REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université M'hamed Bougara Boumerdes

Département des sciences Biologiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie.

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Science alimentaire

Spécialité : Nutrition et Sciences des aliments

Thème

Contrôle de qualité du fromage analogue .Essai d'amélioration de sa valeur nutritionnelle.

Réalisé par :

BENOUARETS AHLEM
LOUNES HOUYEAME
OUAKLI MALIKA

Devant les jurys :

M^{me} YAHIAOUI, K.	**Présidente**	**(F.S, UMBB)**
M^{me} YOUYOU, S.	**Examinatrice**	**(F.S, UMBB)**
M^{me}BENMALEK, N.	**Promotrice**	**(F.T, UMBB)**

2019-2020

Résumé

La synthèse bibliographique nous a permis d'acquérir certaines connaissances sur les fromages analogues qui sont d'une importance économique non négligeable et qui méritent l'attention des chercheurs afin de formuler des préparations à haute valeur nutritionnelle. Ce travail nous a permis aussi de suivre le processus de fabrication des préparations fromagères de la fromagerie de Faiz, et de contrôler leurs constituants de base qui les différencient du fromage ordinaire, ces constituants se manifestent dans l'amidon et la graisse végétale. Le produit fini se caractérise par un pH de 5,6, un extrait sec total de 33,2%, 17% de matière grasse et 66,8% d'humidité. Tout les résultats obtenus sont conformes aux normes AFNOR.

Mots clés : Fromage analogue, processus de fabrication, préparation fromagère, amidon, graisse végétale.

Abstract

The bibliographical synthesis has enabled us to acquire certain knowledge about cheese analogues which are of considerable economic importance and which deserve the attention of researchers in order to formulate preparations with high nutritional value. This work also allowed us to follow the manufacturing process of cheese preparations from the Faiz cheese dairy, and to know their basic constituents which differentiate them from ordinary cheese, these constituents are manifested in starch and vegetable fat. The cheese product is characterized by a pH of 6 ,5, dry extract of 33,2%, 17% of fat and 66,8% of humidity. All the results obtained comply with AFNOR standards.

Key words: Cheese analogue, process of cheese, cheese preparation, starch, vegetable fat.

ملخص

لقد مكننا التوليف الببليوغرافي من اكتساب معرفة معينة حول نظائرالجبن التي لها أهمية اقتصادية كبيرة والتي تستحق اهتمام الباحثين من أجل صياغة مستحضرات ذات قيمة غذائية عالية. كما أتاح لنا هذا العمل متابعة عملية تصنيع التحظيرة الجبنية في معمل اجبان فايز ،ومعرفة مكوناتها الأساسية التي تميزها عن الجبن العادي ، وتتمثل هذه المكونات في النشاء والدهون النباتية. كما مكننا هذا العمل من إجراءالتحاليل الفيزيائية- الكيميائية على المواد الاولية والمنتج النهائي والنتائج المحصل عليها موافقة للمعايير.

كلمات مفتاحية : نظائر الجبن ,عملية تصنيع ,التحظيرة الجبنية, النشاء ,الدهون النباتية .

Remerciements

Par-dessus tout, merci et gratitude à Dieu tout-puissant, grâce auquel toutes les bonnes œuvres sont accomplies .Dieu nous a donné la santé, la capacité, et la volonté d'achever ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent à notre promotrice Mme BENMALEK pour son soutien et la qualité de ses conseils apportés à ce mémoire, ainsi qu'une grande compétence et beaucoup de gentillesse.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Mr Abdelkader Zérifi responsable au sein de la fromagerie Zérifi qui nous a soutenus pendant tout notre stage pratique. Nous tenons à remercier les membres de Jury : Dr K. Yahiaoui et S. Youyou pour l'honneur qu' elles nous ont fait en acceptant de juger ce travail.

Nous remercions tous les techniciennes et les techniciens des laboratoires qui nous aidée dans notre travail en particulièrement Saousan Zérifi, ainsi que tout le personnel de la fromagerie Zérifi.

Et aussi Nous remercions Mr Faouzi Madi responsable au sein de laboratoire de contrôle de qualité et conformité

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

A la mémoire de mon grand- père …

A celle qui tient le paradis sous ses pieds, à mon ange à ma chère mère qui m'a entouré avec sa tendresse Hassiba.
A mon cher père qui m'a beaucoup aidé avec son soutien tout au long de mes études Rachid.

Que dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et langue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçois Inchallah

A ma charmante et adorable princesse sœur Radia

Qu'Allah vous bénisse et vous protège.

A mes tantes, oncles, cousines et cousins.

A toute la famille Benouarets et Benazzouz

A mes adorables amies avec qui j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur particulièrement Soulef et Malika Lilia et sa fille Rassil.

A mes deux binômes du mémoire Malika et Houyame pour leur disponibilité conseils, et efforts qui m'ont service d'exemple.

Tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Je dédie ce modeste travail…

Ahlem

Dédicaces

Louange et merci à Dieu, qui m'a aidé là où je suis maintenant,

Grâce à lui j'ai terminé ce travail.

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincère et fidélité

A mes parents, en qui se manifestent toutes les significations de l'amour et de la tendresse, ma mère Houria est mon amour le plus cher, et mon cher père Lounes, dont les prières me protègent votre satisfaction avec moi et tout mon espoir dans ma vie.

A mes sœurs, leurs maris, mes frères et leurs femmes, et tous leurs enfants, avec mes souhaits de bonheurs et de santé et de succès.

A mon âme jumelle, ma sœur Widad, Dieu ne m'a pas séparé d'elle.

Et à tous la famille, Lounes et Boussaidi.

***Aux** meilleures copines du monde Khadidja, Soumia, Fatiha et Dahbia.*

A ma très chère amies Soumia et sa fille, que Dieu la protège.

A mes binômes Ahlem et Malika ainsi qu'au membre de leur famille

A tous mes professeurs,

Et a tous qui compulse se modeste travail.

Houyame

Dédicaces

Avec l'aide de dieu le tous-puissante est en fin achevé ce travail lequel je dédié à toutes les personnes qui me sont chère :

A vous mes très chères parents

A qui m'ont soutenu et m'a aidé financièrement et moralement malgré les difficultés, sans fatigue ni ennui mon cher père Amar

A ceux qui m'ont appris et qui ont lutté pour atteindre ce que je suis à qui était sa prière le secret du succès de ma chère maman Fadhila

Que dieu vous protège et vous accorde le bonheur, la santé et le bien-être et prolonge votre vie

A tous les membres de ma famille, petits et grands

A toi Salah Eddine mon très cher mari avec j'ai partagé les bon et mauvaise moments et surtout pour ta patience sans fin, tes encouragement, ton optimisme infaillible, ton affection et ton grand amour, que Dieu te garde pour moi, et à mon ange ma fille Salsabil Rassil que dieu la protège pour nous et nous aide à l'élever

A mes adorables sœurs Hanane que dieu vous fasse réussir dans votre vie et Meryem et son mari et leur fille Rym sont l'amour de mon cœur

A mes frère Mohamed et Fatah que dieu les bénisse

Je vous remercié mes deux binômes du mémoire Ahlem et Houyame pour leur disponibilité, conseils et efforts qui m'ont servi d'exemple, et pour toutes les belles années et jours que nous avons passés ensemble.

A tous mes chers amis à l'intérieur et l'extérieur de l'université.

Malika

Sommaire

Liste des abréviations.

Liste des tableaux.

Listes des figures.

Introduction …… 01

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : généralités sur les fromages

1. Historique……..……. 04
2. Définition……..…… 04
3. Constituants de fromage……..... 05
3.1. Protéines……..……..…….……. 05
3.2. Calcium…….……...……. 05
3.3. vitamines……...…… 05
3.4. Lipide..…...…….……...…… 06
3.5. Sodium….…….……. 06
4. principales étapes de fabrication du fromage…….……...……. 06
4.1. Coagulation ou caillage…….…….……..……. 07
4.2. Égouttage…….……...…….……..... 07
4.3. Salage ……..…….…….... 08
4.4. Affinage 08
5. les grandes familles de fromage…..... 09
5.1. Fromage frais …..... 09
5.2. Fromage à pâte molle à croute lavée ou fleurie…….…… 09
5.3. Fromage à pâte pressée……..……. 09
5.4. Pâtes dures……...……. 10
5.5. Pâte filées…..... 10
5.6. Le Fromage fondu..... 10
5.7. Les Fromages à pâte persillée …… 11

Chapitre II : fromages analogues

1. Historique…… 12
2. Définition…. 12
3. Importance des fromages analogues ……. 13
3.1. Simplicité de fabrication et économie …… 13
3.2. S'attaquer au problème de pénurie de lait…. 13
3.3. Compléter la pénurie de fromages…… 13
3.4. Diversité des fonctionnalités et stabilité…. 14
3.5. Aspects nutritionnels et sanitaires…… 14
4. classification des fromages analogues ……. 14
5. les ingrédients utilisés dans la formulation des fromages analogues:……..... …… 16
5.1. Protéine…… 17
5.2. Amidon ……. 18
5.3. Cheddar……... 18
5.4. Poudre de lait…. 19
5.5. Matière grasse…… 19
5.6. Sels émulsifiantes ……. 19
5.7. L'eau……. 21
5.8. Préfonte……. 21
5.9. Divers additives ……... 22
6. Procédé de fabrication……... 23

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre I: Matériel et méthodes

L'objectif de travail …. 25
I. Matériels et méthodes …. 25
I.1. Matériels
I.1.1. Matières premières utilisées…. 25
I.1.2. Procédé de fabrication. ……..… …… 27
I.1.2.1. réception /stockage des matières premières…….. … 27
I.1.2.2.preparation des matières premières …. 28
I.1.2.3. Mélange- cuisson et crémage……... 28

I.1.2.4. conditionnement…..... 28
I.1.2.5. Stockage…..... 29
I.1.3.Type de préparation fromagère au niveau de fromagerie ……..…..….. …… 31
I.1.3.1.préparation fromagère pasteurisée(en barre et en boite)……..……. 31
I.1.3.2. préparation alimentaire spéciale pizza …….……. 31
I.2.Méthodes…… 32
I.2.1. les méthodes de prélèvement physico-chimique de la matière première……..... 32
I.2.1.1. poudre de lait …..... 32
I.2.1.2. cheddar ……..……..…… 32
I.2.1.3. produit fini…..... 32
I.2.2.methode d'analyse physico-chimique……..……. 33
I.2.2.1.L'analyse physico-chimique de la matière première ……..... 33
I.2.2.1.1. poudre de lait……..……. 33
a) Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).……..... …. 33
b) Détermination de l'acidité titrable…….. 33
c) La teneur en matière grasse……...…….. 34
I.2.2.1.2. Cheddar…….....…… 35
a) Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)……. …. 35
b) Détermination de l'extrait sec total(EST)……. 35
c) Détermination de la teneur de matière grasse (MG) par la méthode Acido-butyromètrique…….…….. 36
I.2.2.2. L'analyse physico-chimique de produit fini……...……. 36

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1.résultats des analyses physico-chimiques……..... 37
II.1.1. matière première……..……... 37
II.1.2. Produit fini…….……. 38
Conclusion générale……...…….…….. 40
Références bibliographiques
Annexes

Liste des abréviations

Liste des abréviations

FA	Fromage analogue
AFNOR	Association française de normalisation
Aw	Activité de l'eau
°D	Degré Dornic
EMF	Enzyme de Fromage Modifié.
EST	Extrait sec total
FAO	Food and Agriculture Organisation
FDA	Alimentation et La Drug Administration
G/S	Grasse / Sec
H (%)	Humidité
UHT	Ultra Haut Température
MG	Matière grasse
MGV	Matière grasse végétale
MGLA	grasse laitière anhydre
MP	Matière première
Na Cl	Chlorures de sodium
OMS	Organisation mondial de santé
Ph	potentiel d'Hydrogène

Liste des figures

Figure N°1 : Différent types de substituts ……..15

FigureN°2 : Fabrication de fromage analogue……...24

Figure N°3 : Diagramme de fabrication de fromage analogue……..……..34

Liste des tableaux

Tableau N°1 : Classification approximative des fromages en fonction de la teneur en calcium……..... 05

Tableau N°2 : Les ingrédients utilisés dans la fabrication de fromage analogue…… 16

Tableau N°3 : Taux d'incorporation des acides et des sels de fonte…… 20

Tableau N°4 : Analyses physico-chimique du cheddar…… 37

Tableau N°5: Les résultats du contrôle physico-chimiques de la poudre de lait à 26% de matière grasse……..... 37

Tableau N°6 : Les résultats physico-chimiques de la poudre de lait à 0% de matière grasse……. 38

Tableau N°7: Les résultats des analyses physico-chimiques des trois types du fromage……..... 38

Introduction

Introduction

La production mondiale des produits laitiers augmente constamment au fil du temps; en particulier dans le groupe des produits laitiers transformés. La consommation des fromages devrait continuer à représenter la plus grande part à un taux annuel moyen de 1,6% ***(Masotti et al, 2018***).

Les projections du marché global du fromage présente une croissance régulière attribuable à différents facteurs tel que le changement du mode de vie des consommateurs, l'innovation dans les types des fromages et leur polyvalence, et l'élargissement des applications du fromage dans notre alimentation et en tant qu'ingrédient dans la transformation des aliments ***(Chandan et Kapoor, 2011; Guinee, 2016).***

Dans ce contexte, le marché des produits apparentés au fromage se développe plus rapidement que celui des fromages naturels ***(Masotti et al, 2018).*** Tout d'abord, en grande partie en raison d'une augmentation considérable dans la consommation des pizzas et le fait que le fromage est l'un des éléments les plus coûteux d'une pizza, l'attention s'est portée sur le développement du substitut du fromage ***(Bachmann,2001).***

Les fromages analogues sont des produits similaires au fromage qui remplacent partiellement ou totalement le fromage ou y ressemblent, et dans lesquelles les matières grasses laitières, les protéines laitières ou les deux sont partiellement ou totalement remplacés par des composants non laitières, principalement d'origine végétale **(Guinee et al, 2004).**

La production des fromages analogues (FA) a été soutenue et adressée principalement pour obtenir des alternatives moins chères et plus saines, pour augmenter la variété de l'alimentation et pour répondre aux attentes des consommateurs dans des applications finales spécifiques. Autres aspects positifs qui distinguent FA de son homologue naturel, la souplesse de composition, l'emploi des différents ingrédients fonctionnels, une fabrication sur mesure pour personnaliser les fonctionnalités, l'emballage pratique et la facilité d'utilisation et les propriétés de texture, de saveur et de cuisson relativement stables par temps froid espace de rangement. Ces aspects positifs ont fait le succès d'FA ***(Fox et al, 2017).***

Les substituts de la Mozzarella à faible teneur en humidité, du Cheddar, du Monterey Jack et du Cheddar transformé pasteurisé sont les principales variétés FA ***(Guinee, 2007)***.

Une augmentation de la production de nouvelles variétés, y compris les fromages analogues (FA), répondant à la croissance la demande sur les marchés laitiers en développement est attendue ***(Masotti et al, 2018).*** Cependant, le manque, de toutes les statistiques détaillées rend impossible d'indiquer la place qu'occupe le fromage analogue sur le marché mondial. Un marché important est développé aux États-Unis. La production globale en 2000 est estimée de 2 millions de tonne/an, qui est l'équivalent de 13% de la quantité total de fromages ***(Guinee et al, 2004).***

Dans ce contexte, le présent travail vise une meilleure connaissance de la composition de ces fromages analogues. Hormis l'introduction et la conclusion, ce travail, est organisé en trois grandes parties : La première partie consiste en une étude bibliographique sur le fromage le et le fromage analogue. La deuxième partie est un exposé du matériel et des méthodes mis-en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Une bribe de cette partie a été consacrée aux analyses physicochimiques des fromages avec les protocoles expérimentaux. Les résultats sont ensuite développés dans le chapitre II de cette partie où ils sont aussi discutés.

PARTIE I :

Etude bibliographique

Chapitre I
généralités sur le fromage

1. Historique

Avec l'expansion de l'industrie laitière à la fin du XIXe siècle, les pays producteurs de fromage se sont intéressés pour les raisons économiques, à la tache de conservation des protéines laitières pour atteindre cet objectif deux orientations ont été envisagées :

- l'amélioration de différentes sortes de fromage afin de leur assurer une meilleureconservation.
- la mise au point d'une nourriture protéine d'un type nouveau, stable et de grande valeur nutritionnelle.

Les premières tentatives de stabilisation thermique des fromages ont été réalisées autour de 1890 en Allemagne, où trois sociétés ont appliqué le procède d'apprentissage de Fromage à pâte molle.

Quelques temps après aux pays bas, le procédé étant tendu à des fromages à pâte presse non cuite qui se permit d'apporter plus d'un million de boites des 300 g à partir de 1900 .parallèlement, on travaillait en Suisse à la stabilisation de fromage à pâte dure.

Plusieurs brevets ont été publiés entre 1894 et1900 notamment en Allemagne, laissant peu à peu percer le principe fondamentale de la solubilisation des protéines après un échange d'ions à chaud en phase aqueuse.

Cependant, c'est à deux industriels suisses W .GERBER et F.STETTLER que fut attribuée en 1911 la pat unité de la fabrication industrielle de fromage fondu à Thun, à partir de citrate de sodium et d'emmental ***(Boutonnier, 1999).***

2. Définition

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. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage**.** ***(JOFR, 2007).***

3. Constituants du fromage

Protéine, calcium, vitamine, riboflavine, vitamine A et D sont, parmi les constituants du fromage, ceux dont la valeur nutritionnelle mérite le plus d'être étudiée.

3.1. Protéines :

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce sont des aliments les plus riches en protéines. Ces protéinesproviennent de la caséine modifiée, au cours de l'affinage, une partie importante se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, différentes selon la microflore, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur. Du fait de cette protéolyse les protéines de fromage sont aisément digestibles. La haute valeur biologique du fromage lui est conférée par sa composition en acides aminés très intéressante sur plan nutritionnelle **(*Dillon* et *Berthier*, 1997).**

3.2. Calcium :

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois le taux de calcium varie selon le mode de fabrication. Tout comme le calcium du lait, le calcium de fromage est bien assimilé par l'organisme (tableau n°1). (***Dillon* et *Berthier*, 1997).**

Tableau N°1 : classification approximative des fromages en fonction de la teneur en calcium (**Dillon et Berthier, 1997).**

Pâtes pressées cuites	**1000 à 1200mg**
Pâtes pressées	600 à 900mg
Fromage fondu, fromage persillés	500 à 700mg
Pâtes molles à croute lavée	400 à 800mg
Pâtes molles à croute fleurie	200 à 500mg
Fromage de chèvre	100 à 300mg
Fromage frais	60 à 100mg

3.3. Vitamines :

La teneur en vitamines liposolubles, essentiellement vitamines A et D, accessoire ment vitamine E, est directement fonction de la richesse du produit en lipides, laquelle peut varier

de 0 % dans certains fromages frais à 70 % dans les produits enrichis en crème. Quant à la teneur en vitamines hydrosolubles, celle-ci varie considérablement selon les fromages .En effet, elle est le résultat de deux facteurs opposés : la perte qui survient au moment de 1 égouttage et l'enrichissement qui survient en cours d'affinage. C'est ainsi que les vitamines du groupe B sont en grande partie éliminées avec le lactosérum au cours de l'égouttage (25 % seulement étant retenu dans le caillé) et que la vitamine C est intégralement éliminée.

En compensation, les microflores bactérienne et fongique synthétisent plusieurs vitamines du groupe B: on constate un enrichissement en riboflavine, acide pantothénique, pyridoxine et acide folique dans le fromage fini, parfois aussi en thiamine et vitamine B12. Dans certains cas, au contraire, on note une diminution de la teneur en certaines vitamines : par exemple, l'acide folique est consommé par les bactéries lors de la maturation des fromages fermentés. Pour toutes ces raisons, une teneur moyenne des fromages en vitamines B n'a guère de signification (***Dillon et Berthier ,1997).***

3.4. Lipides :

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte de fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipase microbienne, une lipolyse limitée avec formation d'acide gras libre qui peut aller de 0.25% de la matière grasse dans le camembertet jusqu'à 6.4% dans le camembert très affiné. Certains de ces acides gras sont volatiles ***(Dillon et Berthier, 1997).***

3.5. Sodium

Le salage de caillé est employé pour plusieurs raisons. outre le fait que le chlorure de sodium intervient pour relever la saveur de fromage, on l'utilise pour limiter la prolifération de certaines moisissures indésirables et pour régler l'humidité du caillé (**Dillon et Berthier, 1997).**

4. Principal étapes de fabrication du fromage

Compte tenu de son caractère très périssable, le lait subit de nombreux traitements ayant pour but de prolonger sa durée de conservation et d'éliminer tout risque avec la santé du consommateur. Il existe deux types de traitement thermique : la stérilisation et la pasteurisation ***(Adrian, 1987).***

La stérilisation se fait à une température supérieure à 100°C. Elle a pour but de détruire l'ensemble des germes. Pour la stérilisation du lait commercialisé UHT (Ultra HautTempérature), la méthode vise la réduction du nombre de germes thermophiles par un facteur de 10^9 fois afin de prévoir une marge de sécurité (***Alais, 1984).***

La pasteurisation se fait à température inférieure à 100°C et ne vise à détruire que les germes pathogènes présents sous forme végétative. La pasteurisation est couplée à la réfrigération afin de stabiliser le produit ***(Alais, 1984).***

4.1. Coagulation ou caillage :

La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine (déstabilisation de l'état micellaire original de la caséine) sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique. Celles-ci entrainent la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. 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 ***(Eck et Gillis, 1997).***

- Coagulation par acidification lactique : Sous l'action des bactéries lactiques, le lait s'acidifie progressivement. Cette acidification entraîne une neutralisation des charges négatives portées par les caséines, au même temps se produit une déminéralisation progressive des micelles qui se désintègrent en sous-unités.
- Coagulation par action de la présure. Diverses enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait. Elles sont soit d'origine animale (présure, pepsine), soit d'origine végétale (broméline, ficine), soit d'origine microbienne (enzymes de certaines moisissures ou de bactéries) (***Ramet, 1985).***
- La coagulation mixte, qui résulte de la combinaison de l'acidification et de l'action des enzymes coagulants, donne un gel « mixte ».

  L'expression « mixte » (lactique et présure) s'applique à un caillé qui peut présenter un caractère plus ou moins présure ou lactique ***(Goudéranch et al, 2001).***

4.2. L'égouttage :

C'est la séparation du caillé et du petit-lait en douceur, on obtiendra des fromages plus souples et assez humides, tandis que le fait de couper le caillé va entraîner une perte plus importante de lactosérum et donner des fromages plus durs. Plus les morceaux seront petits,

plus le fromage final sera dur et sa texture fine. Le lactosérum est évacué une fois atteinte l'acidité souhaitée ***(Harbutt, 2009).***

4.3. Salage

Constitue une phase importante de la fabrication de beaucoup de fromages à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés ; il consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, au taux moyen de 2 %.(***Ramet ,1985)***

Il a un triple rôle:

- il complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte.
- il règle l'activité de l'eau (a_w) du fromage et par là favorise, retarde ou oriente le développement des micro-organismes et les activités enzymatiques au cours de l'affinage.
- il relève la saveur du fromage et masque ou exalte le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage.

Salage s'effectue en deux procédés : Le salage à sec des fromages par saupoudrage à la main ou à la machine ; ou en Saumure par immersion dans un bain généralement saturée en sel ***(Goudéranch.H et al,2001).***

4.4. Affinage :

L'affinage va permettre un développement de la flore de surface ; La protéolyse et la lipolyse de la pâte de surface ; ledéveloppement des qualités organoleptiques, flaveur et texture ***(Goudéranch.H et al, 2001).***

La majorité des fromages subissent alors une maturation qui va modifier leur aspect, leur composition, leur consistance, leur valeur nutritive, leur saveur et leur arôme, l'affinage correspond à un ensemble de dégradations enzymatiques, simultanées ou successives, du substrat (le caillé) préparé par la coagulation et l'égouttage. Il constitue un processus très complexe en raison de la nature du substrat, de la diversité des agents responsables, de la variété des transformations et du nombre de produits formés. Il est dominé par plusieurs phénomènes biochimiques dont les plus importants sont la fermentation du lactose, la dégradation enzymatique des protéines et l'hydrolyse de la matière grasse. Les protéines sont hydrolysées en éléments de plus en plus simples et à sapidité croissante: polypeptides, peptides, acides aminés, ammoniac. La dégradation de la matière grasse est surtout notable

dans le cas des pâtes persillées. Les triglycérides sont hydrolysés en acides gras et glycérol, eux-mêmes pouvant être transformés en résidus plus sapides et aromatiques (aldéhydes, cétones).

5. Les grandes familles des fromages

5.1. Fromages frais :

Le fromage frais résulte de la coagulation lente du lait par action de l'acidification combinées ou non à celle d'une faible quantité de présure. Le fromage frais présente une grande diversité selon le degré d'égouttage et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. ***(Michel et al, 2000).***La technologie des fromages est définie par son caractère acide dominant. Les modalités de la fabrication sont orienté pour obtenir une pâte de fromage fortement humide, acide, peu minéralisé et à faible cohésion (***Remet,*****1997**).

La consommation de la grande majorité des fromages frais intervient directement après égouttage sans affinage ; ils sont appréciés pour leurs caractéristiques d'onctuosité et de gout acidulé. Pour les produits pâteux ***(Remet*****, 1997**)

5.2. Fromages à pâte molle, à croûte lavée ou fleurie :

Les pates molle constituent une vaste famille de fromage cette famille regroupe aussi bien des produits traditionnels représentés par de nombreux fromages d'appellation d'origine, que des produits industriels plus modernes qui ont été développés dans le secteur fromagère ***(Remet* ,1997).**

5.3. Fromages à pâte pressée :

Les catégories des fromages à pâte pressée désignent un ensemble de fromages très variés dans leur composition, leur format et leurs aspects extérieur (croûte sèche ou présence d'une couverture microbienne).Les traites dominant de cette technologie sont les suivantes :

Une sélection rigoureuse de la qualité de lait est indispensable pour prévenir différent accident en cour de fabrication. La coagulation à caractère enzymatique dominant est obtenue par l'emploi des doses élevées en enzyme coagulant.

L'égouttage caractérisé par sa rapidité ; essentiel de lactosérum est éliminé pendant le travail en cuve par application d'un ensemble de traitements physiques.

Les pâtes pressées se divises en 2 sous familles :

- Pâte pressée non cuite : ne subissent pas de chauffage ou cuisions lors de brassage en cuve. Leur matière sèche est comprise entre 44 et 55% ; seule le cheddar est plus sec (63%).
- Pâte pressée cuite : elles subissent une cuisson (52-55 °C) pendant 30 - 60 min) lors de travail en cuves afin d'effectuer un égouttage plus poussé pour atteindre un extrait sec final 60% à 63% (***Remet,*****1997).**

5.4. Pates dures :

Ce sont des fromages saisonniers élaboré pondant la période de haut produit de lait en été ; Leur teneur en extrait sec (64 à 72%), en faitde véritables fromages de garde dont la conservation peut atteindre 2 à 3 ans. Leur technologie se rapproche de celle des fromages à pâte pressée cuite : le tranchage est poussé et le brassage est effectué à chaud pendant 1 à 2 heures avec une montée en température 55-58 °C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. La croûte est séchée et brossée régulièrement, parfois huilée (***Remet***, **1997).**

5.5. Pates filées :

Ce sont des fromages d'origine italienne comme la mozzarella ou le provolone. Ces fromages présentent une grande analogie avec la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin du brassage en cuve. Apres soutirage du lactosérum, les grains sont alors pressés, laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à obtenir un pH de 5.5-5.20,nécessaire pour avoir un bon filage. Le caillée est ensuite découpé en lamelles. Celles-ci sont alors immergées dans l'eau ou le lactosérum 70-85°C, pendant 10 à 20 min afin de favoriser l'élasticité et le filage. Le conditionnement est varié ; il peut être sous forme de balle, de cylindre ou de disque (***Remet*** **,1997)**

5.6. Fromages fondus :

Le fromage fondu est un produit obtenu par le mélange de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante, jusqu'à obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur. On peut ajouter d'autres matières premières d'origine laitières (beurre, poudre de lait) au ou incorporées d' ingrédientsaromatique. Ce fromage présente plusieurs avantages parmi lesquels ; c'est t'un produit stable par traitement

thermique, ceci lui confère d'excellentes qualités de conservation et une bonne commercialisation, (***Chamber et, Daurelles,*** 1997).

5.7. Les fromages à pâte persillée :

La catégorie de fromage à pâte persillée regroupe plusieurs fromages caractérisés par un développement interne de la moisissure bleue *Penicillium roqueforti.* Leur nombre assez restreint est issu principalement de la transformation du lait de vache, du lait de brebis et de bufflesse, rarement de chèvre.

Il existe deux grandes classes de bleus fort : bleu d'Auvergne, de Laqueuille, roquefort, sont à caractère mixte avec dominance lactique et les bleu doux : bleu de Gex, de Bresse, fourmes, gorgonzola ont une dominance enzymatique (***Remet, 1997).***

Chapitre II
Les fromages analogues.

1. Historique :

La production du fromage fondu a débuté en Europe, et pourrait dater du milieu des années 1890. Les fromages naturels ont une durée de conservation limitée et en fonction de nombreux facteurs (c'est-à-dire le niveau d'humidité, les conditions sanitaires pendant les étapes de fabrication et les conditions de stockage du produit), celle-ci peut aller de quelques semaines à quelques années ***(Tamime, 2011).***

Il est possible de suggérer que l'idée du fromage fondu est née du désir de prolonger la durée de conservation du fromage naturel ou de développer un nouveau type de fromage au goût plus doux ou plus stable. À la même époque, des développements commerciaux ont été réalisés en Allemagne pour l'exportation de fromages à pâte molle à courte durée de conservation, par exemple le camembert le brie et le limburger, qui étaient obtenus en chauffant les fromages dans des boîtes métalliques. Des méthodes de transformation similaires ont également été mises au point pour les fromages néerlandais, mais c'est en Suisse que le processus a connu le plus de succès grâce à l'utilisation du citrate de sodium). ***(Tamime, 2011).***

La production commerciale de fromage fondu a commencé sérieusement en Europe et aux États-Unis entre 1910 et 1920. Les techniques de production étaient basées sur le cheddar et d'autres variétés de fromage, et utilisaient des citrates ou des phosphates comme sels émulsifiants. Ces premières tentatives pour produire du fromage fondu de bonne qualité ont eu un succès limité, mais le procédé s'est généralisé dans les années 1930 lorsque les sels émulsifiants (par exemple les polyphosphates et d'autres types) sont apparus sur le marché ***(Tamime, 2011).***

Le fromage analogue est fabriqué à partir de mélanges de produits laitiers et/ou de protéines et graisses/huiles non laitières. Il a été suggéré par Shaw (1984) qu'en réponse à l'augmentation des coûts de fabrication du fromage fondu, les produits d'imitation ont été développés pour répondre à la demande dans les établissements de restauration rapide tels que les pizzerias, pour les aliments cuisinés et les aliments formulés **(*Bachmann, 2001).***

2. Définition :

Les fromages analogues sont des produits similaires au fromage dans lesquels la matière grasse, ou les protéines du lait ou les deux sont partiellement ou totalement remplacés par des composants non laitier, principalement d'origines végétales ***(Massoti, 2018).***

Réglementation de la FDA aux Etats-Unis, précisent qu'un fromage analogue est considéré comme une imitation s'il substitue et ressemble au fromage, mais il est inférieur sur

le plan nutritionnel; l'infériorité nutritionnelle implique une réduction de la teneur d'un nutriment essentiel présent dans une quantité mesurable, mais n'inclut pas une réduction de la teneur en calories ou en matière grasse (***Guinee, 2016).***

Le fromage analogue peut prendre plusieurs nominations tels que : artificiel, synthétique, imitation, substitut, spécialité fromagère. ***(Bachmann, 2001).***

3 .Importance des fromages analogues

Les facteurs qui ont conduit au développent du fromage analogue sont:

3.1. Simplicité de fabrication et économie

Le fromage naturel coûte plus cher que ses substituts. Le coût de production de l'imitation de fromage peut être considérablement inférieur à celui de leurs homologues naturels. En plus des économies dans l'équipement et les procédés de fabrication, la substitution de la graisse du lait par l'huile végétale qui est moins coûteuse et l'absence totale de maturation permet une production plus rapide***. (Guinee,2004).***

Simplicité de fabrication à partir des matières premières et matériaux facilement disponibles ***Guinee ,2011).***

3.2. S'attaquer au problème de pénurie de lait :

Dans les pays en développement où les produits laitiers sont coûteux et en quantité insuffisante, les substituts laitiers préparés à partir de légumineuses constituent une alternative nutritive ***(Santos, Resurreccion, et Garcia, 1989***). Le court d'approvisionnement de la production laitière dans certaines régions du monde a suscité l'intérêt accru pour l'utilisation d'ingrédients de substitution de sources végétales dans les produits de certains analogues laitiers (***Bachmann, 2001).***

3.3. Compléter la pénurie de fromages :

Le fromage non laitier peut être utilisé en remplacement partiel ou total du fromage naturel dans des produits tels que la pizza, les enchiladas, les plats de macaroni, la fondue, les mélanges de trempettes, les cheeseburgers, etc. Dans les pays en développement, où les produits laitiers surtout les fromages sont chers et produits en quantité insuffisante, Les substituts de fromage préparés à partir d'ingrédients laitiers et/ou non laitiers fournissent une alternative et peuvent être utilisés pour compléter la pénurie defromage sur le marché. ***(Santos, Resurreccion, et Garcia, 1989).***

3.4. Diversité des fonctionnalités et stabilité :

Leurs stabilité est relativement élevée lors du stockage à température réfrigérée, leurs texture et de leurs propriétés de cuisson sont aussi préservés. Néanmoins, par rapport au fromage naturel, les FA ont une image de marché très inférieure (et non naturelle), et en général ont tendance à être de second ordre dans un certain caractère fonctionnel, des caractéristiques telles que l'extensibilité/la rigidité à la chaleur, un effet qui tend à s'accentuer en fonction de la teneur en protéines qui est inférieure. (***Guinee ,2011).***

3.5. Aspects nutritionnels et sanitaires :

Il y a un intérêt toujours croissant des consommateurs pour l'alimentation les produits qui contiennent moins de matières grasses totales, les graisses saturées, le cholestérol et les calories. Ces produits sont utiles pour contrôler le poids corporel et réduire le risque cardiaque et les maladies des artères (***El-wahed et Hassaniien, 2019***).

Les FA avec des attributs texturaux et fonctionnels personnalisés, et/ou avec des attributs nutritionnels (faible teneur en sel, en graisse et en cholestérol ; enrichissement minéral) sont capables de répondre à des besoins alimentaires spécifiques et à certaines exigences de santé, par exemple, sans lactose, faible teneur en calories, faible teneur en graisses saturées, enrichie en vitamines ils peuvent servir comme véhicule pour des bienfaits ou compléments pour la santé (***Guinee ,2011).***

4. classification des fromages analogues (figure 1).

Les fromages analogues peuvent être classés arbitrairement comme produits laitiers, partiellement laitiers, ou non laitiers, selon que les composants gras et/ou protéique sont à partir source laitière ou végétale ***(Guinee, 2016).***

- Les fromages analogues laitiers:

Sont fabriqués à partir des protéines laitiers et des matières grasses laitières ***(Guinee, 2016)***; les FA laitiers sont produis en faible quantités, car leurs coûts de fabrication sont plus élevés que ceux des fromages naturels en raison du surcoût lié à la préparation des ingrédients ***(Masotti et al, 2018*).**

- Les fromages analogues laitiers partiels :

Fabriqué à partir des protéines laitières et d'huile végétale ***(Guinee 2016)***. Par rapport aux fromages, ce groupe de FA est à un prix raisonnable en raison de l'utilisation d'huiles végétale moins chères au lieu de la matière grasse du lait et de remplacement partiel de protéine par l'amidon et/ou d'autre hydro colloïdes***. (Masotti et al, 2018).***

- Les analogues non laitiers (synthétiques**) :**

Utilisant d'huiles végétale et protéines végétales ***(Guinee, 2016). (****En* grande partie obtenus à partir des protéines et des graisses végétales), représentent une opportunité de marché pour les fromages végétaliens. Généralement, la substitution de la caséine par des protéines végétales entraîne une texture altérés des FA ***(Masotti et al, 2018).***

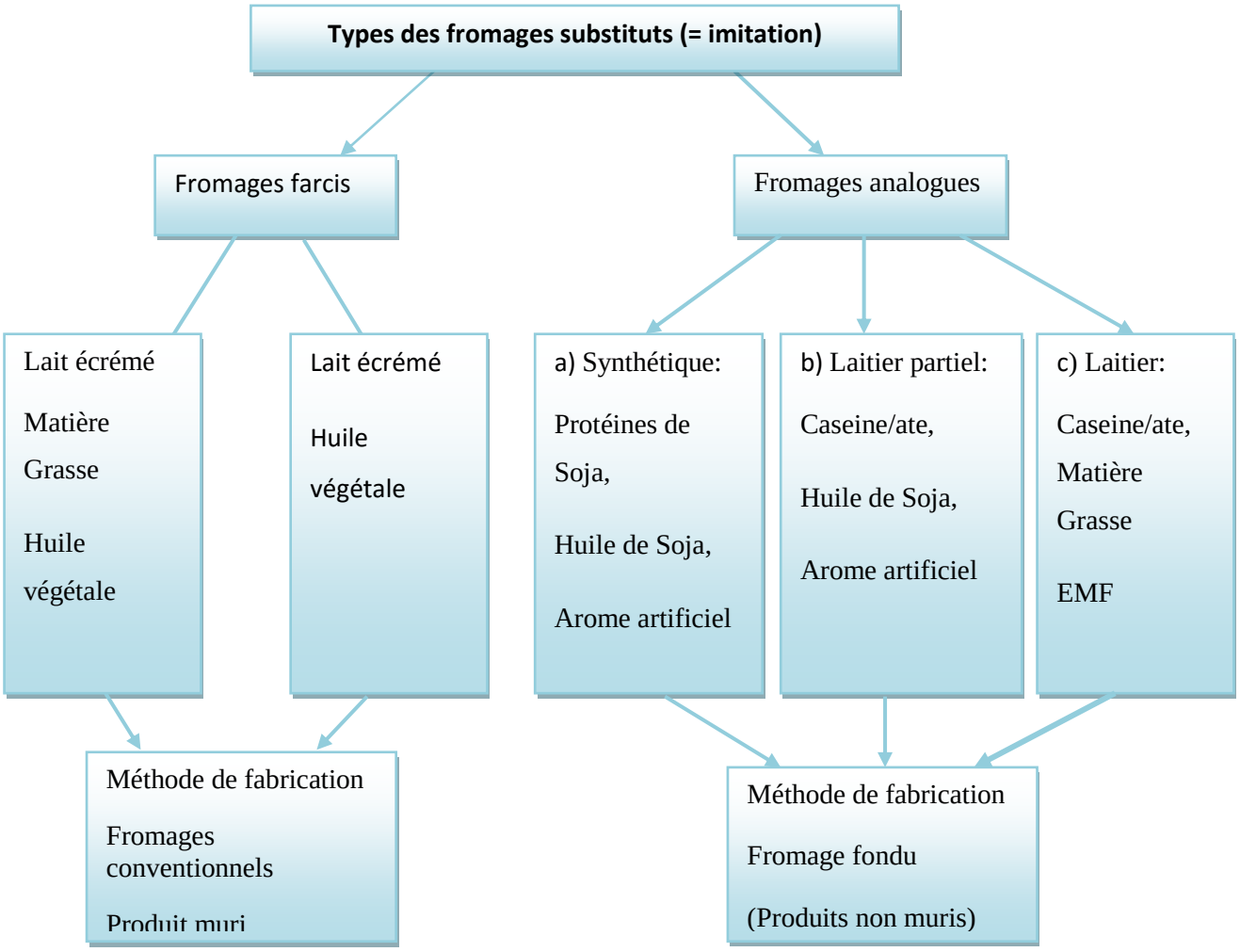


Figure 1 : différents types de substitutes selon Shaw 1984 ***(Guinee, 2001.)***

5. les ingrédients utilisés dans la formulation des fromages analogues:

Fromage analogue est fabriqué à partir d'une formulation contenant une protéine et une matière grasse ainsi que des additifs fonctionnels (acide, sels émulsifiants et stabilisateur ainsi qu'un arôme, un inhibiteur de moisissures et des colorants etc.) comme le montre le tableau n°2.

Tableau N°2 : les ingrédients utilisés dans la fabrication des fromages analogues ***(Guinee, 2011).***

Type d'ingrédient	Fonction principale/effet	Exemples
Matière grasse	Donne la composition souhaitée, la texture et l'aptitude à la fusion. La MG donne la saveur laitière	Beurre, matière gras laitière anhydre, les huiles de soja, de maïs, de palme,naturelles ou partiellement hydrogénés.
Protéine laitière	Donner la composition souhaitée, une texture semi-dure avec une bonne aptitude au râpage, et un écoulement et une plasticité.	Caséine ; caséinate, protéine de lactosérums*
Protéine végétale	Remplacement de la caséine. Réduction des coûts en raison de faible cout par apport à la caséine, ils sont rarement utilisés en raison de défauts de produits.	Protéines de soja, protéines d'arachide, et le gluten de blé
Amidon	Remplacement de la caséine. Réduction des coûts.	Formes natives et modifiées d'amidon de maïs, riz, ou fécule pomme de terre
Stabilisateurs Sels émulsifiants	Aider à la formation d'un produit stable d'un point de vue physicochimique. modifier les propriétés texturales et fonctionnelles.	Le phosphate de sodium et citrate de sodium.
Hydrocolloïdes	Améliorer la stabilité du produit, modifier les propriétés texturales et fonctionnelles.	gomme de guar ; gomme de xanthane ; carraghénanes

Agents acidifiants	Permettent le contrôle du pH dans le produit fini.	Des acides organiques, par exemple lactique, acétique, 1citrique, phosphorique.
Aromes et exhausteurs de goût	Accentuer la saveur.	EMF, distillats de départ, extraits de fumée de bois, des épices, du chlorure de sodium, extrait de levure.
Colorants	Donner la couleur désirée.	Annatto, paprika, couleurs artificielles
Conservateurs	Retarder la croissance des moisissures. Prolonger la durée de conservation	Nisin, sorbate de potassium,propionate de calcium/sodium.
Préparations vitaminées et minérale	Améliorer la valeur nutritive.	Oxyde de magnésium, oxyde de zinc,fer, palmitate de vitamine A, riboflavine ,thiamine, acide folique.

*les protéines de lactosérums sont principalement utilisées dans les produits destinées aux applications de cuisson où une résistance à l'écoulement est requise.

Les ingrédients autorisés sont soumis à la réglementation en vigueur dans la région de fabrication.

5.1.. Protéines :

- Protéines d'origine laitière :

La production des FA avec protéines d'origine laitière sont préférés, en particulier, la caséine présure et la caséinate prévalent pour leur fonctionnalités inhérentes (par exemple : l'hydratation ; émulsification des graisses). Il a été également rapporté que les caséines acides et les caséines présures sont caractérisées par une saveur de bouillon/animal ***(Masouti et al ,2018).***

- Caséines /caséinates:

La caséine se présente généralement sous forme d'une poudre granuleuse, de couleur blanc jaunâtre, soluble en milieu alcalin, mais insoluble dans l'eau (***Fox et al, 2000).***

La principale source de protéines dans les fromages analogues à base de lait ou de produit laitière est la caséine acide ou la caséine présure, généralement la caséine présure, en particulier dans les fromages analogues en bloc semi-dur ; les caséinates sont utilisées principalement dans les produits de fromage analogue à tartiner (***Guinee, 2016).***

- protéines végétales (Substitution des protéines de lait) :

En raison du coût relativement élevé des caséine/caséinate, beaucoup d'efforts ont été Investi dans leur remplacement partiel par des substituts des caséines comme les protéines végétales de sources diverses (soja ; graine de coton ; arachide ; pois) **(*Guinee, 2011).***

- Protéine de soja :

Les produits à base de soja tels que le lait de soja et les protéines de soja jouent un rôle important dans les industries laitières comme substituts à faible coût des protéines du lait ***(Bechmann, 2001).***Nous avons constaté que le lait de soja réduisait le temps de coagulation lors de la fabrication de fromage ***(Santos,Resurreccion et Garcia, 1989).***

- Protéines d'arachides :

Le caillé fabriqué à partir de lait d'arachide a été utilisé dans la préparation d'une pâte à tartiner de type d0e fromage fondu, l'utilisation d'une telle pate comme ingrédient de base dans la fabrication d'une pâte à tartiner imitant le fromage présente plusieurs avantages ; premièrement ; la pâte, qui contient environ 25% de protéines et 45% d'huile, constituerait un complément alimentaire idéal dans les régions du monde ou la malnutrition protéio-calorique est répondue. Deuxièmement, l'utilisation d'arachide cultivée localement rendrait le produit moins cher à produire que les substituts de fromage fabriqué à partir d'ingrédients laitiers importés **(Santos, Resurreccion *et Garcia, 1989).***

5.2 .Amidon :

Les amidons ont été employés pour la diversification des textures ; l'amélioration de l'esthétique des produits ; la simplification de la déclaration du label ; la réduction des coûts de production ; la garantie de la consistance des produits et pour prolonger la durée de conservation ***(Taggart et al, 2009).***

L'amidon de maïs natif est utilisé de préférence, tandis que les amidons d'autres sources ou modifiés (c'est-à-dire pré gélatinisés, modifiés chimiquement ou enzymatiquement) sont

utilisés moins fréquemment. L'amidon natif peut être utilisé à des niveaux de 3,0 % pour remplacer environ 15 % de la caséine totale dans le fromage analogue **(Mounsey et O'riordan, 2001).**

La fécule de riz a montré un potentiel de remplacementpartielle de caséine à faible coût dans le fromage d'imitation en raison de sa faible teneur en amylose et de sa capacité de gonflement limitée; elle a donné de bonnes propriétés rhéologiques et fondantes au produit résultant ***(Mounsey et O'riordan, 2001).***

5.3. Cheddar :

Il est largement consommé à la fois comme un fromage de table et comme ingrédient dans divers plats culinaires tels que les soupes et les sauces (***Guinee, 2016).*** L'utilisation du cheddar (c'est-à-dire le goût doux, moyen ou mature) peut consister en différents rapports (***Tamime, 2011)***.

5.4. Poudre de lait :

Les poudres de lait (c'est-à-dire le lait entièrement déshydraté) sont des produits solides, dans lesquels l'eau est retirée du lait, du lait demi-écrémé ou du lait écrémé ou de la crème ou d'un mélange de ceux-ci. **(Hickey, 2009)**

Sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait et l'évaporation autant que possible de sorte que l'eau est perdu et le lait devient poudre ***(Arie et al, 2012).***

La poudre de lait tend à améliorer la qualité et la stabilité des produits transformés **(Tamime, 2011).**

5.5. Matière grasse :

Il est préférable de formuler les aliments avec des ingrédients qui contribuent à réduire les risques pour la santé humaine, comme dans le cas du remplacement des graisses animales par des huiles végétales, pour donner des aliments à faible teneur en cholestérol et en graisses saturés ***(El-wahed* et *Hassaniien, 2019)***.

Dans les FA laitiers, le composant gras est d'origine laitière, c'est –à- dire la matière grasse anhydre, le beurre, ou la crème. Inversement, dans les FA classé comme partiellement laitiers, la source d'huile /graisse peut être la matière grasse du lait en plus de l'huile /graisse

végétale. Les sources de matière grasse typique sont l'huile de soja, huile de palme, huile de colza, ou leurs graisses hydrogénées correspondantes ***(Massoti et al, 2018).***

5.6. Sels émulsifiants :

Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les sels de sodium de l'acide phosphorique et l'acide citrique ***(Chambre etDaurelle, 1997).***

Certains sels émulsifiants importants utilisés dans le fromage analogue sont examinés ci-dessous (tableau n°3) :

Tableau N°3. Taux d'incorporation des acides et des sels de fonte ***(Boutonnier, 2002).***

Code Européen	Type d'acide ou de sel de fonte	Taux d'incorporation réglementaire
E 330	Acide citrique	Quantité suffisante (1)
E 331	Citrates de sodium	20 mg.kg–1 au total
E 338	Acide orthophosphorique	20 mg.kg–1 au total
E 339	Orthophosphatesde sodium	20 mg.kg–1 au total
E 340	Orthophosphates de potassium	20 mg.kg–1 au total
E 341	Orthophosphates de calcium	20 mg.kg–1 au total
E 450	Diphosphates de sodium, potassium et calcium	20 mg.kg–1 au total
E 451	Triphosphates de sodium et potassium	20 mg.kg–1 au total
E 452	Polyphosphates de sodium, potassium et calcium	20 mg.kg–1 au total

(1) Aucune toxicité n'a été démontrée ; aucune DJA (dose journalière admissible) n'a donc été fixée.

Les principales propriétés pour lesquelles les sels de fonte sont utilisés sont :

- Pouvoir Chélatant :

Il peut être défini comme l'aptitude à fixer des cations métalliques pour former des complexes solubles. Cette propriété de séquestration qu'ont les polyphosphates permet de retirer le calcium du système ***(Chambre et Daurelles, 1997).***

Il en résulte un réarrangement des molécules protéiques et l'exposition des groupes hydrophiles. L'évolution du calcium au cours de ce processus est donc un point important, de même que l'état des phosphates et secondairement, celui du potassium et du Magnésium **(Horne, 1998).**

- Le pouvoir tampon :

En combinaison avec les acides organiques, les sels agissent comme tampons pour maintenir le pH au-dessus du point isoélectrique de la protéine. Un composant acide de qualité alimentaire peut être utilisé dans les compositions d'imitation de fromage pour ajuster le pH dont les valeurs vont de 4,7 à 6,0 environs et, de préférence environ 5,1 à 5,7 pour des considérations de goût ***(Bachmann, 2001)***.

- Effet bactériostatique :

Les sels émulsifiants les plus couramment utilisés sont les phosphates et citrate, en utilisant les phosphates et les citrates ensembles, on obtient un type de fromage ayant une propriété antimicrobienne, le produit conserve mieux des microorganismes (***Badem et Uçar, 2016).***

Dans la pratique, le taux maximal de sels de fonte autorisé varie selon les pays jusqu'à 3% dans la formulation ***(Chambre et Daurelles, 1997).***

5.7. L'eau :

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire, c'est-à-dire avec une faible teneur en microorganismes et en contaminants chimiques tels que les nitrates ***(Gliguem et al, 2009).***

Elle peut être apportée sous forme liquide en une ou plusieurs fois à différents moments de la fabrication mais toujours froide afin d'assurer une quantité d'eau de condensation constante lors du chauffage. Dans le cas des traitements thermiques de type stérilisation UHT,

cette eau est injectée sous forme de vapeur dans une plage de 120 à 140°C et sous une pression de 2,105 à 4,105 Pa ***(Marshall, 1990; Berger et al, 1993).***

5.8. Pré fonte :

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit du produit dans l'atelier en fin de production et notamment au niveau du conditionnement. On a constaté en pratique que lorsqu'elle était refondue, la préfonte se comportait sur le plan de la chimie des colloïdes comme un fromage fondu ayant été exposé depuis un certain temps déjà aux phénomènes chimiques, physiques et mécaniques du processus de fonte. Ainsi, la préfonte transmet fortement ce processus physicochimique de modification de la structure au fromage fraîchement fondu auquel elle est ajoutée. Dès lors, le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de préfonte ***(Berger et al, 1993***).

5.9. Divers additives :

5.9.1. Aromes et saveurs :

La propriété négative la plus importante d'un fromage analogue est sa saveur, qui est fade et non comparables à celle du vrai fromage, l'utilisation d'un système d'arômes est donc également très important (***Vitova et al, 2012***). Le premier objectif de l'aromatisation des produits de fromage fondu est de les fournir au consommateur avec un choix plus large, ce qui peut entraîner une augmentation de la consommation. Une large gamme d'arômes a été utilisée dans les produits de fromage fondu (***Tamime, 2011).***

Ces analogues aromatisés sont très similaires et difficiles à distinguer des fromages naturels ***(Bachmann, 2001).*** Certains sont artificielles alors que d'autres peuvent être naturels comme la gamme des fromages a pate modifiée par des enzymes (EMF) ***(Bachmann, 2001***), Les EMF sont des fromages qui ont traités enzymatiquement pour rehausser la saveur de ce fromage ***(O'Riordan et al, 2011),*** épices, aromates et plantes aromatiques ***(JORF, 2007).***

5.9.2. Conservateurs :

Un autre additif largement utilisé comme conservateur dans les produits de fromage fondu est généralement connu sous le nom de bactériocines. Il s'agit des composés polypeptidiques produits par de nombreuses bactéries lactiques, ils peut inhiber la croissance des micro-

organismes pathogènes et indésirables dans les produits laitiers et alimentaires. Un exemple d'une telle bactériocine, qui a été commercialisée, est la nisine qui est produite par certaines souches de *Lactococcus* l sp. Il a été démontré que la nisine possède une activité antibactérienne contre les bactéries Gram positives, telles que les spores résistantes à la chaleur ***(Tamime, 2011).*** Ainsi que le sorbate de potassium, et/ou le propionate de

calcium /sodium qui sont utilisés comme conservateurs pour inhiber ou retarder la croissance des microorganismes ***(Masotti, 2018).***

5.9.3. Agents de textures :

Ce sont des hydrocolloïdes qui, en présence d'eau ont un fort pouvoir épaississant voire gélifiant et une action stabilisante vis-à-vis de l'eau du produit. Ils peuvent être d'origine animale (gélatine), végétale (amidon, gommes de guar, de caroube, alginates, carraghénanes…) ou produits par voie fermentaire (gommes xanthane) ***(Kizilo et al,2009).***

Leur rôle est d'améliorer la consistance et l'onctuosité de la spécialité fromagère, et permettent d'éviter toute synérèse et par conséquent faciliter le décollement de l'emballage au contact du produit, L'association entre agents de texture et sels de fonte donne d'excellents résultats tant sur le plan de la stabilisation physicochimique que sur le plan de la sensation en bouche ***(Guinee, 2002 ; lucey ,2003).***

5.9.4. Agents acidifiants :

L'ajout d'agent acidifiants permet d'abaisser la valeur du pH, à des valeurs moyennes de 6.0-6.6 pour un FA générique, les agents acidifiants sont notamment l'acide acétique, adipique, citrique, lactique, malique, et phosphorique, les plus fréquemment utilisés en FA sont l'acide citrique ou lactique ***(Masotti, 2018).***

6. Procédé de fabrication (figure n°2) :

La fabrication des fromages analogues consiste à mélanger des ingrédients sélectionnés et à les chauffer pour produire une émulsion huile dans l'eau fondue stable après refroidissement. Il existe plusieurs façons de fabriquer un fromage analogue et le processus peut varier en fonction de la formulation et, en particulier, de la source de protéines utilisée. Quelle que soit la formulation, le processus de fabrication tend à être rapide et simple.

En général, l'eau et la caséine sous forme de poudre sèche sont mélangées à une température de 50°C en présence de sels émulsifiants, L'ajout de sels émulsifiants entraîne une augmentation du pH du mélange (pH ~8-9). Un pH élevé pendant le traitement entraîne une plus grande séquestration du calcium par les sels émulsifiants de phosphate de sodium et se traduit par un degré plus élevé d'hydratation de caséine. Les lipides peuvent être ajoutés à ce stade, mais un certain nombre de travailleurs ajoutent des lipides au stade d'hydratation des protéines pour aider à prévenir la surhydratation et l'agglutination" de la caséine. Quand la caséine hydratée et le lipide sont mélangés, la température du mélange est portée à ~80° C (cela peut varier, mais se situe généralement dans la fourchette 70-95◦ C), en utilisant de la vapeur directe ou indirecte par injection jusqu'à ce que la température souhaitée soit atteinte, cette opération dure généralement de 4 à 6 minutes. La cuisson et l'agitation se poursuivent jusqu'à l'obtention d'une masse plastique homogène et lisse, sans huile ou eau libre présentes dans le cuiseur. À ce stade, les acidifiants, tels que l'acide citrique, peuvent ajoutés pour ajuster le pH du fromage analogue à une valeur finale souhaitée. Une fois cuits, le produit fromager est déchargé du cuiseur, refroidi rapidement et stocké à une température de 4°C ***(Tamime,2011).***

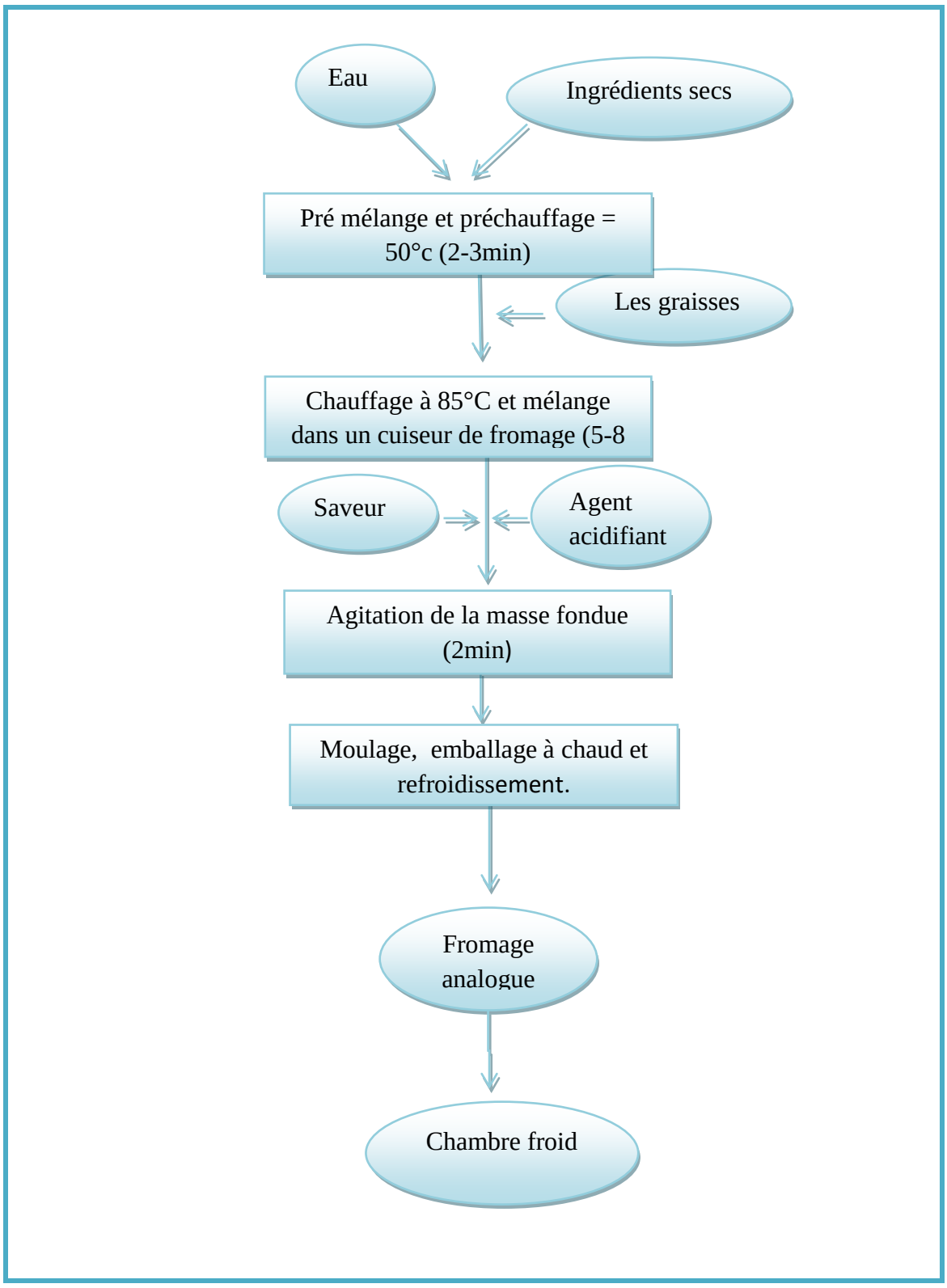


Figure N° 2: Diagramme de Fabrication du fromage analogue ***(Tammine, 2011).***

PARTIE II

Etude expérimentale

Chapitre I :

Matériel et méthode

L'objectif du travail :

Ce travail a été réalisé dans le but de contrôler la composition et la qualité physicochimique et hygiénique de la préparation fromagère. L'autre objectif est d'améliorer la qualité nutritionnelle du produit fini; en ajoutant un additif naturel qui confère au produit ses propriétés fontionnelles.

Le contrôle de la qualité doit vérifier la conformité des produits à des normes spécifiques dans le but :

- D'assurer un produit dépourvu des micro-organismes susceptible de provoque des altérations et des intoxications,
- garantir une bonne qualité hygiénique. et marchande du produit fabriqué,
- garantir un bon rendement et donner une bonne image de l'unité.

➢ Le contrôle physico−chimiques

Il consiste à mesurer les différents paramètres tels que pH, l'acidité matière grasse, Extrait sec, des matières usagées y compris le produit fini, pour les comparer aux normes exigées et faire une correction en cas d'anomalie.

➢ Le contrôle microbiologique

Ce type de contrôle vise :

✓ D'une part à vérifier l'absence des germes pathogènes et la présence en nombre limité de microorganismes indicateurs d'hygiène.

✓ D'autres parts contrôler l'absence de germes ayant des incidences technologiques défavorables. Il s'agit des spores, des levures, ainsi des microorganismes tels que les coliformes, staphylocoques, salmonelles.

I.1. Matériel :

Matière première :

- ➢ Amidon modifié.
- ➢ Amidon natif.
- ➢ Poudre de lait à 0% et à 26% de matière grasse.
- ➢ Les sels de fonte.
- ➢ Sels de table (Na Cl).
- ➢ Matière grasse végétale (huile de palme).

- Cheddar.
- Eau.

I.1.1. Matière première utilisée :

- Poudre de lait :

C'est une poudre de lait à 0 et 26% de MG, importée de l'Argentine. Elle est livrée à l'unité dans des sacs en papier de 25kg de poids net. On utilise les deux types de poudre pour atteindre un certain taux de protéines qui se situe entre 3 et 5%.

- Cheddar :

Le cheddar est une pâte de fromage destinée à la fonte. Le pays producteur est Irlande, il est importé sous forme de bloc conditionnés dans un emballage en plastique d'un poids net de 20 kg . Le cheddar est conservé dans une chambre froide à +4°C.

- Matière grasse végétale :

Huile de palme constituée de glycérides, de cholestérol, et des acides gras saturés et insaturés. Importée de l'Indonésie et conditionnée en bloc dans un film plastique et dans des cartons, le bloc du MG est d'un poids net de 20kg. A Conserver dans un endroit frais et sec.

- Les sels de fonte :

Les sels de fonte sont des ingrédients de base, qui rentrent dans la fabrication du fromage fondu. Dans la réglementation française et dans les normes FAO/OMS (1976), les sels de fontes sont autorisés et utilisés en faible quantités par rapport au fromage à raison de 3%, ils sont importés de la Thaïlande dans des sacs de 25kg de Poids net.

- Sels de table (NaCl):

Il Agit sur la saveur, il a une action sélective sur les MO se trouvant dans les fromages. Il est Importé dans des sacs de poids de 1 kg d'origine local (Bejaia).

- Sorbate de Potassium :

Est un conservateur, antioxydant, et stabilisant de fromage, sert à inhiber la croissance de certain MO, il est sous forme granulaire dans des sacs de poids net 25 kg, ce produit est d'origine Chinoise.

- Carraghénanes et xanthane :

Sont des agents de de texteure et épaississant. Sont des produits locaux ramenés de Béjaia dans des sacs de poids 25 kg : E407 carrageenan, E415 xanthanet dextrose .

- Acide citrique : E330 acidifiant

C'est un additif ajouté à la fin de fabrication du fromage dans le but d'ajuster le pH du produit et d'avoir une meilleure stabilité. Ce produit est ramené dans des sacs de poids net de 25kg.

- L'amidon :

L'amidon est employé dans la production des fromages pour des raisons esthétiques des produits, il participe aussi à la prolongation de la durée de conservation, mais le plus important c'est qu'il permet de réduire le cout de production.

les amidons utilisés dans la fromagerie :

- ✓ **Amidon natif :** Amidon de maïs de poids net de25kgd'origine de Türquie
- ✓ **Fécule de pomme de terre :** de Poids net 25kg l'origine européenne UE
- ✓ **Amidon modifié :**

– Amidon de maïs modifié chimiquement E1450 importé d'U.S.A. dans des sacs de poids net 22.7 kg.
– Amidon de maïs modifié chimiquement E1422 importé d'U.S.A. dans des sacs de poids net 25 kg.

- Eau :

La quantité d'eau ajoutée dans les fromages est déterminée en tenant compte de la quantité d'agents humectant et de l'eau délivrée à l'état de vapeur (condensat) de la cuisson.

I.1.2. Procédé de fabrication : (Diagramme de la figure 11).

I.1.2.1. Réception / stockage des matières premières :

La matière première est réceptionnée puis stockée, soit à la température ambiante pour la poudre de lait, l'amidon, sel de font…, ou bien à une température comprise entre 4 et 6 ºC pour le cheddar et la matière grasse végétale.

I.1.2.2. Préparation des Matières Premières :

Dans cette étape on prépare les matières premières nécessaires pour la production, selon la procédure suivante:

- Déballage :

Il consiste à séparer les MP des contenants (emballage) selon ce qui est affiché dans un tableau dans lequel on trouve toutes les consignes nécessaires ; et aussi on trie les produits selon leurs natures (poudre, liquide), avec la vérification de la bonne qualité gustative à leurs utilisations.

- Pesée :Dans une salle de pesage ont pèse toutes les poudres telle que l'amidon les sels de fonte, la poudre de lait ...
- Les autres procédés tels que le broyage de cheddar et fusionnement de la MGV se font dans d'autres salles (ateliers).

I.1.2.3. Mélange– cuisson et crémage :

Le mélange des différentes variétés de fromage avec les autres produits laitiers et non laitiers incorporés avec les sels de fonte, se fait dans le mélangeur. Le mélange est porté dans des pétrin pour une cuisson et un brassage simultané , après 2 à 3 min de cuisson on obtient une pate homogène, lisse et crémeuse. La vapeur d'eau est utilisée pour la pasteurisation du mélange à une température allant de 90-95 °C pendant10 min.

Remarque : la préparation alimentaire spéciale pizza ne subit pas de crémage.

I.1.2.4. Conditionnement :

La crème est envoyée vers la salle de conditionnement pour qu'elle soit conditionnée et emballée afin assurer sa conservation, son transport et sa commercialisation.

On distingue le conditionnement primaire, secondaire et tertiaire:

- Le conditionnement primaire: le produit est directement contenu dans l'emballage, ce dernier comprend plusieurs formats :

La barre de 280g, 720g et 1.6 kg.

La boite de 400g, 1 kg, 2 kg et 2.4 kg.

Le boyau de 250g, 500g, 1kg et 2,1kg.

Après le conditionnement primaire on passe au **r**efroidissement qui doit se faire rapidement mais sans trop de brutalité pour éviter les condensations d'eau qui pourraient se produire à l'extérieur des emballages.

- Le conditionnement secondaire qui protège le premier et joue un rôle promotionnel (boite en carton).
- Le conditionnement tertiaire ou d'expédition qui regroupe des produits et sert au transport, à l'identification et au stockage (caisse en carton).

I.1.2.5. Le stockage:

Pendant le stockage il faut éviter l'écrasement des produits par surcharge et le mouillage et éviter l'exposition au soleil et le stockage à des températures trop élevées, les températures idéales de stockage sont entre 10 et 15°C.

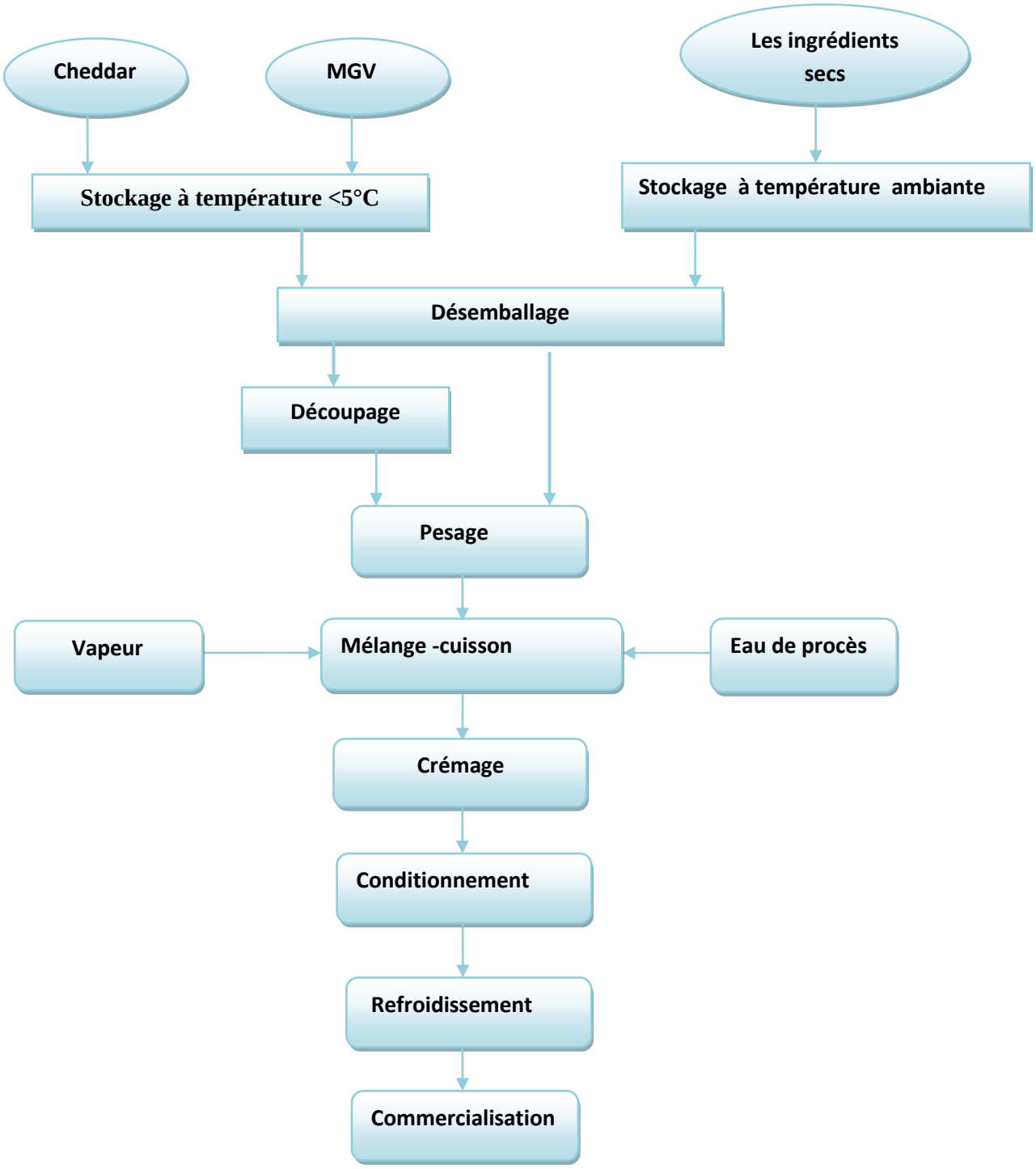


Figure N°3 : Diagramme de fabrication de fromage analogue

I.1.3. Type de préparation fromagère au niveau de Fromagerie:

I.1.3.1. Préparation fromagère pasteurisée (en barre et en boite) :

Définition :

C'est une préparation fromagère fabriqué à partir du cheddar, eau, graisse végétale, sels de fonte (émulsifiant ; ayant subit un traitement thermique de 92°C pendant 10 min, lui permettant une conservation de trois mois).

Composition :

Lait en poudre, matière graisse végétale, fromage cheddar ,eau ,émulsifiants: les sels de fonte (SIN339 SIN450 SIN452) ajoutés selon les bonne pratique de fabrication , régulateurs d'acidité: acide citrique (SIN330) ajoutés selon les bonnes pratiques de fabrication, épaississant :carraghenane (SIN407) ajoutés selon les bonnes pratiques de fabrication, sel de table (annexe 2).

Caractéristique de la pâte :

Gout et odeur: Franc, caractéristique des matières premières sans gout prononcé de cuisson. Couleur et aspect: homogène a surface lisse, brillante, de couleur crème a jaunâtre

I.1.3.2. Préparation alimentaire spécial pizza :

Définition :

C'est une préparation fromagère fabriqué à partir de poudre de lait, eau, graisse végétale, fécules de pomme de terre, amidon de maïs, sels de fonte (émulsifiant) ; ayant un traitement thermique 96°C pendant 10 min, lui permettant une conservation de six mois.

Compositions :

Lait en poudre, matière graisse végétale, eau ,fécules de pomme de terre, amidon modifiée émulsifiants :les sels de fonte (SIN339 SIN450 SIN452) selon les bonne pratique de fabrication, régulateurs d'acidité: acide citrique (SIN330) selon les bonnes pratiques de fabrication, épaississant :carraghenane (SIN407) selon les bonnes pratiques de fabrication, sel de table .

Caractéristiques de la pâte :

Gout et odeur : Franc, caractéristique des matières premier sans gout prononcé de cuisson Couleur et aspect : homogène à surface lisse, brillante, de couleur crème a jaunâtre (annexe 3).

I.2. Méthodes

I.2.1. Les méthodes de prélèvements de la matière première :

Durant notre partie expérimentale, nous avons effectué le prélèvement de la matière première à Partir du même lot.

I.2.1.1. La poudre de lait à 0% et à 26% de matière grasse:

Pour la poudre du lait, le prélèvement a été effectué à partir d'un sac de 25 kg, choisi aléatoirement de la palette de stockage et cela à l'aide d'une louche préalablement stérilisée.

Le prélèvement se fait à partir du fond du sac et cela dans une atmosphère stérile c'est-à-dire en présence toujours de la flamme bleue qu'on dispose approximativement de l'ouverture du sac de la poudre ; la poudre prélevée est introduite dans un bécher stérile.

I.2.1.2. Le cheddar:

Pour le cheddar, on le prélève à partir d'un bloc de cheddar de 25 kg. Ce bloc a été choisi aléatoirement de la Platte de stockage, l'ouverture de l'emballage est réalisée par un couteau stérilisé ainsi que le découpage des morceaux du cheddar qui sont introduits aseptiquement dans un bécher stérilisé qui sera par la suite bien fermé.T out cela doit être réalisé dans une ambiance stérile.

I.2.1.3. Produit fini

Le prélèvement du produit fini, s'effectue directement en retirant au hasard :

- Un boyau pour la préparation alimentaire pizza.
- Et pour la préparation fromagère pasteurisée une barre et une boite.

I.2.2.Méthodes d'analyse physico-chimique

Le contrôle physico-chimique des matières premières et des produits finis, concerne la détermination des différents paramètres (pH, EST, MG et acidité).

Il présente l'avenage de signaler toute erreur de fabrication et toutes les modifications des paramètres au cours de processus de fabrication et nous renseigne sur le traitement possible à appliquer.

I.2.2.1. L'analyse physico-chimique des matières premières

I.2.2.1.1. Poudre de lait :

a) Détermination du pH : (AFNOR1986)

Principe :

Le principe de Cette méthode est la dispersion du lait sec dans l'eau distillée avec mesure directe du pH à l'aide d'un pH mètre.

Mode opératoire :

Dans un bécher, on va peser 3 ± 0,003 g de l'échantillon, on ajoute 30 ml d'eau distillée fraichement bouillie et refroidie, on mélange à l'aide d'une baguette en verre, jusqu'à complète dispersion de la prise d'essai.

Lecture :

La valeur du pH est lue directement sur le pH mètre.

b) Détermination de l'acidité titrable (AFNOR 1986):

- **Principe** :

La méthode de dosage de l'acidité titrable permet de quantifier la teneur totale de l'acide lactique présent dans le lait. Le titrage est réalisé par une solution de NaOH N/9 en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine 1%).

- **Mode opératoire :**

Dans un bécher de 150 ml, on introduit 3g de poudre de lait avec 10 ml d'eau distillée qu'on mélange avec une baguette en verre, on ajoute 2 gouttes de phénolphtaléine, et on titre par la solution d'hydroxyde de sodium (N/9), jusqu'à l'apparition d'une couleur rose.

c) La en teneur en matière grasse :(ISO 1736)

➢ **Principe :**

Le dosage de la teneur en matière grasse de la poudre du lait est effectué par la méthode Acido- butyromètre à l'aide d'un butyromètre « GERBER » gradué. Le principe de cette méthode est d'attaquer par l'acide sulfurique les matières non grasses qui sont dissoutes libérant ainsi les lipides, et ceci grâce à l'alcool iso-amylique et une centrifugation(1200 tr/min) pendant 5 minutes.

➢ **Mode opératoire :**

Dans un butyromètre, on introduit respectivement:

- 10 ml d'acide sulfurique.
- 2,5g de la poudre du lait.
- 8,5 ml d'eau distillée.
- 1 ml d'alcool iso amylique.

Après avoir fermé le butyromètre, on tourne 5 à 10 fois jusqu'à la dissolution complète de la Poudre du lait.

Le butyromètre est ensuite déposé dans un bain marie à température de 65°C pendant 5 minutes, après cette période, le butyromètre est déposé dans la centrifugeuse à 1200 tr/mn pendant 5 minutes.

➢ **Lecture :**

Les résultats sont obtenus selon la formule suivante :

$$MG\% = (N1-N2)* 100$$

Où :

N1 : la valeur atteinte par Le niveau supérieur du butyromètre.

N2 : la valeur atteinte par le niveau intérieur du butyromètre.

MG : la teneur en matière grasse (exprimée en pourcentage).

I.2.2.1.2.Cheddar :

a) Détermination du pH : (AFNOR1986)

- **Principe** :

Cette méthode décrit la mesure de l'acidité ionique du fromage, elle consiste à introduire délicatement l'électrode du pH-mètre dans le fromage en réglant le correcteur de la température

- **Lecture** :

La valeur du pH est lue directement sur le pH mètre.

b) Détermination de l'extrait sec total (AFNOR, 1986)

- **Principe :**

Cette méthode repose sur la dessiccation par évaporation d'une quantité déterminée de la prise d'essai.

EST : est exprimé en pourcentage

- **Mode opératoire :**

Étaler d'une façon homogène 3 g de l'échantillon sur un creuset préalablement pesé, mettre dans l'étuve à température 105°C pendant 3heures et déclencher le processus de séchage.

- **Lecture :**

La détermination de la matière sèche est donnée automatiquement après arrêt de l'appareil à ce moment aucune perte de poids n'est détectée. Le creuset contenant l'échantillon séché sera refroidi dans un dessiccateur et séché.

$$H\% = \frac{(Pcv + Pe) - Pf}{Pe} \times 100$$

$$EST\% = 100\% - H\%$$

Où :

Pcv : Poids de creuset vide.

Pe : Poids de l'échantillon.

Pf : Poids final

c) Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrometrique:(AFNOR, 1986).

- **Principe :**

La méthode GERBER (butyromètrique) : Son principe est basée sur la dissolution des éléments de fromage par addition d'acide sulfurique (d=1,575) et la séparation de la matière grasse dans un butyromètre, la séparation étant favorisée par l'addition d'une quantité d'alcool iso amylique. Le mode opératoire est déjà décrit précédemment.

I.2.2.2. Analyse physico-chimique des produits finis

Les contrôles physico-chimiques effectués sur le produit fini sont la détermination du pH, l'extrait sec et la matière grasse, dont les méthodes sont déjà décrites précédemment.

Chapitre II:

Résultats et discussion

II-1-Résultats des analyses physico-chimiques :

II-1-1-Matières première:

Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière première (Cheddar, Poudres de lait à 26 et à 0% de MG) sont portés dans les tableaux N°4, 5 et 6.

Tableau N^{0}4: analyses physico-chimique du cheddar**.**

Paramètre	Cheddar	Norme AFNOR 1986
PH	5,34	5.1-5.5
EST(%)	63	61-69%
MG	34.5	30-38%

*Les analyses sont effectuées au niveau de l'unité.

Le pH du cheddar qui est de l'ordre de 5.34, et en accord avec la norme AFNOR.

Selon **Eck (1987),** le pH joue un rôle très essentiel sur le plan organoleptique (texture et gout), un pH acide < 5 est favorable au développement des levures et moisissures qui ont une grande affinité pour les milieux acides, un pH optimal permet de maintenir l'équilibre chimique du produit.Il est considéré comme régulateur de milieu (acido-basique) et comme un paramètre très important dans la conservation du produit.

La norme (AFNOR) Fixe l'extrait sec total entre 61-69% ; nous remarquons que notre résultat qui est de 63%, est compris dans cette fourche.

Ainsi que la MG qui est 34,5 % est en accord avec la norme cité dans le tableau 1.

Tableau N°5: les résultats physico-chimiques de la poudre de lait à 26% de matière grasse :

Paramètre	Poudre de lait à 26%	Norme AFNOR 1986
PH	6.43	6-6.6
Acidité	18	15-18 °D
MG(%)	25	26 %
EST(%)	96.5	>96 %
H%	3.5	2-4 %

*Les analyses sont effectuées au niveau de l'unité.

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait, à 26% de matière grasse, sont regroupés dans le tableau n°2 qui nous révèle que l'EST, la MG et le taux d'humidité sont conformes à la norme AFNOR.

La poudre de lait utilisée au niveau de l'unité à un taux de 26% de matière grasse, cette teneur a été adaptée durant le processus de fabrication pour éviter les risques de d'auto-oxydation rapide de la matière grasse durant la conservation en évitant la prolifération de la flore lipolytique.

Tableau N° 6 : les résultats physico-chimiques de la poudre de lait à 0% de matière grasse :

Paramètre	Poudre de lait à 0%	Norme AFNOR 1986
PH	6,23	6 - 6.6
Acidité	17	15-18 °D
EST(%)	96	> 96 %
H (%)	4	>4 %

*Les analyses effectuées au niveau de l'unité.

Les résultats mentionnés dans le tableau n°3, nous montrent que les valeurs du pH, Acidité, MG, l'EST, Humidité, sont en accord avec cette norme.

II-1-2-:Produit fini :

Les résultats des analyses physico-chimiques des trois échantillons analysés sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau N°7: les résultats d'analyses physico-chimique de trois types de fromage.

	Pôt	F.T.E	Barre	F.T.E	Boyau	F.T.E
PH	5,65	5 – 6	5,71	5- 6	5,78	5 -6
EST%	33,2	30 – 40	40.8	35– 45	51.11	47-55
MG%	17	17– 22	15	13– 17	25	20-25
G/S %	51,2	/	36,7	/	44,2	/
H%	66.8	60 – 70	59,22	55 – 65	48,89	53-55

*Les analyses sont effectuées au niveau de l'unité.

F.T.E : la fiche technique de l'entreprise.

Les résultats des analyses physicochimiques de fromage en pôt, en barre et le boyau sont regroupés dans le tableau n°7 et nous révèlent que pH, l'EST, la MG, M/G et le taux d'humidité sont conformes à la fiche technique de l'entreprise.

Les différents rapports G /S augmente sensiblement en fonction de la quantité de matière premier ajoutée pour les trois types de fromage. Cette augmentation est due à l'amidon incorporé dans la préparation fromagère.

Conclusion

Conclusion :

Au cours de notre durée de 3 jours de stage au niveau de l'entreprise **ZIRIFI**, Nous avons pu suivre le processus de fabrication de la spécialité fromagère des différents types : préparation alimentaire spéciale pizza, et préparation fromagère en pôt et en barre.

Cette étude a été conduite dans le but de l'appréciation de la qualité de ces produits, cette dernière a été appréciée sur la base de son acidité, du taux de la matière grasse et la teneur de l'extrait sec totale dans la matière première, et dans le produit fini. Notre objectif visait aussi à l'élaboration d'une nouvelle préparation fromagère à valeur nutritionnelle améliorée. Les conditions de confinement dû à la pandémie ont été un empêchement majeur pour finaliser le travail et atteindre les objectifs.

Les sels de fonte ont un rôle très important pour le maintien du pH des produits fabriqués dont la norme est compris entre 5-6. La teneur en extrait sec total est aussi en accord avec les normes.

La Spécialité fromagère est l'une des principales sources alimentaire les plus importantes car elle est riche en calcium, protéines, lipides, et vitamines, de haute qualité énergétique et gustative et d'une grande valeur commerciale.

Notre objectif visait aussi à l'amélioration de la valeur nutritionnelle du fromage analogue par une nouvelle formulation en introduisant des additifs à valeurs nutritionnelle élevée.

Référence bibliographique

A

- **Adrian J.,** 1987. Les vitamines, le lait matière première de l'industrie laitière, 2 volume2, première édition, p26.
- **AFNOR 1986** : Méthodes d'analyses du lait et ses produits laitiers recueil des noms françaises 2eme edition ,580p.
- **Alais C.,** 1984. Sciences du lait, principes des techniques laitiers, volume10, 3éme édition, p12.
- **Arei. F. F, SriKumalaningsh et Ariesta .W. (2012).**Process engineering of drying milk powder with engineering of drying milk powder with Foam mat drying method .journal of basic and applied scientific research 2(4) :3588-3592.

B

- **Bachmann H.P.2001**. Cheese analogues: a review. *International*dairy journal, vol. 11, p. 505–515.
- **Badem A. and Uçar G**. 2016.Cheese Analogues .*Journal of Food and Dairy Technology. P 2347-2359.*
- **Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K., Uhlmann G., 1993**. Volatile compounds of Swiss.
- **Boutonnier .J.L. (1999).**fabrication de fromage fondu <Agro-alimentaire F2<technique de l'ingénieur,PF 6310N°:900020PARIS >.
- **Boutonnier J.L. (2002).** Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.

C

- **Chambre M., Daurelles J. (1997).** Le fromage fondu. In: ECK A. et GILLIS. Le fromage. Ed. Lavoisier, p. 691-708.
- **Chandan,R.C.,&Kapoor,R.(2011)**.Principlesofcheesetechnology.InR.C.Chandan,&A.Kilara(Eds.).Dairy ingredients for food processing (pp. 225-266).Ames: Blackwell Publishing Ltd.

D

- **Dillon J.M et Berthier A.M. (1997).** Le fromage dans l'alimentation. In: ECK A. et GILLIS. Le fromage. Ed. Lavoisier, p. 713-724.

E

- **Eck.A, Cillis.G.C**.1997 Le fromage (2éme édition, 3éme édition) Lavoisier Tec & Doc) .
- **El-Wahed E.M.A and Hassanien M.F. (2019)**.Chemical, Rheological And Sensory Characteristics Of Processed Cheese Spread Analogues. *Carpathian journal of food science and technology. 11(1).*

F

- **Fox PFf ,Guinee TR., Cogan TM., Sweeney PL.(2000).** Fundamentals of Cheese Science», An Asen publication, volume23, 3éme edition, p 445 - 450.
- **Fox, P.F., Guinee. T.P., Cogan.T.M.,&McSweeney,P.L.H.(2017).** Fundamentals of cheese science (2nd Ed.).New York: Springer629–680.

G

- **Gliguem. H, Ghorbel D, Grabielle-Madelmont .C, Goldschmidt. B., Lesieur. S, Attia .H, Ollivon .M,Lesieur.P. (2009).** Water behaviour in processed cheese spreads DSC and ESEM study. J Therm Anal Calorim, vol. 98, p. 73–82.
- **Goudéranch. H *etCamier-caudron.B, Gassi.J-V, Schuch.P.(*2001).**procédé de fabrication fromagère (partie1).Edition technique d'ingénieur .
- **Guinee T. P. (2016).** Protein in cheese products: structure-function relationships. In Advanced dairychemistry (pp.347-415).Springer,NewYork,NY.
- **Guinee TP. (2011).**cheese cheese Analogue.
- **Guinee TP., Caric M and Kalabm.2004.** Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In: Cheese - Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2. Major cheese groups. **Fox PF, Mc Sweeney PLH, Cogan TM and Guinee TP** (Eds.), Elsevier Academic Press, London. pp. 349-394.32.
- **Guinee, T.P, Harrington D, Corcoran M.O, Mulholland' and Mullins C. (2000)**.The compositional and functional properties of commercial mozzarella, cheddar and analogue pizza cheeses .*International Journal of Dairy Technology. pp. 51-56.*
- **Guinee, T. P. (2007).** Cheese-like products. *In* P. L. H. McSweeney (Ed.). Cheese problems solved (pp. 384–386). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.

$\mathcal{H}$

- **Harbutt.J, 2010.Le** grand livre des fromages. Editions Milan.
- **Horne D.S, 1998**. Casein interactions, Casting light on the black boxes, the structure in dairyproducts. International Journal Dairy. 8: 171-177.
- **Hickey.M .2009.**Current Legislation on Concentratesd and Dried Milk Products.In: Dairy Powders and Concentrated Products.Edited by A.Y.Tamime, p.28-88.

$\mathcal{J}$

- **JORF** (**JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE), (2007).**Décret n. 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères, 10 p.

$\mathcal{K}$

- **Kiziloz M.B., Cumhur O., Kilic M.(2009).** Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. Food Hydrocolloids, vol. 23, p. 1596–1601.

$\mathcal{L}$

- **Lucey J.A., Johnson M.E., Horne D.S. (2003).** Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. Journal of Dairy Science, Vol. 86, n. 9, p. 2725-2743

$\mathcal{M}$

- **Marshall R J.** (1990).Composition, Structure, rheological Properties, and Sensory texture of processed cheese analogue .*journal of the science of food and agriculture*, 50(2), 237-252.
- **Masotti.F.Cattaneo S. Stuknyte M. & De Noni I. (2018).**status and developments in analogue cheese formulations and functionalities. *Tends in Food Science &Technology 74, 158-169.*
- **Michel Mahaut., Romain Jean., Gérard Brulé. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Éditions TEC & DOC, volume20, p194.
- **Monsey J.S, O'riordan E.D. (2001).**Characteristics of imitation cheesecontaining native starches. *Journal of food science*, 66(4), 586-591.

O

- **O'Riordan E.D, Duggan.E, O'Sullivan.M and Noroha.N. (2011**). Prpduction of cheeses analogue IN processed cheese and analogues edition by Tamime ***.Blackwell publishing Ltd,*** p219-244***.***

$\mathcal{R}$

- **Ramet J.P .1985b** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen .ETUDE FAO: PRODUCTION ET SANTE ANIMALES n °48. FAO.ROME.
- **Remet J.P**.**(1997).**technologie comparée des différents types de caillé.In: ECK A. et GILLIS. Le fromage. Ed. Lavoisier, p.334-364.

$\mathcal{S}$

- **Santos B.L, Resurreccion A.V.A and Garcia V.V**. (**1989).**quality characteristics and consumer acceptance of a peanut –based imitation cheese spread.
- **Shaw. M. (1984).**Cheese substitutes: threat or opportunity?. Journal of the society of Dairy Technology, 37(1), 27-31.

$\mathcal{T}$

- **Taggart P., Mitchell J.R.(2009).**Starch. In: Phillips G.O., WilliamsP.A.Handbook of Hydrocolloids. Second edition, WoodheadPublishing Limited, p. 108-141.
- **Tamime A. Y. (2011).** Processed cheese and analogues: An overview. Processed cheese and analogues.Vol.16.john Wiley & Sons.

$\mathcal{V}$

- **Vítova E, Loupancová B, Sklenářová K, Divišová R, Buňka F.(2012).** Identifiaction of volatile aroma compounds in processed cheese analogues based on diffrent types of fat, 66(10), 907-913.

Liste des annexes

Annexe 01 : Présentation du Lieu de stage.

L'étude du procédé de fabrication de la spécialité fromagère et certaines analyses physico-chimiques ont été effectués au niveau de l'unité faiz, d'autres analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées en dehors de l'unité, dans le laboratoire de contrôle de qualité et conformité (MADI).

❖ Fromagerie Zerifi :

- Historique de l'entreprise :

La fromagerie ZERIFI a été créée en 2007 par son patron ZERIFI ABDELKADER, elle est située à la commune de corso située à 2 Km de Boumerdes et à 42 Km d'Alger. La fromagerie occupe une surface de 420 m², sa principale fonction est la production et commercialisation des fromages, préparations fromagères, préparation alimentaires et sauces.

- Gammes des produits actuellement fabriqués et les capacités installées
  - ✓ Barre Miry et Barre Faiz:

Produits avec une capacité de 500 kg/jour pour Mirry et 100KG/J pour Faiz en format de barre de 300 ,700 gramme et 1.7 kilogramme (figure 3). Ces deux types de produit sont une préparation fromagère fondante faite à base de cheddar, de poudre de lait, graisse végétale.

✓ Spécial pizza :

Produit avec une capacité de300KG/ jour en format de boudin de 250, 500, 1000, 2100 et 6500 gramme, c'est une préparation fromagère fondante faite à base de cheddar, de poudre de lait, et graisse végétale (figure 3).

✓ Faiz pôt :

Avec une capacité de 2.5kg à 400KG/jour, ce produit est une préparation fromagère fondante faite à base de cheddar, graisse végétale (figure 3).

✓ Sauce Mayonnaise :

Produite avec une capacité de 300KG/jour dans des pots de 400 gr 700 gr 900 gr et sauce mayonnaise grand pot 3600 gr (figure 3).

- Structure de l'unité:

L'unité est composée de trois Chambres froides pour le stockage des produits, un magasin de stockage de l'emballage, un atelier de fabrication, un atelier d'encartonnage , un magasin

de pré stockage des matières premières ,un vestiaires , une bâche à eau , une administration , une cuisine, un laboratoire, un lieu d'aisance et des toilettes.

Le personnel compte 36 éléments : un responsable principal, 2 chefs d'équipe, 2 préparateurs et pesées, 5 conducteurs de cuiseur, 2 conducteurs clippeuse, 20 polyvalents et manutentionnaires, 02 chauffeurs, 1 laborantin.

Spécial Pizza	Barre Miry et Barre Faiz
Sauce Mayonnaise	Faiz pôt

Gammes des produits de l'unité ZERIFI

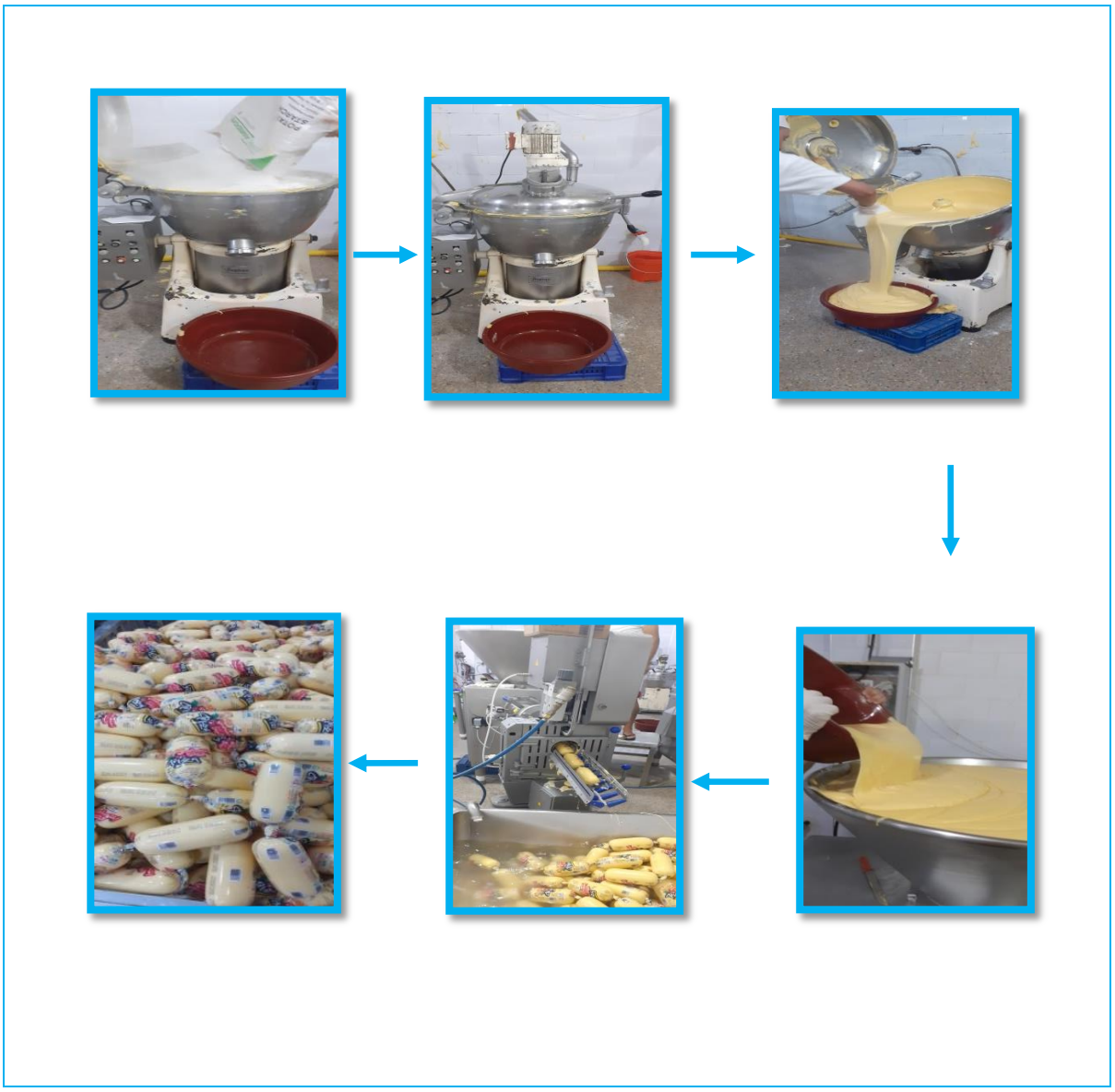
❖ Laboratoire de contrôle de qualité et conformité (MADI) :

Le laboratoire est situé au sud de la ville de Corso de la wilaya de Boumerdes, dans ce laboratoire on effectue les analyses suivantes :

- ✓ Analyses microbiologiques et physicochimiques des produits agro-alimentaires.
- ✓ Plats témoins : hôtels, restaurants, écoles,…etc.
- ✓ Dossiers technique d'importations et exportations.

Annexe 02 : Préparation fromagère pasteurisée (en barre et en boite) :

Annexe 03 : Préparation alimentaire spécial pizza :



Annexe04: Exemple de mesure du pH de la préparation fromagère

Annexe 05: La matière grasse dans les poudres de lait à 26% et 0%.

Annexe 06 : Les appareils utilisés pour la détermination de la matière grasse

Annexe 07 : Préparation de dilution de Na OH :

- La masse moléculaire de Na OH

– Na : 23g
– O : 16g
– H : 1g

⇨ 40g

NaOH à 1mol/l : c'est 40 g de NaOH dissoute qsp 1litre d'eau distillée.

Annexe 08 : préparation de l'acide sulfurique

- cas de fromage

325ml H2O, compléter à1000ml avec du l'acide sulfurique (1.840)

On obtienne la solution D : 1.575

- Cas de lait

18ml de H2O, compléter à 1000mlavecdu l'acide sulfurique (1.840)

On obtienne une solution de D : 1.820

Remarque : la solution de lait et plus concentrer que la solution de fromage.

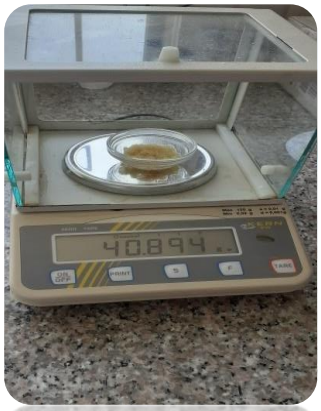
Annexe 09 : phénol phtaleine (1%)

1g de phénol phtaleine 99 ml d'éthanol.

Annexe 10: Quelques instruments utilisés pendant la pratique :

PH mètre

Dessiccateur



Balance

Annexe 11: liste d'appairages et réactifs utilisé au cour de stage

Appairage :	Réactifs :
– Bain marie. – Balance. – Bécher. – Butyromètre. – Centrifugation. – Creuset. – Dessiccateur. – Etuve. – Micro-onde. – PH mètre. – Pipette graduée.	– Alcool. – Acide sulfurique. – Na OH. – phénol phtaleine.

Liste des annexes