probablement de ces premiers produits, et Halloumi pourrait bien en faire partie. Bien qu'il ne fût à l'origine populaire qu'à Chypre, son attrait s'est répandu dans le monde entier, et les exportations vers l'Union européenne (UE). Le Royaume-Uni absorbe plus de 60 % des importations totales de Chypre dans l'UE chaque année. (Papademas et Robinson, 1998).

Depuis 1974 et l'invasion du nord du pays par la Turquie, en réaction à un coup d'Etat visant à rattacher Chypre à la Grèce, l'île est divisée, la république de Chypre est entrée divisée dans l'UE en 2004. L'île de Chypre a une longue histoire d'être divisée en deux parties Sud et Nord Chypre mais une chose chypriote partagée des deux côtés est leurs amours pour leur délicatesse traditionnelle fromage Halloumi, comme il est connu dans le sud chypre et Hellim fromage dans le nord de Chypre. Ce fromage, souvent grillé au barbecue est fabriqué au nord comme au sud. (Garanti, 2016).

En ce qui concerne l'historique racine et origines du fromage hellim / Halloumi, il n'y a pas de consensus sur la question. Tandis que certaines insistent sur le fait qu'il est exclusivement chypriote grec ou turc délicatesse, étymologiquement, le terme Halloumi à une racine arabe et les historiens culturels évoquent des sources vénitiennes, qui avaient rencontré Halloumi dans la période pré-ottomane (Patapiou, 2006). L'étude menée par Osam et Kasapoglu (2010) a révélé que, dans le cadre des études historiques et archéologiques, l'origine de Halloumi va aux civilisations égyptienne et romaine.

II.6.3. Composition de Halloumi :

Selon les normes chypriotes, le fromage Halloumi devrait contenir un maximum de chlorure de sodium à 3%, ont un minimum de matières grasses teneur en matière sèche de 43%, et une humidité maximale contenu de 46%. Cependant, ces chiffres s'appliquent principalement au fromage Halloumi traditionnel (lait de chèvre et des laits de brebis), contrairement à celui qui est produit à partir de lait de vache, engendrant une autre composition chimique. (Papademas et Robinson, 2000). En effet, de nombreuses études ont révélé des changements dans la composition du fromage (Tableau VI), par utilisation de différents types de laits. (Papademas et Robinson, 2000 ; Milci et al., 2005).

Tableau VI : Caractéristiques physicochimiques du fromage Halloumi à base de lait ayant différentes teneurs en matières grasses :

Lait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Eau (kg)	32	29.7	30.6	29	35	30	30	31	31	31	31
MG (%)	1.61	3.45	2.69	2.16	3.82	3.13	2.10	4.04	2.40	2.40	3.10
Protéines	3.36	3.33	3.34	3.57	3.40	3.47	3.52	3.50	3.80	3.50	3.40
pH	6.5	6.5	6.5	6.29	6.46	6.29	6.31	6.6	6.7	6.7	6.7
Fromage											
Eau (kg)	2.35	2.69	2.90	2.68	2.89	2.29	2.22	3.60	3.05	2.79	2.89
Poids (%)	7.4	9.01	9.5	9.2	8.3	7.6	7.4	11.6	9.8	9	9.3
Protéines	32.3	24.1	22.0	28.6	21.5	23.4	30.0	17.8	24.4	25.6	23.2
MG (%)	18	27	21	21	28	25	21	27	20	22	25
Sel (%)	1.93	2.14	2.75	2.35	2.13	1.32	1.73	2.71	2.44	2.31	2.2
Humidité (%)	44.5	43.3	49.7	47.84	47.95	47.95	44.98	49.04	48.76	46.71	45.84
S/M (%)	4.3	4.9	5.5	4.9	4.4	3.6	3.8	5.5	5.0	4.9	4.8
PDM (%)	58	43	44	55	41	45	55	35	48	48	43
FDM (%)	32	48	42	40	54	48	38	53	39	41	46
pH	6.65	6.63	6.50	5.54	5.52	5.53	5.46	6.69	6.70	6.40	6.73
P/M (%)	73	56	44	60	45	49	67	36	50	55	51

MG : Matière grasse ; S/M : sel dans l'humidité ; PDM : protéines dans la matière sèche ; P/M : protéine dans l'humidité

II.6.4. Utilisations culinaires du fromage Halloumi :

Le fromage Halloumi peut être consommé cru, mais il est généralement grillé, frit ou râpé sur un plat chaud (Figure 02). Ce fromage possède une caractéristique spécifique, il peut être cuit à haute température, sans fondre. Il s'étire sur le chauffage, ce qui signifie que la texture compacte du fromage sera en partie perdue et un degré de flux introduit dans le fromage fondu. (Papademas et Robinson, 1998). Ces caractéristiques sont souvent appelées mutabilité et extensibilité du fromage. Il accompagne toutes sortes de nourriture : des salades, des grillades à la viande et aux saucisses, des œufs et beaucoup d'autres aliments grâce à sa délicieuse saveur. (Papademas et Robinson, 1998)

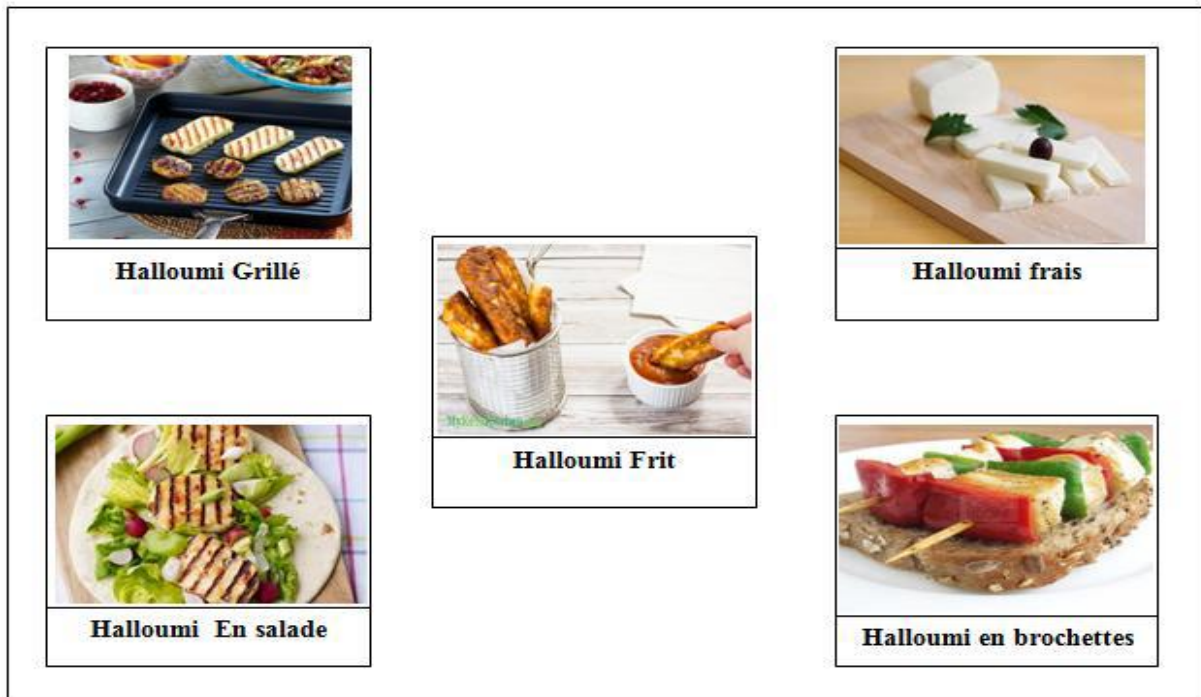


Figure 02 : Différentes utilisations culinaires du fromage Halloumi.

II.6.5. Technologie de fabrication du fromage Halloumi :

Les procédures de fabrication varient d'un endroit à l'autre à Chypre, et cette situation crée beaucoup de confusion quant à savoir quelle est la procédure correcte. Cette question revêt une certaine importance, car le gouvernement de Chypre souhaite protéger l'identité du fromage en imposant un système de production uniforme. La fabrication du fromage Halloumi a été évaluée au cours de plusieurs essais, est maintenant régie par les règlements des organismes gouvernementaux. (Robinson, 1996). La **figure 03**, illustre la procédure générale et constitue une étape cruciale de la fabrication :

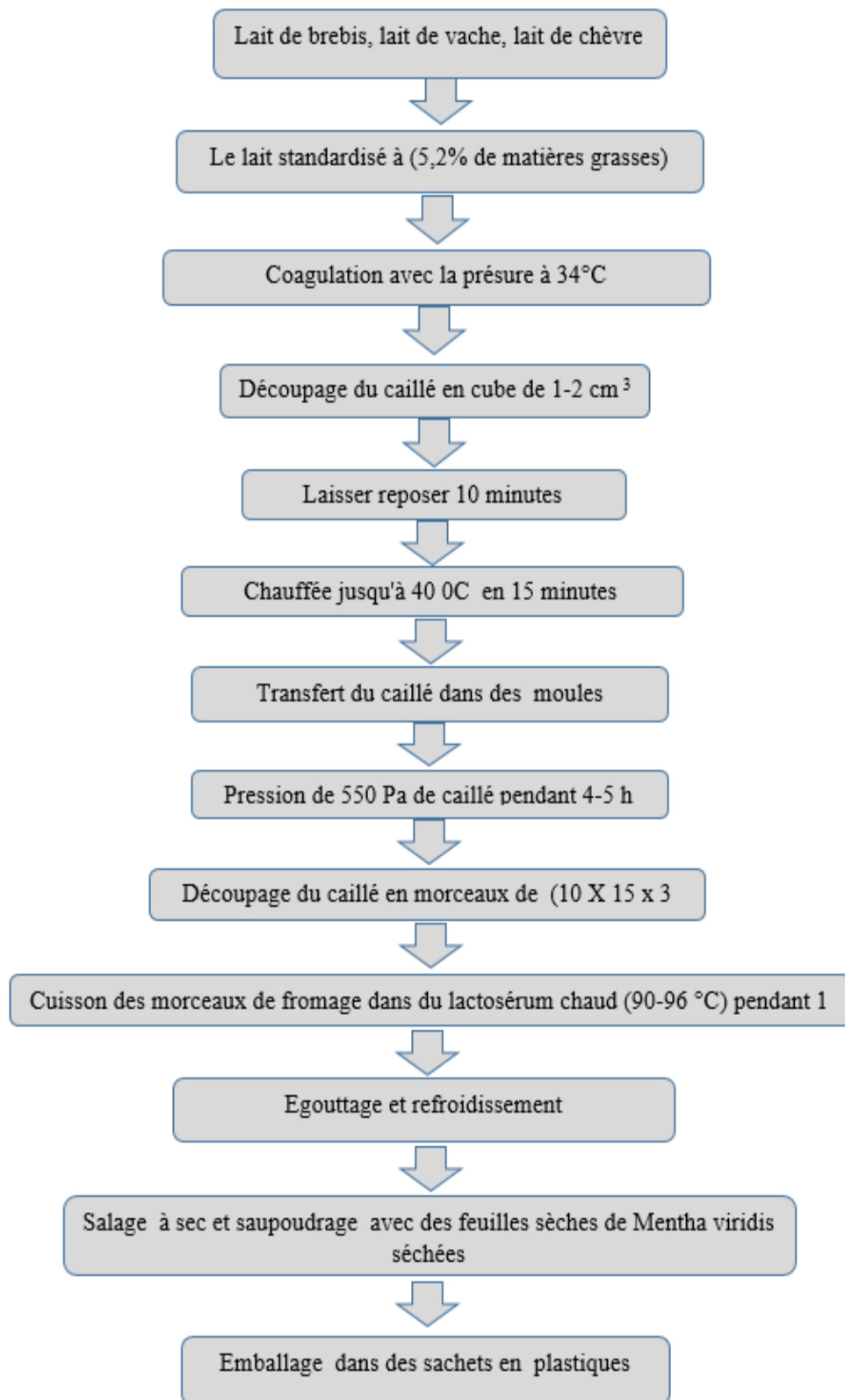


Figure 03: Schéma général de la technologie de fabrication du fromage Halloumi (Robinson, 1996 ; Kaminarides et al., 2015).

Généralités sur le romarin

III.1 Etymologie et historique :

Le Romarin (*Rosmarinus officinalis*), le nom latin *Rosmarinus* est habituellement interprété comme "ros" dérivé de la rosée et "marinus" de la mer, bien qu'elle se développe habituellement loin de la mer. (Katzner, 1998). La définition d'étymologie traditionnelle, mais probablement le nom d'original est dérivé du grec "rhops" arbuste et "myron" baume. (Heinrich et al., 2006).

- Noms vernaculaires :

A travers les âges, le Romarin a connu bien des noms vernaculaires qui se différencient d'un pays à un autre (Tableau IX) :

Tableau V : les noms vernaculaires du romarin dans le monde (Garnier et Coll, 1961).

France	Rosmarin, encensierh, erbea ux couronnes, herbe aux troubadours en provence : roumaniéou en catalan : romari
Allemagne	Rosmarin, W eihrauchkrautB, odekraut
Angleterre	Rosemary, old man
Espagne	Romero
Italie	Rosmarino, taesmarino
Belgique	Rosmarijn (flamand)
Grèce	Dendrolibano
Inde	Rusmari
Chine	Mi tie hian
Afrique du Nord	Iklil el jabal, Hashishaet l Iklil, Klil ou Iklil ou Aklil, Iazir ou Azir ou Yiazir

III.1.1. Historique :

Le Romarin est une plante des coteaux arides garrigues et lieux rocheux de la région méditerranéenne et même un peu plus au sud jusqu'aux confins sahariens depuis l'antiquité. (Benikhlef, 2014). C'est une plante médicinale originaire du bassin méditerranéen qui pousse à l'état sauvage, le romarin aime les terrains calcaires et s'accommode très bien à des contrées arides et rocailleuses, reconnue aisément, toute l'année. (Gianmario et al., 2007). Le romarin fait l'objet de très nombreuses mentions historiques et légendaires, les anciens Grecs lui vouaient une grande vénération, ils s'en servaient généreusement dans toutes les fêtes, qu'il s'agisse de cérémonies nuptiales, funéraires ou de célébrations profanes, ils mettaient aussi des brins de romarin sous les oreillers pour chasser les mauvais esprits et les cauchemars; Les

étudiants grecs s'en confectionnaient des couronnes, qu'ils portaient durant les examens pour stimuler leur mémoire. (Romano *et al.*, 2009).

III.2. Description du Romarin :

Le Romarin, plante commune à l'état sauvage, est, sans doute, l'une des plantes les plus populaires en Algérie, puisqu'on la retrouve dans tous les jardins et parcs en bordure odorante. Cette plante appartient à la famille des Lamiacées (Botineau, 2010). Le Romarin peut atteindre jusqu'à 1,50 m de hauteur (Roux, 2004), il est facilement reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes sans pétiole (petit pied), coriaces, beaucoup plus longues que larges (Figure 04), aux bords légèrement enroulés, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous (Garnier *et al.*, 1961).

Leur odeur, très camphrée, évoque aussi l'encens, le romarin se cultive en des lieux secs et chauds, il se multiplie facilement au printemps, la floraison commence dès le mois de mars et se poursuit jusqu'en avril mai, la couleur des fleurs, qui se présentent en grappes assez semblables à des épis, varie du bleu pâle au violet (rarement la variété à fleurs blanches) (Roux, 2004),

Leur calice qui joue le rôle de protecteur de la fleur est velu, à dents bordées de blanc, elles portent deux étamines (l'organe mâle) ayant une petite dent vers leur base, la lèvre inférieure de la corolle est profondément divisée, faisant penser au labelle de certaines orchidées, comme pour la plupart des lamiacées. (Roux, 2004).

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Rosmarinus</i>
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i>



Figure 04 : Feuilles, fleurs (Mehani, 2015) et classification botanique du romarin (Adams, 2004)

III.3. Composition chimique, propriétés et utilisation :

L'usage traditionnel du romarin comme épice, ainsi que les propriétés thérapeutiques, à pousser plusieurs groupes de recherche à étudier la composition de la plante ainsi que les constituants responsables de ces activités. La littérature est particulièrement riche sur les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, elle en posséderait un rendement de 1 à 2.5%. **(Bellakhdar, 1997)**. En plus de l'huile essentielle, on distingue 2 à 4% de dérivés tritérpéniques tels que : l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniques : picrosalvine, dérivés de l'acide carnosolique, rosmanol, rosmadial, des acides phénoliques, des acides gras hydroxylés surtout des dérivés de l'acide décanoïque, des acides gras organiques : l'acide citrique, glycolique et glycérique, des stérols, de la choline, du mucilage et de la résine **(Bellakhdar, 1997)**.

Entre autre, des études ont démontré d'après un criblage phytochimique la présence de flavonoïdes, des tanins, des saponines et l'absence des alcaloïdes **(Gonzalez trujano, 2007)**.

III.3.1. Propriétés et utilisation du romarin :

Le romarin est une herbe médicinale bien connue et considérablement évaluée, largement répandue dans les produits pharmaceutiques et la médecine traditionnelle. **(Djermoune et Khanouche, 2014)**. Elle est très appréciée pour ses propriétés aromatiques, antioxydantes, antimicrobiennes et antitumorales. **(Jones, 1998; Thoresen et Hildebrand, 2003)**, d'où son utilisation dans de divers domaines.

a. Parfumerie et cosmétique :

Le romarin entre dans la composition de parfums surtout masculins, hespéridés aromatiques (eaux de Cologne), boisés et fougères aromatiques, ainsi que dans la formulation des pommades dermiques **(Bousbia, 2011)**. Grâce à la capacité de stimulation des terminaisons nerveuses cutanées, le romarin est employé comme tonique dans des bains moussants, et comme liniment pour muscles fatigués une dose de 1 à 2%. Il a des propriétés dermo-purifiantes qui lui permette l'utilisation dans la préparation de déodorants en lotion et shampooing, à une dose de 0.5 à 1%, l'extrait de romarin stimule le cuir chevelu. **(Djabi et Khobizi, 2018)**

b. Industrie agro-alimentaire :

Le romarin est une bonne source naturelle de composés antioxydants, il est largement utilisé dans l'industrie alimentaire pour prévenir une éventuelle dégradation oxydative et microbienne des aliments. **(Martini, 2011)**

c. Alimentation :

L'épice et l'huile de romarin sont largement utilisés en alimentation, l'épice est utilisée dans les aliments cuits, viande, condiment, assaisonnement, les aliments industriels, casse-croûtes, sauces et autres, avec une teneur maximale d'environ 0.41% (4.098 ppm) dans les aliments cuits. L'huile est utilisée dans les desserts glacés, confiseries, aliments cuits, gélatines et pouding, viande, condiments et assaisonnement, entre autres, avec une teneur maximale 0,003% (26.2 ppm), en alimentation diététique et tisanes (**Zoubeidi, 2004**).

d. Médecine :

L'huile essentielle de romarin soulage les troubles rhumatismaux et de la circulation sanguine, soigne les blessures, soulage les maux de tête, améliore la mémoire et la concentration, combat les effets du stress et de la fatigue, traite l'inflammation des voies respiratoires et de la sphère ORL. Le romarin est utilisé en infusions, sous forme de poudres, extraits sec ou autres préparations galéniques pour usage interne, principalement contre les douleurs d'estomac (**Zoubeidi, 2004**).

Matériel et méthodes

L'objectif de cette étude est la formulation d'un fromage Halloumi à valeur ajoutée, en ajoutant à la recette de base le romarin comme plante aromatique et médicinale.

IV. Préparation du fromage Halloumi :

La préparation a eu lieu au niveau domestique en respectant toutes les mesures et les conditions d'hygiène. La formulation est réalisée en respectant les étapes de fabrications décrites par **Robinson (1996)** ; **Papademas et Robinson (1998)** et en se basant sur la préparation réalisée par **Hamdaoui et Iskounene (2018)** avec quelques modifications.

IV.1. Matières premières utilisées :

IV.1.1. Partie lactée :

- Lait de vache cru et lait de chèvre cru, récupérés dans une ferme au village Mahfouda (Bouhamza, Seddouk, Bejaïa) en Avril 2020.
- Présure (CHY-MAX) en poudre est une chymosine.

IV.1.2. Matériel végétal :

La matrice végétale, *Rosmarinus officinalis*, utilisée a été récolté au mois de Février, 2020 à Avadou dans la région d'ouest de la wilaya de Bejaia. Les feuilles du romarin sont lavées puis laissées sécher (**Figure 05**), à l'ombre et à température ambiante dans un endroit aéré, pendant 21 jours. Les feuilles séchées sont conservées dans des boites en aluminium à température ambiante, dans un endroit sec et à l'abri de l'humidité et de la lumière jusqu'à utilisation.



Figure 05 : Photographie des feuilles du romarin après séchage

IV.2. Etapes de fabrication :

Cinq types de fromage ont été élaborés comme suit :

- **Fromage V :** le mélange est préparé avec 100% lait de vache.
- **Fromage Ch20% :** le mélange est préparé avec 80% de lait de vache et 20% de lait de chèvre.

- **Fromage Ch40%** : le mélange est préparé avec 60% de lait de vache et 40% de lait de chèvre.
- **Fromage Ch20%R** : ce fromage est fabriqué à partir d'un mélange de lait dont 80% de lait de vache et 20% de lait de chèvre et assaisonné aux feuilles du romarin (fromage Ch80% assaisonné avec les feuilles du romarin).
- **Fromage Ch40%R** : ce fromage est fabriqué à partir d'un mélange de lait dont 80% de lait de vache et 40% de lait de chèvre et assaisonné aux feuilles du romarin (fromage Ch60% assaisonné avec les feuilles du romarin).

Les étapes de fabrication de ces différents types de fromage Halloumi sont résumés dans le diagramme ci-après :

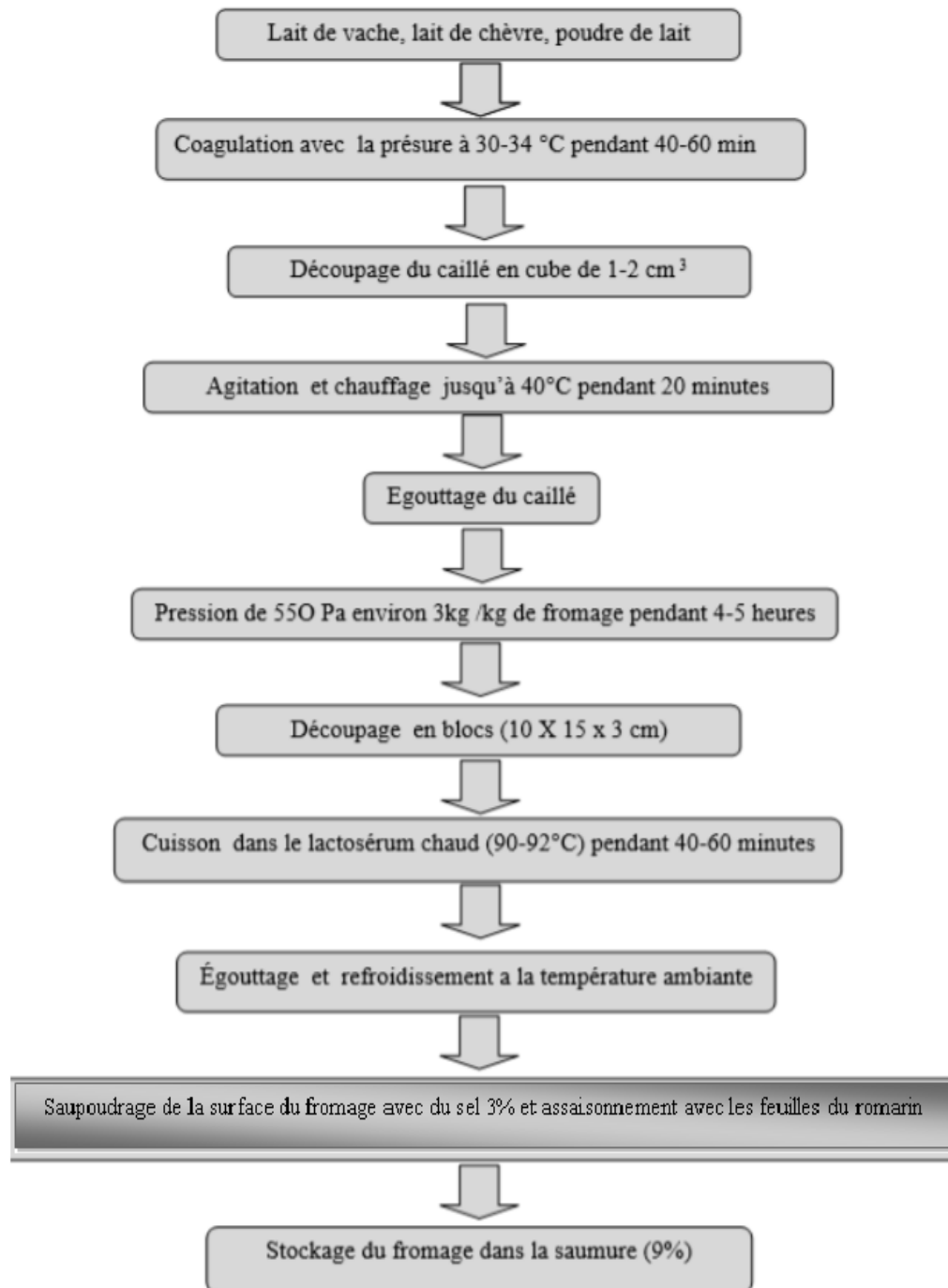


Figure 06: Diagramme de fabrication du fromage Halloumi (Robinson, 1996 ; Papademas et Robinson , 1998)

IV.2.1. Réception et filtration du lait :

Dès la réception du lait de vache et de chèvre, ils sont d'abord filtrés à l'aide d'une passoire pour éliminer les impuretés physiques puis, une mesure du pH (Figure 07) pour s'assurer de la fraîcheur du lait. Ensuite les laits sont conservés au froid jusqu'à utilisation.



Figure 07: Mesure du pH.

IV.2.2. Préparation de la présure :

La présure utilisée (CHY-MAX® Powder Extra NB) est une chymosine pure produite par fermentation sur un milieu végétal d'*Aspergillus Niger* var. *awamori* maintenu sous conditions contrôlées de telle sorte qu'il n'est pas présente dans le produit fini. Le produit est composé d'enzymes coagulantes spécifiques de l'hydrolyse de la caséine Kappa permettant une très bonne formation du caillé. L'enzyme coagulante active est la chymosine (EC 3.4.23.4). (Anonyme 1).

La préparation de la présure liquide est comme suit :

- 10ml de l'eau distillée.
- 2g de présure en poudre.
- 2.5g de sel (Na Cl).

Cette solution est conservée au froid jusqu'à son utilisation.

IV.2.3. Préparation des mélanges des laits et le traitement thermique :

La première étape pour commencer la fabrication de ce fromage c'est la préparation d'un mélange de 400ml du lait (**Figure 08**) selon le type du fromage à préparer. Suivi du traitement thermique, qui s'effectue à 90°C, qui vise à détruire les bactéries pathogènes présentes sous forme végétatives et à la réduction de la flore totale (Luquet, 1990 ; Carole et Vignola, 2002).



Figure 08 : Mélange du lait sous traitement thermique.

IV.2.4. Emprésurage et coagulation :

Une fois le lait pasteurisé il est refroidit à environ 32-34°C, 1ml de présure liquide à 0,02 g/L est ajoutée suivi d'une forte agitation pendant 2 minute (**Figure 09**), un caillé ferme est obtenu après 60 min de repos.

La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques (présure). Celles-ci entraînent la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel, ce qui permet l'expulsion d'une grande partie de l'eau et de matières solubles (**Eck et Gillis, 2006**).

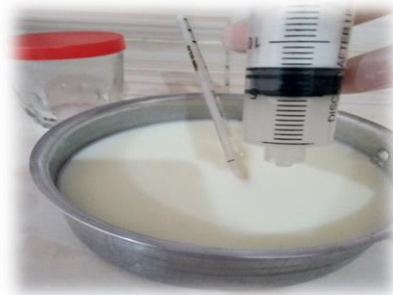


Figure 09 : Emprésurage du lait

IV.2.5. Découpage du coagulum :

A ce stade, le caillé obtenu est découpé en cubes (1-2 cm³) à l'aide d'un couteau pour faciliter l'évacuation du lactosérum. Il est ensuite chauffé entre 38 à 40°C pendant 20 minutes sous une faible agitation (**Figure 10**), afin d'augmenter la fermeté du caillé et accélérer la libération du lactosérum (**Robinson, 1996**).



Figure 10 : Découpage du coagulum.

IV.2.6. Filtration et égouttage :

Après l'étape de découpage du coagulum, le caillé est récupéré après filtration en utilisant une passoire et un tissu fin. Suivi par l'égouttage du caillé qui se fait manuellement avec un léger pressage (**Figure 11**), pour l'élimination progressive du lactosérum restant, qui est récupéré à son tour et conservé pour son utilisation pendant l'étape de cuisson.

L'égouttage conduit à l'obtention d'une masse du caillé dont l'extrait sec est plus au moins concentré, ce phénomène physique de séparation de la phase dispersante est appelé synérèse (**Eck et Gillis, 2006**). Lors de cette étape, la plus grande partie des éléments solubles sont éliminés dans le lactosérum (**Carole et Vignola, 2002**).



Figure 11 : Egouttage du caillé.

IV.2.7. Moulage et pressage :

Cette étape permet de donner une forme au fromage et de poursuivre l'élimination du lactosérum (**Hamdaoui et Iskounene, 2018**). A cet effet une pression de 550 Pa (d'environ 3 kg / kg du caillé) est appliquée en utilisant un poids au lieu d'une presse hydraulique (**Figure 12**). Elle est appliquée pendant 4-5 heures ce qui permet d'extraire l'eau libre de la pâte de fromage, de compléter ainsi son égouttage et permettre aux grains de caillé de se souder et de former la pâte fromagère demi-ferme (**Robinson, 1996**).



Figure 12 : Moulage et pressage du caillé.

IV.2.8. Cuisson de la pâte fromagère :

Premièrement on chauffe le lactosérum récupéré du caillé précédemment, avec une faible agitation à 80-82°C, pour coaguler les protéines restantes du lactosérum. (**Robinson, 1996**). Ce dernier est ensuite filtré pour récupérer la masse molle qui peut être utilisée pour la fabrication du fromage frais (**Robinson, 1996 ; Raphaelides et al., 2006**). Ensuite la pâte fromagère est retirée de la presse puis coupé en petits blocs relativement de la même

dimension puis on les plonge dans le lactosérum préchauffé entre 90-92 °C pendant 40-60 min. A la fin de cette étape, les blocs flottent à la surface du lactosérum (**Figure 13**).

La cuisson du fromage dans le lactosérum détruit la présure et une grande partie de la flore microbienne et dénature les enzymes endogènes (**Kaminarides et al., 2007**). Cette étape de cuisson dans le lactosérum, ne se produit pas dans la fabrication des autres types de fromages, elle est spécifique au fromage Halloumi. Ce qui donne à ce fromage des caractéristiques sensorielles et texturales distinctes. Ce qui donne à ce fromage la capacité d'être cuit à des températures élevées sans fondre (**Robinson, 1996 ; Papademas et Robinson, 1998 ; Raphaelides al., 2006**).



Figure 13 : Cuisson des blocs de fromage dans le lactosérum.

IV.2.9. Salage :

A la fin de la cuisson, on utilise une écumoire pour enlever les blocs sur la surface du lactosérum, laissé-le refroidir, puis saupoudré de sel sec (3% m/m) sur toute la surface (**Figure 14**). Plié le long de la ligne médiane en «U». Le sel joue un rôle essentiel dans la fabrication du fromage, sa fonction principale est le goût et la conservation, ainsi que l'égouttage. En termes de propriétés organoleptiques, le sel peut améliorer la saveur, réduire l'amertume et augmenter l'élasticité du fromage. (**Eck, 1987; Roger, 1979; Kamleh et al., 2012**). C'est au cours de cette étape que le fromage R est saupoudré avec les feuilles de romarin.



Figure 14 : Salage et assaisonnement avec les feuilles de romarin

IV.2.10. Stockage en saumure :

Après l'étape de salage les blocs de fromage ont été conservés dans des boîtes contenant une saumure à 9% de sel pendant 24h. Ensuite ces blocs ont été retirés de la saumure, égouttés puis emballés dans un film en plastique (**Figure 15**) et conservés au réfrigérateur (**0 à 6°C**). D'après **Raphaelides et al. (2006)** et **Kaminarides et al. (2007)**, c'est pour permettre une meilleure et longue conservation du fromage, le stockage doit s'effectuer sous vide.



Figure 15 : Stockage en saumure et le produit fini (fromage emballé).

IV.3. Analyses physico-chimiques du fromage Halloumi :

Les analyses physico-chimiques de notre fromage sont réalisées au sein de la SARL laiterie Soummam (Akbou, Bejaia). Afin de déterminer la qualité du fromage préparé, nous nous limiterons aux analyses physicochimiques considérées comme les analyses de base, soient :

- Mesure de pH.
- Dosages des glucides.
- Dosages des protéines brutes.
- Dosages des lipides.
- Dosages du sel.
- Extrait sec total.
- Humidité.

IV.3.1. Détermination du pH :**• Principe :**

Le pH dépend de la concentration d'un milieu en protons ; il est le logarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium (H_3O^+) (**Jaques, 1998**). La mesure de pH d'un aliment nous renseigne sur sa fraîcheur (**Carol et Vignola, 2002**).

• Mode opératoire :

10g de Fromage sont mélangé avec 90 ml d'eau distillée, puis homogénéisé. Le pH de l'échantillon est déterminé après une heure en utilisant un pH-mètre numérique où l'électrode a été insérée directement dans l'échantillon. La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil trois répétitions sont réalisées (**Owusu-Kwarteng et al., 2012**).

IV.3.2. Dosage des protéines brutes :

Contrairement aux sucres et aux lipides, les protéines contiennent de l'azote. Cette propriété sera exploitée dans la méthode de détermination de la teneur en protéines dans les aliments. (**Anonyme 2**).

- **Principe :**

La méthode utilisée pour le dosage des protéines brutes est celle de Kjeldahl. Elle est basée sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique et en présence d'un catalyseur (**Lecoq, 1965**).

- **Mode opératoire :**

Pour déterminer la quantité de protéines contenues dans l'échantillon fromage, nous avons procédé au dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl. Cette dernière s'effectue en trois phases : la digestion (minéralisation), la distillation et la titration (**Kjeldahl, 1883**).

- **Minéralisation :**

Dans un matras de Kjeldahl, 0,5 g d'un échantillon broyé, 2 g d'un catalyseur (sélénium, sulfate de potassium et sulfate de cuivre) et 20 ml de H₂SO₄ concentré (97 %) sont introduits. Ce mélange présente une coloration noire. Ensuite, le matras est chauffé jusqu'à ce que la couleur noire se transforme en une couleur limpide, à ce moment-là l'azote organique est transformé en azote minéral. Après refroidissement, l'échantillon minéralisé est transféré dans une fiole dont le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **Distillation :**

Elle se fait dans une unité de distillation (BÜCHI Distillation Unit B-324). Dans un matras, 20 ml du contenu de la fiole, 50 ml d'eau distillée et 50 ml de la soude (40%) ont été introduits. En parallèle, 20 ml d'acide borique (H₃BO₃) (4%) avec quelques gouttes d'indicateurs colorés (rouge de méthylène et bleu de méthylène) sont ajoutés. La distillation s'arrête au bout de 4 minutes à compter du début d'ébullition.

- **Titration :**

Puisque l'acide borique a été utilisé comme solution de récupération, l'excès des anions de borate est alors titré avec l'acide sulfurique (0,02N) jusqu'au changement de la coloration du vert au rose-violet.

- L'azote total est calculé suivant la formule présentée ci-après :

$$N\% = \frac{(V_1 - V_0)0,28}{P \text{ essai}} \times 100$$

Où :

N% : Pourcentage d'azote.

P% : Pourcentage de protéines.

V1 : Volume de l'acide sulfurique concentré (ml).

V0 : Volume de l'acide sulfurique concentré utilisé pour le témoin (ml).

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

Le taux d'azote total est converti en taux de protéines brutes selon la formule suivante :

$$\text{Taux de protéines brutes (\%)} = \text{N total (\%)} \times 6,25$$

Où 6,25 est un facteur de conversion basé sur le taux moyen d'azote des protéines.

IV.3.3. Dosage de la matière grasse :

La présente Norme internationale spécifie la méthode Van Gulik pour la détermination de la teneur (fraction massique) en matière grasse des fromages. (ISO 3432|FIL 221:2007).

- **Principe et mode opératoire :**

La méthode **Van Gulik** est une technique conventionnelle qui, appliquée à un fromage, qui donne une teneur en matière grasse (MG), exprimée en grammes pour 100 g de fromage, équivalente à celle obtenue par la méthode de référence (ISO 1735|FIL 5). Elle est basée sur la dissolution des protéines par l'acide sulfurique et la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre à godet perforé, cette séparation est favorisée par l'addition de l'alcool iso-amylique. Une prise d'essai de 3g de fromage est pesée dans un godet en verre perforé, ce dernier est placé dans un butyromètre à fromage. Ensuite, l'acide sulfurique (H₂SO₄, d=1,52), est ajouté jusqu'à émerger le godet, le tout est mis dans un bain-marie à 70°C durant 3h. Ensuite, 1 ml d'alcool iso-amylique (3-méthyl-1-butanol) est ajouté à l'échantillon, puis le volume est complété par l'acide sulfurique jusqu'à la graduation 35%. Le butyromètre est centrifugé à 1000 Rpm/10 min. Après centrifugation, le résultat est lu sur les graduations du butyromètre.

- **L'expression des résultats :**

La teneur en matière grasse (MG) du produit fin. Exprimer en g pour 100g de fromage est :

$$MG(\%) = B + A$$

Où ;

A : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne MG.

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne MG.

IV.3.4. Dosage des glucides :

Les sucres, encore appelés glucides ou hydrates de carbone $C_n(H_2O)_n$, sont des composés comportant de nombreux groupements hydroxyles (-OH) responsables de leur caractère très hydrophile. La présence de groupement carbonyle (-C=O), aldéhyde ou cétonique leur confère un caractère réducteur (**Boukhary, 2008**). Il existe beaucoup de méthodes de dosage des glucides. Certaines de ces méthodes utilisent le pouvoir réducteur ou non réducteur des sucres.

La méthode **Lane-Eynon** est une méthode volumétrique de détermination des sucres réducteurs totaux dans les aliments. C'est une méthode empirique qui relie, à l'aide d'une table de conversion, une quantité de sucres réducteurs contenus dans un volume de solution alimentaire requis pour réduire un volume donné de réactif de Fehling. (**Edouard Tabet, 2009**).

- **Principe :**

La méthode est basée sur la capacité des sucres réducteurs de réduire l'hydroxyde cuivrique en oxyde cuivreux. On titre à chaud un volume donné de réactif de Fehling (10 ml ou 25 ml) à l'aide d'une solution de l'aliment contenant le ou les sucres réducteurs. L'indicateur Bleu de méthylène est utilisé pour rendre plus claire la disparition de la couleur bleue du réactif de Fehling (point de virage). Le volume de solution alimentaire utilisé pour le titrage est converti en mg de sucres réducteurs à l'aide d'une table de conversion. (**Edouard Tabet, 2009**).

- **Mode opératoire :**

- Peser avec précision dans un bécher 12.5g de fromage ensuite diluer l'échantillon avec de l'eau distillée à 250ml.
- Préparer un mélange de solution Fehling mixte (12.5ml de Fehling A + 12.5ml de Fehling B) dans une fiole conique de 250ml et bien mélangé.
- Remplir une burette de 50ml de la solution d'échantillon.
- Ajouter de la burette environ 13.5ml de solution de fromage à la solution de Fehling mélangé, puis chauffer sur un bec Bunsen.
- Bouillir pendant deux minutes et ajouter 03 gouttes de l'indicateur au bleu de méthylène.

- Ajouter sans interrompre l'ébullition 2-3 gouttes de solution de dextrose jusqu'à ce que la couleur bleue disparaisse complètement.

IV.3.5. Dosage du sel :

A ce jour, il n'existe pas de méthode pour doser directement la quantité de sel (NaCl) dans les produits laitiers, il y a obligation de passer par une approche indirecte (par calcul). Deux voies sont possibles : la voie chlorures et la voie sodium (**Anonyme, 3**)

La voie « chlorures » majoritairement utilisée dans le secteur laitier. Le principe est de doser les ions Cl⁻ et d'estimer la teneur en « sel » par calcul, en partant du postulat que tous les chlorures proviennent bien du NaCl. La méthode est normalisée au niveau international par l'**ISO 5943:2006**.

- **Principe :**

Le principe général est une titration au nitrate d'argent des ions Cl⁻, d'une suspension de « fromage acidifié » à l'aide d'une électrode spécifique.

IV.3.6. Détermination de l'extrait sec total :

La présente Norme internationale **ISO 5534:2004** spécifie la méthode de référence pour la détermination de la teneur totale en matière sèche des fromages. La teneur totale en matière sèche est exprimée en pourcentage de la masse (fraction massique). La matière sèche est l'un des paramètres les plus importants pour la caractérisation et la classification des fromages.

- **Principe :**

La matière sèche d'un fromage représente tous ses composants à part l'eau. Elle est mesurée au moyen d'un dessiccateur infrarouge « SARTORIUS, MA35 ».

- **Mode opératoire :**

Dans un dessiccateur, réglé à une température de 102°C, 1g du fromage est mis puis étalé sur toute la coupelle d'aluminium préalablement tarée. Le couvercle du dessiccateur est fermé. Après quelques minutes, la valeur de l'extrait sec est indiquée en pourcentage sur l'afficheur de l'appareil.

IV.3.7. Détermination de l'humidité :

- **Principe :**

L'humidité d'un aliment est la quantité d'eau libre qu'il contient. Sa détermination se fait par dessiccation dans une étuve ventilée à 105°C jusqu'à ce que la masse de cet aliment reste constante (**NF V 18-109, 1982**). Elle est définie aussi comme est-on la différence entre le poids d'un échantillon de fromage et sa matière sèche obtenue à 103 °C (**OECD, 2005**).

$$\mathbf{Humidité(\%) = 100 - MS}$$

Ms : Taux de la matière sèche.

Résultats et discussion

V.1. Préparation des fromages « Halloumi » :

Les échantillons du fromage Halloumi ont été préparés et conservés à 3°C durant 30 jours puis analysés (**Figure 16**) :

- **Fromage V** : 100% lait de vache.
- **Fromage Ch 20%** : 80% de lait de vache et 20% de lait de chèvre.
- **Fromage Ch40%** : 60% de lait de vache et 40% de lait de chèvre.
- **Fromage 20% R** : 80% de lait de vache et 20% de lait de chèvre (la même composition que le fromage Ch20%) mais il est assaisonné avec les feuilles du romarin.
- **Fromage 40% R** : 60% de lait de vache et 40% de lait de chèvre (la même composition que le fromage C20%) mais il est assaisonné avec les feuilles du romarin.

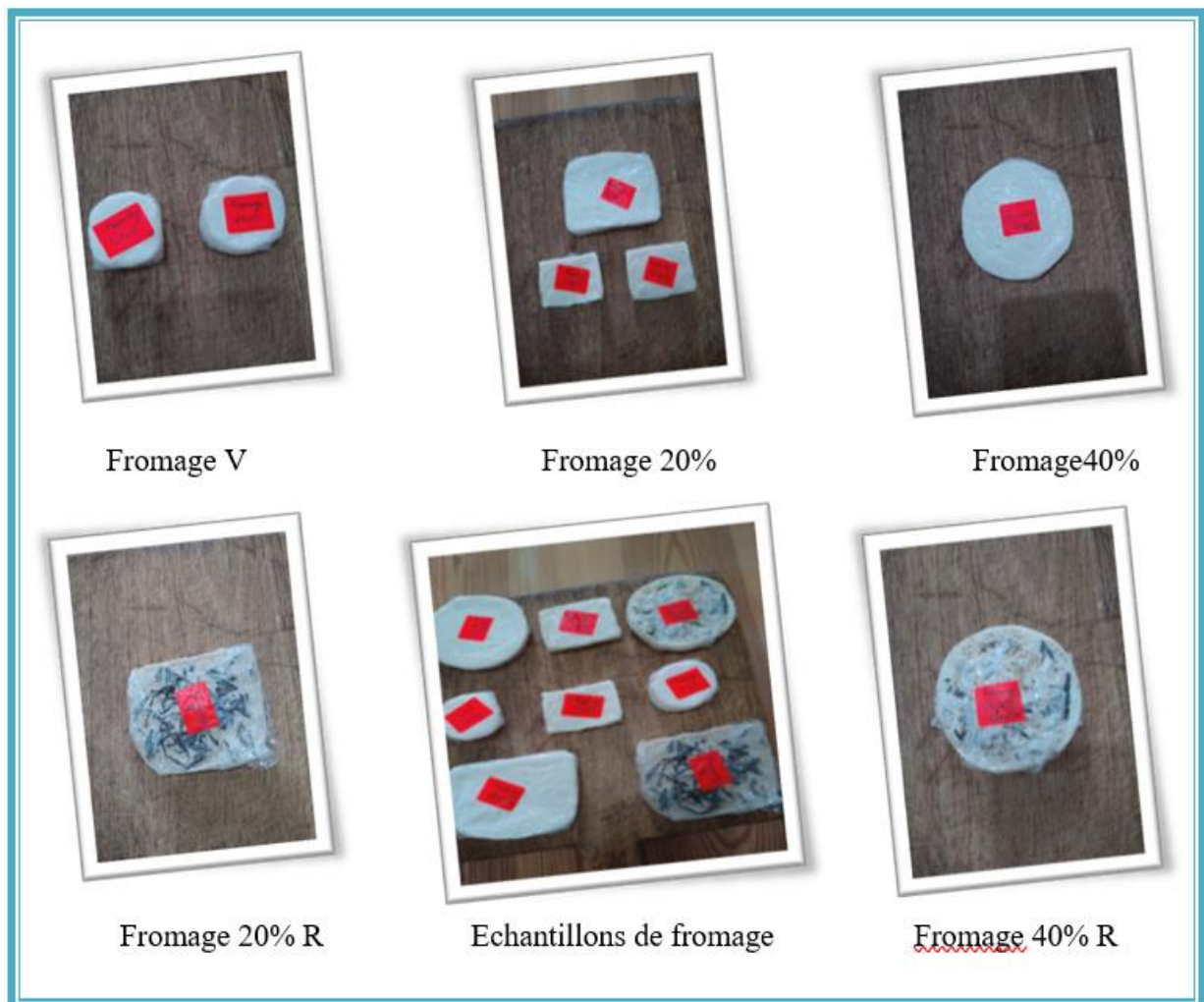


Figure 16 : les échantillons du fromage Halloumi préparés

V.2. Analyses physico-chimiques du fromage Halloumi :

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées pour les échantillons de fromages Halloumi sont présentés dans le tableau VIII, qui révèle la moyenne des résultats de chaque paramètre physicochimique réalisé pour les cinq échantillons étudiés.

Tableau VIII : Résultats des analyses physico-chimiques des fromages préparés

Paramètres	Echantillons de fromage Halloumi					Méthodes
	Fromage V100%	Fromage Ch20%	Fromage Ch20% R	Fromage Ch40%	Fromage Ch40%R	
pH	5.69	5.59	5.59	5.59	5.59	
Protéines (%)	35	38	38	39	39	Kjeldahl
Matière grasse (%)	45%	20%	20%	15%	15%	ISO 3432 FIL 221:2007
Extrait sec (%)	49.24	42.56%	42.56%	37.88%	37.88%	ISO5534 :2004
Humidité	50.76%	57.44%	57.44%	62.12%	62.12%	NF V 18-109, 1982
Glucides (%)	0,86	0,87	0,87	0,85	0,85	Lane-Eynon
Sel (%)	5,27	4,40	4,40	4,85	4,85	ISO 5943 :2006

➤ Matière grasse :

Selon les résultats obtenus, la teneur en matière grasse et le taux d'extrait sec les plus élevés ont été enregistrés avec le fromage V, suivis des fromages de 20% et 15% en MG et 42.56% et 37.88% en ES pour le fromage 20% et des fromages 40% respectivement, qui sont légèrement proches, cependant une faible teneur est donnée par le fromage.

Le taux d'extrait sec et la teneur en MG dans un fromage dépendent entre-autre des quantités de mélanges utilisées et des matières premières mises en œuvre pour la fabrication du fromage. Cela est expliqué par le fait que le fromage V est fabriqué à partir d'un mélange d'un lait 100% de vache, riche en lipides.

➤ **Protéines :**

Les valeurs de protéines du fromage V et celle du fromage Ch 20% et fromage R sont très proches ; par contre les deux fromages Ch 40% et Ch40 R et présentent des valeurs plus élevées par rapport aux autres. Cela pourrait être expliqué par le fait que ces deux derniers (Ch40% et Ch40%R), sont élaborés à partir d'un mélange de lait constitué de (40%) de lait de chèvre et 60 % de lait de vache, les teneurs en protéines du lait chèvre sont supérieures à celles de lait de vache d'après **Carole et Vignola (2002)**.

➤ **Glucides :**

Pour les glucides les résultats obtenus montrent que les cinq échantillons des fromages analysés, ont presque les mêmes teneurs, vu que le lait de vache et le lait de chèvre ont des teneurs voisines en glucides (4.7% et 4.4% respectivement) (**Carole et Vignola, 2002**).

➤ **Teneur en sel :**

Pour les chlorures, les teneurs sont très proches, sauf pour le fromage V qui a une teneur en sel un peu plus élevée, cela est peut être due au fait qu'il est le premier fromage fabriqué, en outre, le NaCl est utilisé pour empêcher la détérioration microbienne dans les aliments, la concentration requise dépend de la nature de l'aliment, de son pH et sa teneur en humidité, mais généralement la concentration inférieure à 10 % est suffisante, en engendrant le principal facteur inhibiteur qu'est la réduction de l'activité de l'eau (**Fox et al., 2000**).

➤ **Le pH :**

Les résultats obtenus montrent que le pH des cinq fromages analysés est relativement acide, le pH varie de 5.65 à 5.69

➤ **Taux humidité :**

Le taux d'humidité est un paramètre physico-chimique qui renseigne sur la teneur en eau présente dans le fromage, l'échantillon qui contient plus d'eau est le fromage 40%, cela pourrait être expliqué par un mauvais égouttage ou bien une cuisson non homogène pour tous les échantillons. Étant donné que lors de l'étape de pressage, chaque type de fromage est pressé avec des poids différents et que le temps de pressage est également n'est pas le même, cela entraînera une modification de la teneur en humidité de chaque échantillon, en outre le temps de cuisson des échantillons dans le lactosérum est différent.

Les résultats des analyses physico-chimiques des fromages montrent qu'ils sont une bonne source de protéines (35 à 39%), assez riches en matière grasse (15% à 45%), ne sont pas riches en sucre (0,8%). Par contre une teneur assez élevée (4.4 à 5.2%) en sel.

Conclusion

Conclusion :

Cette étude entre dans le cadre de la préparation du fromage Halloumi dont nous avons pu apprendre et maîtriser le process de fabrication de ce fromage qui n'est pas connu au niveau de la région méditerranéenne notamment en Algérie.

Il fait partie des fromages demis durs à pâte cuite, préparé avec un mélange de lait de différentes espèces animales (chèvre, brebis et vache). Seule la présure est utilisée pour la formation du caillé, pas de ferments lactiques.

Dans ce présent travail, cinq types de fromage Halloumi ont été préparés : Fromage **V** à base de lait de vache uniquement, Fromage **Ch20%** (20% lait de chèvre et 80% lait de vache), Fromage **Ch40%** (40% lait de chèvre et 60% lait de vache) et enfin les deux fromages **Ch20% R** et **Ch40% R** qui ont la même composition que les fromages Ch20% et Ch40% respectivement mais qui sont assaisonnés avec les feuilles de romarin.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les cinq échantillons de fromage répondent globalement aux normes exigées. Révélant ainsi que les produits finis (Fromage V, Fromage Ch20%, fromage Ch40%, fromages Ch20% R et Ch40%R), sont une bonne source de protéines (35 à 37%), assez riches en matière grasse (15% à 45%), ne sont pas riches en sucre (0,8%). Par contre une teneur assez élevée (4.4 à 5.2%) en sel. Les données de la matière sèche et l'humidité sont variées, probablement due aux différents facteurs qui rentrent dans le process de fabrication de ce type de fromage. Le pH des fromages étudiés est relativement acide (5.65 à 5.69) ; un paramètre qui influe le plus sur la texture et même sur la composition du fromage.

Les différents fromages préparés sont de bonnes qualités et répondent aux exigences des consommateurs, d'un point de vue physico-chimie. Ceci reflète le respect des règles d'hygiène et des paramètres technologiques de fabrication.

Cette présente étude n'a pas exploré toutes les propriétés des fromages Halloumi. Il serait intéressant de la compléter par :

- Analyses microbiologiques et d'autres paramètres physico-chimiques) ;
- Evaluation sensorielle des différents échantillons ;
- Estimation de la capacité antioxydante des fromages étudiés ;
- Détermination des conditions optimales de la fabrication de fromage Halloumi en utilisant un plan d'expérience (model composite centré) ;

Une application à l'échelle pilote puis industrielle sur le marché Algérien.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

-A-

- ✚ **AFNOR, (1980).** de la qualité des produits laitiers-analyses physico-chimique.
- ✚ **A. Gianmario, S. Silvio, P.A. Rita, M. Teresa, D. Roberto, T. Aurelia. (2007).**
Characterization of topical antiinflammatory compounds in Rosmarinus officinalis L.
Journal of Agricultural and Food Chemistry 55 (5): 1718-1723
- ✚ **Alias, C. (1975).** Science du lait principe des techniques litières.
- ✚ **Alais, C. (1984).** Principes des techniques laitières. Science du Lait,, 196-197.
- ✚ **Alais, C., Linden, G., & Miclo, L. (2008).** Biochimie alimentaire (pp. 260-p). Dunod.
- ✚ **Altinier, G., Sosa, S., Aquino, R. P., Mencherini, T., Loggia, R. D., & Tubaro, A. (2007).** Characterization of topical antiinflammatory compounds in Rosmarinus officinalis L. Journal of agricultural and food chemistry, 55(5), 1718-1723.
- ✚ **Amariglio S., 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physiques et chimiques.- 3ème éd.- Paris : ITSV. 1030p.
- ✚ **Anonyme1:** www.chr-hansen.com
- ✚ **Anonyme 2 :** <http://dhaouadiramzi.e-monsite.com/medias/files/analysephysico-chimie.pdf>
- ✚ **Anonyme 3 :**
<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/44214?token=cab22212f404bab41ea334f999bf3b4d>.

-B-

- ✚ **Belakhdar J., (1997).** Pharmacopée marocaine traditionnelle, Paris, Édition Ibis Pres, 764 p.
- ✚ **BENIKHLEF, 2014.** Comparaisant entre les huiles essentielles et leurs effets antibactériens sur Rosmarinus officinalis de la région de bechar et Ouargla. Thèse de master, Universités DE Tleceen,27p.
- ✚ **Bennett, R. J., & Johnston, K. A. (2004).** General aspects of cheese technology. In Cheese: Chemistry, physics and microbiology (Vol. 2, pp. 23-XIII). Academic Press.
- ✚ **Bensidoun, I., & Chevallier, A. (1996).** Europe-Méditerranée: le pari de l'ouverture. Economica, Editions (FR).

- ✚ **Bézanger-Beauquesne, L., Garnier, G., & Debraux, G. (1961).** Ressources médicinales de la flore française. PARIS : Ed Vigot Frères, 1211-1214.
- ✚ **Botineau M., (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed TEC&DOC, Lavoisier, Paris. 1021-1043p.
- ✚ **BOUKHARY. (2008).** Travaux pratique de biochimie structurale deuxième année biologie géologie. Faculté des sciences et techniques. Université NOUAKCHOTT. p60.
- ✚ **BOUSBIA, (2011)** Extraction des huiles essentielles riche en antioxydants a partir de produits naturels et de coproduits agroalimentaires .Thèse de doctorat , Universites d'Avignon et des pays de Vaucluse ,84p.
- ✚ **Boutonnier J-L. (2012)** Fabrication du fromage fondu, Techniques de l'Ingénieur, f6310, Paris-France, 14 p.

-C-

- ✚ **CODEX STAN 283 (1978)** Codex Standard 283-1978, Norme générale Codex pour le fromage, 8p.
- ✚ **Chamba, J. F. (2008).** Application des bactéries lactiques lors des fabrications fromagères. bactéries lactiques: de la génétique aux ferments. 1ère Edition Tec & Doc. Lavoisier, Paris, p. 787-815.
- ✚ **CIPC Lait Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles., 2011.** Avis relatif a la definition et aux methodes d'analyse de l'acidite du lait n°2011-02.
- ✚ **Cheftel JC et Cheftel H., 1996.** Introduction à la biochimie, à la technologie des aliments. Vol 1. Ed. Tec & Doc : Lavoisier, Paris. pp: 43.
- ✚ **Collard, J., Lecoq, R., & Demaret, A. (1965).** Un essai de thérapeutique pathogénique de la schizophrénie par un acetylcholinique: L'oxotremorine. Acta Neurologica et Psychiatrica Belgica, 65(122), 181-195.

-D-

- ✚ **DJABLA& KHOBIZI.B.** Etude de l'effet des extraits aqueux et éthanoliques de Romarin sur la croissance de quelques champignons phytopathogènes. Mémoire de master : Sciences Agronomiques : Protection des végétaux. BOUIRA : UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ –2018,59p.
- ✚ **DJERMOUNE S et KHANOUCHE S.** Effet des polyphénols totaux de Rosmarinus officinalis sur l'amélioration de la reproduction chez des souris mâles rendus diabétiques par la streptozotocine. Mémoire de master : Biologie et Physiologie Animale Comparée. Bejaia : Université Abderrahmane Mira, 2014,85p.

- ✚ **D.Roux**, Botanique pharmaceutique phytothérapie, 2ème Edition Lavoisier, Paris, 2004.

-E-

- ✚ **Eck Andre, (1987)**. Le fromage, Lavoisier, 2eme édition, Paris. P. 529.
- ✚ **Eck A et Gillis JC. (1997)**. Le fromage. 3ème Ed. Lavoisier. Paris. 874 p.
- ✚ **Eck A. et Gillis J.C. (2006)**. Le fromage. 3 eme Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.
- ✚ **Edouard Tabet**. Etude microbiologiques et physicochimiques des laits caprins et technologie fromagère améliorées cas du lait baladi du liban.thèse doctorat en science des systèmes agricoles et forestiers et de la production alimentaire. Italie : uniiversité de Sassari, 2009.75p.

-F-

- ✚ **FAO, 1978**. Norme générale codex pour le fromage. CODEX STAN 283-1978. www.fao.org/input/download/standards/175/CXS_283f.pdf.
- ✚ **(FAO, 1990)**.
- ✚ **FAO (1995)** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition n° 28. Rome, 271p.
- ✚ **Faye B et Loiseau G., 2002**. Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. Edition : CIRAD-FAO, Montpellier, France, pp : 1-5.
- ✚ **Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2000)**. Cheese rheology and texture. Fundamentals of cheese science, 305-340.

-G-

- ✚ **Gelais-St.D., Tirard-C.P., Belonger G., Couture R. et Drapeau R. (2002)**. Fromage. In : Vignola CL. Sciences et technologies du lait, transformation de lait. Presses Internationales, polytechniques, Québec, pp. 349-412.
- ✚ **GGaranti Z (2016)**.Marketing Hellim/Halloumi Cheese: A Comparative study of northern and southern cyprus. In Proceedings of the Economic Science for Rural Development Conference Proceedings, pp. 134-142.
- ✚ **Gibson G-R. and Williams C-M., (2000)** Functional foods Concept to product, CRC Press LLC, USA, 374 p.
- ✚ **González-Trujano, M. E., Peña, E. I., Martínez, A. L., Moreno, J., Guevara-Fefer, P., Deciga-Campos, M., & López-Muñoz, F. J. (2007)**. Evaluation of the

antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *Journal of ethnopharmacology*, 111(3), 476-482.

- ✚ **Goursaud J., 1985.** Composition et propriétés physico-chimiques. Dans *Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre*. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- ✚ Guignard J.L. (2001). In : *Botanique systématique moléculaire*. 12 Eme Edition Masson (Paris), P: 304.
- ✚ **Guiraud, J. P. (2003).** *Microbiologie Alimentaire. Agro-alimentaire*. Edition : Dunod, Paris, 291

-H-

- ✚ **Hamdaoui.M & Iskounen.R .**Préparation Et Analyse D'un Fromage A Pâte demi-ferme. Mémoire de master : Production et transformation laitières. Bejaia : Université A. Mira.2018, 72p.
- ✚ **Heinrich, M., Kufer, J., Leonti, M., & Pardo-de-Santayana, M. (2006).** Ethnobotany and ethnopharmacology—Interdisciplinary links with the historical sciences. *Journal of ethnopharmacology*, 107(2), 157-160
- ✚ **Hui Y-H. (1992)** *Dairy Science and Technology Handbook*, Wiley-VCH Verlag GmbH Edition, 1150 p.

-I-

- ✚ **ISO 3432|FIL 221:2007**, Fromages — Détermination de la teneur en matière grasse — Butyromètre pour la méthode Van Gulik
- ✚ **ISO 1735|FIL 5**, Fromages et fromages fondus — Détermination de la teneur en matière grasse — Méthode gravimétrique (Méthode de référence)
- ✚ **ISO 5534:2004** , fromages — Détermination de la teneur totale en matière sèche .
- ✚ **ISO 5943:2006** _Fromages et fromages fondus — Détermination de la teneur en chlorures — Méthode par titrage potentiométrique

-J-

- ✚ **JEANTET Romain, C.T., GARRIC Gilles, BRULÉ Gérard, 2017.** *INITIATION A LA TECHNOLOGIE FROMAGERE*, lavoisier TEC & DOC ed.
- ✚ **JORA N°69,1993).** *J.O.R.A* n°069 du 18 aout **1993**. Section I et section III. PP 16.

-K-

- ✚ **Kaminarides, S., Stamou, P., & Massouras, T. (2007).** Changes of organic acids, volatile aroma compounds and sensory characteristics of Halloumi cheese kept in brine. *Food Chemistry*, 100(1), 219-225
- ✚ **Kamleh, R., Olabi, A., Toufeili, I., Najm, N. E. O., Younis, T., & Ajib, R. (2012).** The effect of substitution of sodium chloride with potassium chloride on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Halloumi cheese. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1140-1151.
- ✚ **Katzer, G. (1998).** Gernot Katzer's spice pages. Internet: <http://www-ang.kfunigraz.ac.at/Pkatzer/engl/index.html> (accessed 18 March 2002).
- ✚ **Kjeldahl, J. (1883).** A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. *Z. Anal. Chem*, 22(1), 366.

-L-

- ✚ **Larpent, J. P., & Larpent-Gourgaud, M. (1997).** *Mémento Technique de Microbiologie* (3 éd'n). Lavoisier: Londres, New York, Paris.
- ✚ **Lapointe-Vignola, C. (2002).** *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique. Canada.(54-55p) 349p
- ✚ **LEKSIR Choubaila.(2018).** Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel «Klila» dans l'Est algérien : Université 8 Mai 1945. Guelma. 14 Novembre 2018
- ✚ **LEVEAU, J., & BOUIX, M. (1980).** *La flore lactique mésophile. techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires*. Techniques et documentation Lavoisier. Paris, 111-149.
- ✚ **Lteif, L., Olabi, A., Baghdadi, O. K., & Toufeili, I. (2009).** The characterization of the physicochemical and sensory properties of full-fat, reduced-fat, and low-fat ovine and bovine Halloumi. *Journal of dairy science*, 92(9), 4135-4145.
- ✚ **Luquet, F. M. (1985).** *Lait et produits laitiers. Vache, Brebis, chèvre: Transformation et technologies*. Paris: éd Technique et documentation-Lavoisier. 633p.
- ✚ **LUQUET, F. (1990).** *Lait et produits laitiers (vache, chèvre, brebis): transformation et technologie*. Techniques et documentation Lavoisier. Paris, 41-65.

-M-

- ✚ **Majdi A, (2009).** Séminaire sur les fromages AOP ET IGP, chap 03 :Les aspects techniques de fabrication du fromage.

- ✚ **MARTINI M C, (2011).** Introduction a la dermopharmacie et a la cosmétologie ;Edition Lavoisier , p 358.
- ✚ **Mathieu, J. (1998).** Initiation de la physicochimie du lait. Edition technique et documentation Lavoisier. Paris.220p.
- ✚ **MEHANI.M,** Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Eucalyptus camendulensis dans la région d'Ouargla, thèse doctorat. Université de KASDI Merbah,Ouargla, 2015.
- ✚ **Mietton, B., Desmazeaud, M., De Roissart, H., & Weber, F. (1994).** Transformation du lait en fromage. . Bactéries lactiques 2, 55-132.
- ✚ **Mouillet, L., Luquet, F. M., Nicod, H., Boudier, J. F., & Mahieu, H. (1981).** La lipolyse des laits. Etude d'une méthode rapide de mesure. Le Lait, 61(603-604), 171-186.

-N-

-O-

- ✚ **OECD, 2005.** Orientation pour la réalisation des tests objectifs visant à déterminer la qualité interne des fruits et légumes frais et secs et séchés. Normalisation Internationale des fruits et légumes, 1-39.
- ✚ **Owusu-Kwarteng J., Akabanda F., Nielsen D. S., Tano-Debrah K., Glover R. L., et Jespersen, L. (2012).** Identification of lactic acid bacteria isolated during traditional fura processing in Ghana. Food Microbiology, 32(1), 72-78.

-P-

- ✚ **PANAYIOTA THEOPHILOU and R ANDREW WILBEY, (2007) :** Effects of fat on the properties of halloumi cheese, School of Food Biosciences, The University of Reading, Reading RG6 6AP, UK, Vol 60, No 1 February 2007 (tableau 2)
- ✚ **Papademas, P. and R. K. Robinson, (1998):** Halloumi cheese: the product and its characteristics. International journal of dairy technology, 51, 98-103.
- ✚ **Pryor, R., Harbutt, R., & Pryor, J. (2009).** U.S. Patent Application No. 12/189,512.

-Q-

-R-

- ✚ **Richard, J. (1987).** La flore microbienne du lait cru, influence des conditions de traite. CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA, Paris, 113-119.

- ✚ **Roger V, (1979).** Technologie du lait: constitution, récolte, traitement et transformation du lait. La maison rustique, 3e édition. Paris. 428p.
- ✚ **Romano, C.S., AbadiB K., Repettov., Vojno, A.A. et Moreno, S. 2009.** Synergistic antioxidant and antibacterial activity of rosemary plus butylated derivatives. Food Chem., Vol. 115, p p : 456-461.

-S-

- ✚ **Seerden, K. A., Reis, N., Evans, J. R., Grant, P. S., Halloran, J. W., & Derby, B. (2001).** Ink-jet printing of wax-based alumina suspensions. Journal of the American Ceramic Society, 84(11), 2514-2520.

- ✚ **Stan, C. 283-1978.** General standard for cheese.
- ✚ **St-Gelais, D., Tirard-Collet, P., Bélanger, G., Couture, R., & Drapeau, R. (2002).** Fromage. Science et technologie du lait: transformation du lait, 349-415.

-T-

- ✚ **Thapon, J. L. (2005).** Science et technologie du lait. Agrocampus-Rennes, France, 14, 77.
- ✚ **Thorsen, M. A., & Hildebrandt, K. S. (2003).** Quantitative determination of phenolic diterpenes in rosemary extracts: aspects of accurate quantification. Journal of Chromatography A, 995(1-2), 119-125.
- ✚ **Théodoulou, S. C. (2016).** Halloumi: la propriété intellectuelle du fromage emblématique de Chypre. Revue Francophone de la Propriété Intellectuelle, (3), 101-108.

-U-

-V-

- ✚ **Veisseyre, R. (1975).** Technologie du lait: constitution, recolte, traitement et transformation du lait 3.
- ✚ **Vilain, A. C. (2010).** Qu'est-ce que le lait?. Revue française d'allergologie, 50(3), 124-127.
- ✚ **Villeponteau, B., Feng, J., Funk, W., & Andrews, W. H. (1996).** U.S. Patent No. 5,583,016. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

-W-

- ✚ **Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmüller, K. (2008).** Cheese in nutrition and health. Dairy Science and Technology, 88(4-5), 389-405.

- ✚ **Whole-Plant, J. C. R. S. (1998).** Properties Counter Cancer. Nutrition Sciences News, 1-4.

-X-

-Y-

- ✚ **Yıldız, F. (2010).** Overview of yogurt and other fermented dairy products. Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products, 1-46.

-Z-

- ✚ **Zeller, B., 1980.** Le fromage de chèvre: spécificités technologiques et économiques. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- ✚ **ZOUBEIDI, 2004)** - Etude Antioxydants dans Mémoire Magister. Université Ouargla, 47p.

Résumé :

Le fromage Halloumi est un fromage demi dur à pâte cuite, sa caractéristique spécifique par rapport aux autres fromages c'est qu'il ne fond pas au cours de cuisson. L'objectif de notre travail consiste à préparer ce fromage traditionnel de Chypre, mais qui n'est pas connu dans la région méditerranéenne. Nous avons élaborés cinq types de Halloumi : Fromage **V** (100 % lait de vache), Fromage **Ch20%** (20% de lait de chèvre et 80% lait de vache), Fromage **Ch40%** (40% de lait de chèvre et 60% lait de vache) et deux fromages **Ch20% R** et **Ch40%R**, qui ont la même composition que les fromages Ch20% et Ch40% respectivement, mais qui sont assaisonnés avec les feuilles de romarin. Les résultats des analyses physico-chimiques des fromages formulés montrent qu'ils sont une bonne source de protéines (35 à 39%), assez riches en matière grasse (15% à 45%), ne sont pas riches en sucre (0,8%). Par contre une teneur assez élevée (4.4 à 5.2%) en sel et en humidité (50.76 à 62.12%). Ces données répondent aux normes prédéfinies.

Mots clés : Fromage, Halloumi, Romarin, Qualité physico-chimiques

Abstract :

Halloumi cheese is a semi-hard cheese with cooked paste, its specific characteristic compared to other cheeses is that it does not melt during cooking. The aim of our work is to prepare this traditional cheese from Cyprus, but which is not known in the Mediterranean region. We have elaborated five types of Halloumi: Cheese **V** (100% cow's milk), Cheese **Ch20%** (20% goat's milk and 80% cow's milk), Cheese **Ch40%** (40% goat's milk and 60% cow's milk) and two cheeses **Ch20% R** and **Ch40%R**, which have the same composition as the cheeses **Ch20%** and **Ch40%** respectively, but are seasoned with rosemary leaves. The results of the physico-chemical analyses of the formulated cheeses show that they are a good source of protein (35-39%), quite rich in fat (15-45%), are not rich in sugar (0.8%). On the other hand, they have a fairly high salt and moisture content (4.4 to 5.2%) (50.76 to 62.12%). These data conform to the predefined standards.

Keywords: Cheese, Halloumi, Rosemary, Physico-chemical quality