

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



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES

Mémoire
En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : génie de procédé

Filière : science et technologie

Option : génie alimentaire

THEME

**Influence de l'amidon ajouté à une préparation fromagère type
fromage fondu sur la qualité physicochimique et organoleptique du
produit fini.**

Présenté par : **Ait gacem Amira**
Kiche Farida

Soutenu le : 26/06/2018

Jury de soutenance :

Présidente : Mme ANNOU S.

MAA (UMBB)

Promotrice : Mme TALANTIKITE S.

MCB (UMBB)

Examinatrices : Mme YELLES F.

MAA (UMBB)

Mme LARID R.

MAA (UMBB)

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous remercions en premier lieu, Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage afin de réaliser cette étude.

Nous remercions tout d'abord le responsable de la fromagerie « ZERIFI » pour nous avoir permis d'effectuer un stage au sein de leur unité.

Nos vifs remerciements en particulier à **Mme talantikite S.** d'avoir accepté de diriger ce travail ainsi que pour ses précieux conseils et encouragements

Nous exprimons notre gratitude à **Mme YELLES.F** , pour son aide technique et ses orientations.

Nos sincères remerciements vont aussi aux membres de jury pour l'honneur qu'ils auront fait en acceptant de juger ce travail.

Nous tenons tout particulièrement à remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire.

Nous remercions aussi l'équipe de laboratoire de technologie alimentaire (FSI/UMBB) pour leur aide et leur soutien durant la période de stage.

C'est avec un réel plaisir que nous adressons nos sincères reconnaissances et notre profonde gratitude à tous ceux qui ont nous aidé de près ou de loin pour réaliser cette étude.

Farida et Amira

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents : Ma mère BEYA, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit- il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père RABAH, qui peut être fier et trouver ici les résultats de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A mes grand parents : fathma et Said

A mes frères : Mohamed, Said, youghourta

A mes chères sœurs : Nawel, Houria et leurs enfants : Chaima, Saif Elddin, Aghilas et Mariem, et ma petite sœur Chahira.

A mon oncle Rabah et ses enfants : yousra, Amina, kahina et Mohamed.

A mon binôme Amira et sa famille.

Ainsi qu'à toutes mes amies.

Farida

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes très chers parents **RABAH** et **NASSIRA** qui m'ont toujours apportés soutien et réconfort dans les moments difficiles, je ne peux que leur témoigner ma grande admiration et ma profonde gratitude pour leur compréhension et leur sacrifices tout au long de mes études.

A ma grand-mère FATIMA et grand père ALI.

A mes chères sœurs : Noura, Iman, Ahlam, Warda avec Hanane et leurs enfants : Katia, Abdel Raouf et Mohamed.

A mon cher frère : Mohamed.

A toute ma famille : oncles, tantes, mon unique cousin Mohamed et cousines.

A mon binôme Farida et sa famille.

Ainsi qu'à toutes mes amies.

Amira



Liste des abréviations :

AFNOR : association française de normalisation.

B.C.P.L : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol.

C.S.R : clostridium sulfito-réducteur

C° : degré Celsius.

D° : degré dornic.

EST : extrait sec total.

E-coli : Escherichia coli.

E.D.T.A : éthylène diamine tétra acétique.

F° : degré français.

FAO : Food and Agriculture Organization.

G : gramme.

g/l : gramme par litre.

G/S : gras sur sec

h : heure.

H : humidité.

H₂SO₄ : acide sulfurique.

pH : potentiel d'hydrogène.

MG : matière grasse.

MGV : matière grasse végétale.

Max : maximum.

Min : minimum.

ml : millilitre.

Liste des abréviations

Mg : magnésium.

NET : noir ériochrome tomponné.

OGA : gélose glucosée à l'oxytetracycline.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

T° : température.

TA : titre alcalimétrique simple.

TAC : titre alcalimétrique complet.

TH : titre hydrométrique.

VF : milieu viande foie

% : pourcentage.

µg : microgramme.

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

Tableau N°1 : la composition du lait de vache.....	02
Tableau N°2 : teneur moyenne des principales vitamines du lait.....	04
Tableau N°3 : caractères physico-chimiques du lait.....	05
Tableau N°4 : composition des laits en poudre(en%).....	12
Tableau N°5 : composition générale de la poudre de lait partiellement écrémé.....	13
Tableau N°6 : matériels et réactifs.....	31
Tableau N°7 : les résultats physico-chimiques du cheddar.....	49
Tableau N°8 : les résultats physico-chimiques de la poudre du lait à 26% de matière grasse.....	49
Tableau N°9 : les résultats physico-chimiques de la poudre du lait à 0%de matière grasse.....	50
Tableau N°10 : les résultats physico-chimiques de sels de fonte.....	50
Tableau N°11 : les résultats physico-chimiques de l'eau.....	50
Tableau N°12 : les résultats physico-chimiques des produits finis.....	51
Tableau N°13 : variation de la viscosité de différents produits.....	53
Tableau N°14 : les résultats des analyses microbiologiques du produit fini.....	56
Tableau N°15 : résultats des scores des critères goût et texture.....	58
Tableau N°16: résultats de classement du critère goût.....	59
Tableau N°17 : résultats de classement du critère texture.....	59
Tableau N°18 : les prix unitaires des ingrédients d'un fromage.....	64
Tableau N°19 : le prix de revient de fromage fondu et préparation fromagère MIRY pour 1kg.....	64

Liste des figures

Liste des figures :

Figure N°1 : diagramme de fabrication de la poudre de lait.....	15
Figure N°2 : les principales étapes de fabrication du cheddar.....	16
Figure N°3 : les principales étapes de fabrication du fromage fondu.....	25
Figure N°4 : schéma de la structure de l'amidon.....	29
Figure N°5 : diagramme de fabrication de la préparation fromagère.....	37
Figure N°6 : photo du viscosimètre « Visco Basic Plus ».....	42
Figure N°7 : photo du viscosimètre « thermo HAAKE VT550 ».....	43
Figure N°8 : schéma de la géométrie cône plan du dispositif de mesure de la rhéologie (Viscosité et contrainte) des échantillons de la préparation fromagère	43
Figure N°9 : l'extrait sec total et l'humidité en% et le pH des différents échantillons de la préparation fromagère	52
Figure N°10 : la concentration matière grasse pour les essais 1 et 2 de la préparation fromagère.....	53
Figure N°11 : l'évolution de la viscosité des différents échantillons.....	53
Figure N°12 : viscosité apparente en fonction de cisaillement des échantillons de la préparation fromagère.....	55
Figure N°13 : contrainte de cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement des échantillons de la préparation fromagère.....	55
Figure N°14 : photo des échantillons de la préparation fromagère.....	57

Sommaire

Sommaire

Introduction

Première partie : partie théorique

Chapitre I : le lait

I. Le lait	2
I.1.Définition	2
I.2.composition du lait.....	2
I.3.propriétés physico-chimiques de lait.....	5

Chapitre II : le fromage

II. le fromage	6
II.1.Historique.....	6
II.2.Définition du fromage	6
II.3.transformation du lait en fromage.....	6
II.4.Différents types du fromage	7
II.5.Composition.....	8
II.6.Valeur énergétique.....	9

Chapitre III : le fromage fondu

III. fromage fondu	10
III.1.Généralités sur le fromage fondu.....	10
III.2.Définition le fromage fondu.....	10
III.3.Différents type du fromage fondu.....	10
III.3.1.Fromage fondu type « bloc »	11
III.3.2. Fromage fondu tartinable	11
III.3.3. Fromage fondu pour la refonte.....	11
III.3.4 .Fromage fondu toastable (pour refonte).....	11

Sommaire

III.3.5. Fromage fondu thermostable.....	11
III.4.Ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu.....	11
III.4.1.Sélection des fromages	11
III.4.2.Cheddar.....	12
III.4.2.1Caractéristiques de cheddar.....	12
III.4.3. Poudre du lait.....	12
III.4.3.1. Différents types de poudre de lait	13
a) La poudre de lait entier	13
b) Le lait en poudre partiellement écrémé.....	13
c) Le lait en poudre écrémé.....	13
III.4.3.2.Propriétés chimiques et physiques du lait en poudre.....	14
III.4.4. Sels de fonte	17
III.4.4.1. Classification des sels de fontes	17
a) Les phosphates	17
b) Les monophosphates.....	18
c) Les polyphosphates	18
d) Les citrates	18
III.4.4.2. Propriétés des sels de fonte	19
a) Le pouvoir complexant ou chélatant	19
b) Le pouvoir tampon	19
c) L'effet bactériostatique.....	19
III.4.5.Eau.....	20
III.5. Procédé de fabrication du fromage fondu	20
III.5.1.Sélection de matières premières et contrôle de qualité	20
III.5.2. Ecroutage, découpage et broyage des fromages.....	20
III.5.3. Préparation de la formule	21
III.5.4. Fonte proprement dite	21
III.5.4.1. La phase de peptisation (déstructuration de la masse protéique initiale).....	21
III.5.4.2. Le « crémage »-la phase de restructuration.....	22
III.5.4.3. La phase de refroidissement	22

Sommaire

III.5.5. Homogénéisation.....	22
III.5.6. Conditionnement.....	23
III.5.7. Refroidissement du fromage fondu.....	23
III.5.8. Stockage du produit.....	23
III.6. La valeur nutritionnelle.....	24

Chapitre IV : préparation fromagère

IV. préparation fromagère.....	26
IV.1. Définition.....	26
IV.2. Dénomination	26
IV.3.Ingrédients utilisés pour la fabrication de la préparation fromagère.....	26
IV.3.1.Cheddar	26
IV.3.2.Eau.....	26
IV.3.3.Sel de fonte	26
IV.3.4.Poudre du lait.....	26
IV.3.5La matière grasse végétale.....	26
IV.3.6. Préfonte	26
IV.3.7. Les additifs alimentaires	27
IV.3.8. L'acide citrique	27
IV.3.9. L'arôme.....	27
IV.3.10. Les colorants.....	27
IV.3.11. Carraghénanes.....	28
IV.3.12. Les conservateurs.....	28
IV.3.13. Chlorure de sodium.....	28
IV.3.14. L'amidon.....	28
IV.3.14.1. Structure de l'amidon.....	29
a) L'amylose.....	29
b) L'amylopectine.....	29

Sommaire

IV.3.14.2. Utilisation des amidons alimentaires.....	30
IV.3.14.3. Rôle du l'amidon.....	30
IV.3.4.Valeur nutritionnelle de la préparation fromagère	30

Deuxième partie : partie expérimentale

Chapitre V : Matériel et méthodes

V. Objectif de la recherche.....	31
V1. Matériel et réactifs	31
V.2.Fabrication du fromage fondu au niveau de laboratoire	32
V.2.1.Matières premières.....	32
a)Cheddar.....	32
b) Poudre de lait	32
c) Sel de fonte.....	32
V.2.2. Méthode de fabrication.....	32
V.2.2.1. méthode de fabrication fromage fondu	32
V.2.2.2.Méthode de fabrication de la préparation fromagère.....	33
V.3.Les étapes de fabrication.....	36
V.4.Les analyses physico-chimiques.....	38
V.4.1. Mesure de pH.....	38
V.4.2. Détermination de la teneur en matière grasse.....	38
V.4.3. Détermination de l'extrait sec total.....	39
V.4.4. Détermination de la teneur en matière grasse sur la matière sèche « MG/MS »...	40
V.4.5. Analyse de l'eau.....	40
a)Mesure de pH.....	40
b) Détermination du titre alcalimétrique TA.....	40
c) Détermination du titre alcalimétrique complet TAC.....	41
d) Détermination de titre hydrométrique TH.....	42
V.4.6. Mesure de la viscosité	42
V.4.7 Essai rhéologique des échantillons de fromage fabriqué à l'échelle de laboratoire.	43

Sommaire

V.5. Les analyses microbiologiques.....	45
V.5.1. Matériel.....	45
V.5.2. Préparation des dilutions.....	45
V.5.3. Méthodes utilisées.....	46
a) Recherche et dénombrement des germes totaux	46
b) Recherche et dénombrement des coliformes.....	46
c) Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	47
d) Recherche et dénombrement des staphylocoques.....	47
e) Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs.....	48

Chapitre VI : résultats et discussions

VI. résultats.....	49
VI .1.Résultats des analyses physico-chimiques.....	49
VI.1.1.Le cheddar	49
VI.1.2. La poudre de lait à 26 % de matière grasse.....	49
VI.1.3. La poudre de lait à 0%de matière grasse.....	50
VI.1.4. Les sels de fontes.....	50
VI.1.5. L'eau.....	50
VI.1.6. Le produit fini	51
VI.2.résultats de la viscosité de déférents produits.....	53
VI.3.Etude des propriétés rhéologiques de la préparation fromagère fabriqué a l'échelle du laboratoire.....	54
VI.3.1.Viscosité apparente	54
VI.3.2.Contrainte.....	54
VI.4.Les analyses microbiologiques.....	56
VI.5.Evaluation sensorielle.....	57
VI.5.1. Tests sensoriels.....	57
VI.6.Etude économique	64

Sommaire

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

Introduction :

L'Algérie est le premier consommateur de lait et produits dérivés au Maghreb et se place ainsi au troisième rang mondial en matière d'importation de lait, Malgré l'immense diversification des types de fromages sur le marché, le fromage fondu en portions ressort avec une meilleure prédilection du consommateur algérien au dépend des autres types de fromage considérés comme des produits de luxe.

Les fromages constituent une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse, ainsi que d'une partie de calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans presque toutes les régions du globe.

Le fromage fondu est une préparation beaucoup plus récente, qui permet une stabilisation des protéines laitières, c'est encore aujourd'hui un type de fromage parfaitement adapté aux habitudes de consommation, tartinable, de saveur douce, c'est un aliment énergétique riche en protéines et en minéraux, il est digeste, d'une grande sécurité microbiologique et de surcroît, il a l'avantage de se conserver à température ambiante tout en offrant une grande praticité pour son utilisation.

Dans ce contexte, le présent travail vise une meilleure connaissance des phénomènes physicochimiques intervenant pendant le procédé de fabrication d'une préparation fromagère qui a pour but d'imiter le fromage fondu, une détermination de l'impact de l'amidon sur la viscosité sur les propriétés d'écoulement ainsi que sur la texture du produit fini et enfin sur les caractéristiques physicochimiques et sensorielles.

Notre travail est présenté en trois grandes parties :
la première partie une synthèse bibliographique qui comprend principalement l'ensemble des définitions du lait, le fromage, le fromage fondu et la préparation fromagère.

Dans la deuxième partie est alors exposé l'éventail du matériel et les méthodes mises en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Les techniques de caractérisation des propriétés physicochimiques, sensorielles, les analyses microbiologiques, rhéologique, la viscosité et les protocoles expérimentaux.

Introduction

Les résultats sont ensuite développés dans une troisième partie où ils sont discutés en trois étapes. Tout d'abord est présentée l'évolution des paramètres physicochimiques ainsi les propriétés d'écoulement et la viscosité pendant le procédé de fabrication.

La deuxième étape porte sur les résultats obtenus lors des analyses microbiologiques. Enfin les résultats des analyses sensorielles et une discussion fondée sur l'ensemble des résultats physicochimiques et sensoriels permettent de faire la synthèse sur les interactions entre les paramètres physicochimiques et caractéristiques sensorielles.

synthèse bibliographique

Chapitre I: le lait

I. 986=Le lait

I.1. Définition

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Du point de vue physico-chimique, le lait est un produit très complexe. **(Carole, et Vignola, 2002).**

D'un point de vue physique, le lait constitue un système complexe : c'est une suspension colloïdale de particules dans une phase aqueuse dispersante. Ce sont les particules en suspension qui sont responsables de la « consistance », de l'opalescence et de la teinte blanche du lait. **(Cheftel et al, 1977)**

I.2. Composition du lait :

Le tableau suivant donne la composition biochimique du lait de vache.

Tableau N°1 : la composition du lait de vache. (Alais et al 1997).

Eléments	Composition (g/l)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée
Glucides : lactose	49	Solution
Lipides : Matière grasse proprement dite : Lécithine (phospholipide) Partie insaponifiable (stérol, carotène)	35 34 0.5 0.5	Emulsion des globules gras (3à5 micron)
protides : Caséine Protéines soluble (globulines albumines) Substances azotées non protéiques	34 27 5.5 1.5	Suspension micellaire phosphocaséinates de calcium (0.08à0.12 microns)
Sels De l'acide citrique(en acide) De l'acide phosphorique(P ₂ O ₃) De l'acide chlorhydrique(NaCl)	9 2 2.6 1.7	Solution ou état colloïdal
Constituants divers (vitamine, enzymes, gaz dissous)	traces	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

I.2.1. l'eau :

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire est ce qui lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, et les protéines hydrophiles du sérum. **(Carole, et Vignola, 2002).**

I.2.2. Les glucides :

Dans le lait de vache, les glucides sont représentés essentiellement par le lactose, ou galactosido1-4glucose, qui est synthétisé dans la glande mammaire. C'est un disaccharide à saveur relativement peu sucrée, peu soluble, qui possède un groupement réducteur. Le lactose joue un rôle important dans les produits laitiers en tant que substrat de fermentation pour les bactéries lactiques qui l'hydrolysent en acide lactique. **(Cheftel et al, 1977).**

I.2.3. Les sels et les constituants salins :

Le lait contient plusieurs constituants, sodium, phosphate qui entrent dans la composition de sels organiques, citrates de calcium ou de magnésium, et minéraux comme, exemples parmi d'autres, les chlorures de sodium ou de potassium et les phosphates de calcium. **(Mathieu, 1998).**

I.2.4 Les lipides :

Le lait de vache contient environ 35g de lipides par litre, et ces lipides sont constitués principalement de triglycérides (97 à 99% des lipides totaux) ; le reste consiste surtout en phospholipides et stérols, cholestérol notamment. **(Cheftel et al, 1977).**

La matière grasse du lait se présente sous forme de globules gras, immergés dans l'eau : petites gouttelettes de triglycérides enveloppées d'une membrane de substances diverses. **(Mathieu, 1998).**

I.2.5 Protéines :

Elles constituent avec les sels la partie la plus complexe du lait. Leur importance tient à plusieurs raisons : quatrième groupe de substances par abondance après l'eau, le lactose et les matières grasses ; elles possèdent de remarquables qualités nutritionnelles ; elles se signalent par leurs activités biologiques et jouent un rôle de premier plan dans les propriétés physicochimiques du lait et sa stabilité. **(Mathieu, 1998).**

I.2.6 Les vitamines :

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. On les trouve dans les aliments.

On répartit les vitamines en deux classes selon leur solubilité, soit les vitamines hydrosolubles et les vitamines liposolubles, le tableau N°2 : présent les principales vitamines du lait et leur teneur moyenne. (Carole, et Vignola, 2002).

Tableau N°2 : teneur moyenne des principales vitamines du lait (Carole, et Vignola, 2002).

Vitamines	Teneur moyenne pour 100ml.
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+ carotènes)	40µg
Vitamine D	2,4µg
Vitamine E	100µg
Vitamine K	5µg
Vitamine hydrosolubles	
Vitamine (acide ascorbique)	2mg
Vitamine B1 (thiamine)	45µg
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0,45µg
Niacine et niacinamide	90µg
Acide pantothénique	350µg
Acide folique	5,5µg
Vitamine H (biotine)	3,5µg

I.2.7. Enzymes :

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases(ou oxydases) et les oxygénases.les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température (**vignola, 2002**).

I.3. Propriétés physico-chimiques de lait :

Les principales propriétés physicochimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité. (**Carole et Vignola, 2002**).

Tableau N°3 : caractères physico-chimiques du lait (Alais et al, 1984).

Paramètres	valeurs
Densité à 15 °C	1,03-1,034
Chaleur spécifique	0,93°C
Point de congélation	-0 ,55°C
pH	6,5-6,6
Acidité	16-18°D

Chapitre II: le fromage

II. Fromage :

II.1. Historique :

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).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans av. J.-C. Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans. Les romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av. J.-C. et 300 apr. J.-C. Leur influence s'est reflétée dans l'étymologie : en effet, le mot latin *caseus*, signifiant fromage, est la racine qui donnera le mot caséine en français, nom qui désigne les protéines coagulables du lait. **(Carole .vignola, 2002).**

II.2. Définition du fromage

La dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières premières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matières grasses, babeurre, utilisées seules ou mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse. **(Eck et al, 1997).**

II.3. Transformation du lait en fromage :

La transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage.

II.3.1. Coagulation du lait :

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant des éléments solubles du lait. On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'un enzyme ou encore par l'action combinée des deux. **(Carole I .Vignola, 2002).**

II.3.2. Egouttage :

Le gel formé par acidification et/ou par action de la présure constitue un état physique instable. Selon la technologie employée, le lactosérum, composé d'eau, lactose, sel minéraux, azote et matière grasse, se sépare plus ou moins rapidement du coagulum formé. Cette phase d'exsudation correspond à la phase d'égouttage, qui a donc un rôle de déshydratation, de délactosage et de déminéralisation. **(Mahaut M et al, 2000).**

II.3.3. Affinage :

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants du caillé. La coagulation et l'égouttage ont assuré la préparation d'un substrat, essentiellement constitué de caséines, de matière grasse et de lactose, en partie converti en lactate. Ce substrat est peuplé de micro-organismes et au cours de l'affinage, ses constituants seront transformés sous l'action d'enzymes présentes à l'origine dans le caillé ou élaborées au cours même de l'affinage par synthèses microbiennes. **(Eck et al, 1997).**

II.4. Différents types du fromage :

En fabrication fromagère, on peut considérer qu'il existe 6 grandes catégories de fromages :

II.4.1. Fromages frais :

Les fromages frais résultent d'une coagulation lente du lait par action de l'acidification combinée ou non à celle d'une faible quantité de présure. Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. **(Mahaut M et al, 2000).**

II.4.2. Les fromages à Pâte molle:

Les pâtes molles constituent une vaste famille de fromages aux technologies de fabrication très diversifiées et originaires de France pour le plus grand nombre. Cette famille regroupe aussi bien des produits traditionnels représentés par les nombreux fromages d'appellation d'origine, que des produits industriels plus modernes qui ont été développés plus récemment par ce secteur de l'industrie fromagère qui s'est avéré le plus innovant et le plus concurrentiel. Malgré cette hétérogénéité, plusieurs points communs caractérisent la fabrication des pâtes molles. **(Eck et al, 1997).**

II.4.3. Les fromages à pâte persillée :

La catégorie des fromages à pâtes persillée regroupe plusieurs fromages caractérisés par un développement interne de la moisissure bleu *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, dits forts, (bleus d'Auvergne, de Laqueuille, roquefort) sont à caractère mixte avec dominance lactique alors que les bleus, dits doux, (bleue de Gex, de Bresse, fourmes, gorgonzola) ont une dominance enzymatique. (Eck et al, 1997).

II.4.4. Les fromages à pâte dure:

Leur teneur en extrait sec (64 à 72%) et leur durée de conservation pouvant atteindre 2 à 3 ans en font de véritables fromages de garde. Leur technologie se rapproche de celle des fromages à pâte pressée cuite : le tranchage est poussé (grains de 0,2-0,3 cm), et le brassage est effectué à chaud pendant 1 à 2 heures avec une montée en température à 55 à 58°C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. la croûte est sèche et brossée régulièrement, parfois huilée. (Mahaut M et al, 2000).

II.4.5. Les fromages à pâte pressée :

La catégorie des fromages à pâtes pressée désigne un ensemble de fromages très variés dans leur composition, leur format et leur aspect extérieur (croûte sèche ou présence d'une couverture microbienne). (Mahaut M et al, 2000).

II.4.6. Fromages fondus :

A l'origine, la fabrication du fromage fondu permettait de recycler les fabrications défectueuses de gruyère.

Actuellement, toutes les catégories de fromages sont utilisées en plus du beurre, du lait, de la caséine et des protéines de lactosérum (Mahaut M et al, 2000).

II.5. Composition :**II.5.1. Protéines :**

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines. Outre sa teneur élevée en protéines, la haute valeur biologique du fromage lui est conférée par sa composition en acides aminés très intéressante sur le plan nutritionnel. (Eck et al, 1997).

II.5.2. Vitamines :

la teneur en vitamines liposolubles, essentiellement vitamines **A** et **D** accessoirement 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. 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. (Eck et al, 1997).

II.5.3. Lipides :

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipase microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acide gras libres qui va de 0,25% de la matière grasse dans le camembert frais à 6,4% dans le camembert très affiné. les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingositides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend plus digestibles. (Eck et al, 1997).

II.5.4. Les minéraux :

Les fromages, comme tous les produits laitiers, bénéficient dans l'opinion d'une bonne connotation nutritionnelle pour le calcium, leur contribution importante à l'apport d'autres éléments minéraux est moins connue. Ainsi, les fromages sont aussi une source intéressante de potassium, de zinc, d'iode et de sélénium. En revanche, ils sont pauvres en fer et en magnésium et participent à la consommation excédentaire de sodium et de phosphore. (Eck et al, 1997).

II.5.5. Eau :

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

II.6. Valeur énergétique :

La teneur calorique des différents fromages varie de 100kcal pour 100g de fromage frais à 350kcal environ pour 100g de fromage à pâte pressée. Avec une teneur en lactose faible, l'essentiel des calories provient des lipides. Ainsi, un emmental ou un gruyère à 45% de matière grasse contient 30g de lipides qui apportent 270kcal, les protéines et les glucides ne représentant que 120kcal. (Eck et al, 1997).

Capitre III: fromage fondu

III.1. Généralités sur le fromage fondu :

Le fromage fondu est un produit laitier relativement moderne puisque son invention et son développement industriel ont eu lieu à la fin du 19^{ème} siècle ; en Europe occidentale, Amérique du nord et l'Australie. À partir de cette époque, le fromage devient une source importante de protéines. **(Eck et al, 1997).**

À cette époque, l'exportation de fromage dans les pays chauds et éloignés des zones de production est difficilement possible du fait de la conservation insuffisante de ces produits.

Ce sont les fromages suisses W. Gerber et F. Stettler qui en 1911 trouvent une solution à ce difficile problème avec l'invention du fromage fondu.

Quelques années plus tard, en 1917, des américains utilisèrent une solution d'un mélange (citrate/ortho phosphates), qui facilitera la fonte du cheddar et permettra un développement important du fromage fondu aux USA **(Eck et al, 1997).**

Mais ce n'est qu'en 1930 qu'un très grand progrès fut obtenu grâce à l'utilisation de phosphates de sodium linéaire ; ces sels de fonte vont permettre de fondre efficacement les fromages à pâte pressée cuite ; ceci est à l'origine du développement important du fromage fondu. La fonte a maintenant acquis ses titres de noblesse et représente un métier à part entière.

Actuellement le fromage fondu est fabriqué dans le monde entier, dont environ la moitié aux USA. Au sein de l'union européenne, 70 entreprises produisent selon des techniques ultramodernes, 500000t de fromage fondu. **(Eck et al, 1997).**

III.2. Définition le fromage fondu :

On appelle fromages fondus, les produits obtenus par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages, avec addition éventuelle d'autres produits laitiers, notamment du lait (liquide ou en poudre), crème, beurre, caséine, lactosérum, avec ou sans addition d'épices ou d'arômes. **(Luquet F.M, 1990).**

III.3. Différents types du fromage fondu :

Ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles classées par ordre chronologique d'apparition sur le marché mondial. **(Boutonnier. J.L, 2000) :**

III.3.1. Fromage fondu type « bloc » :

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne tranchabilité, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement.

III.3.2. Fromage fondu tartinable :

C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portion, en bloc..).

III.3.3. Fromage fondu pour la refonte :

Comme il était fastidieux de couper de fines tranches de l'emmental, de gouda ou de cheddar, un nouveau procédé de fonte a été développé, qui permettaient d'obtenir des tranches de fromage fondu emballées individuellement. L'exigence qualitative principale des utilisateurs pour ce produit est son produit de refonte.

III.3.4. Fromage fondu toastable (pour refonte) :

Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique des matières premières.

III.3.5. Fromage fondu thermostable :

C'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé.

III.4. Ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu :**III.4.1. Sélection des fromages :**

Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour garantir la fabrication d'un fromage fondu de qualité.

Dans certains pays, la fabrication de fromage fondu est faite à partir d'une seule variété de fromage à différents degrés d'affinage : parmi les plus utilisés, on peut citer : le cheddar aux USA, au Royaume-Uni et en Australie ; le gruyère et la mozzarella aux USA et au Canada ; l'emmental en Europe occidentale. Le fromage fondu est généralement fabriqué à

partir d'un mélange de différentes variétés de fromages naturels dont les critères de sélection sont : le type, la flaveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité. (Eck et al, 1997).

III.4.2. Cheddar :

Le cheddar, d'origine anglaise, est le fromage le plus fabriqué dans le monde. il est surtout produit dans les pays anglo-saxons tels que la Grande-Bretagne, l'Australie, les USA, la nouvelle Zélande le canada, l'Irlande. il est souvent consommé dans les préparations culinaires mais peut aussi être apprécié à table lorsqu'il a plusieurs mois d'affinage. (Gassi.J.Y.et al, 2002).

III.4.2.1. Caractéristique de cheddar :

L'extrait sec total varie de 63,5 à 65, 5%, le gras sur sec varie de 50 à 57% et l'humidité dans le fromage dégraissé de 55 à 56% (Gassi.J.L.et al, 2002). il existe plusieurs variantes de la technologie du cheddar mais toutes ont un dénominateur commun spécifique qui les différencie des autres pâtes pressées : l'acidification rapide du caillé après séparation du sérum (appelée cheddarisation), puis le découpage de ce caillé en « cossettes », le salage dans la masse et enfin la reconstitution du fromage par pressage. Cette technologie permet d'obtenir une teneur en matière sèche élevée.

III.4.3. Poudre du lait :

Les laits en poudre 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 perdue et le lait devient poudre. (Arie et al, 2012).

On distingue trois catégories de lait en poudre, entier, partiellement écrémé et totalement écrémé dont la composition est donnée au tableau N°4 . Selon cette norme, ils peuvent recevoir des additifs alimentaires (stabilisants, émulsifiants, antiagglomérants) dans certaines conditions. (FAO.2008).

Tableau N°4 : composition des laits en poudre (en %).(FAO ,2008)

Composants	Lait en poudre entier	Lait en poudre partiellement écrémé	Lait en poudre écrémé
Matières grasses	26-40	1,5-26	≤1,5
Eau maximum	5	5	5

III.4.3.1 Différents types de poudre de lait :

a) La poudre de lait entier :

C'est le lait déshydraté contenant, en poids, au moins 26% et moins de 42% de matières grasses.

Le lait entier en poudre dissout dans de l'eau est utilisé en tant que lait reconstitué. ce sont surtout les pays ne disposant pas d'un grand secteur de production laitière qui constituent un marché important en la matière. de grandes quantités de lait en poudre sont utilisées avec des composants de cacao et du sucre pour la fabrication d'exquis chocolat au lait.

b) Le lait en poudre partiellement écrémé :

C'est le lait déshydraté dont la teneur en matières grasses est en poids supérieure à 1,5% et inférieure à 26%. la composition chimique de la poudre de lait partiellement écrémé est représentée dans la tableau N°5.

Tableau N°5 : composition générale de la poudre de lait partiellement écrémé d'après (Carole V, 2002).

Composant	Le pourcentage(%)
Cendre	4,5%
Teneur en matière grasse	Plus de 1,5% et moins de 26%
Eau	4%
Protéine	30%

c) Le lait en poudre écrémé :

C'est le lait déshydraté contenant en poids au maximum 1,5% de matières grasses.

Le lait écrémé en poudre est utilisé de différentes façon. il parvient directement au consommateur en tant que lait écrémé reconstitué. les fabricants de denrées alimentaires l'utilisent dans les desserts à base de lait, les crèmes glacées, les yoghourts, les produits à base de viande, les produits à base végétale ressemblant à de la viande, dans le glaçage, les sauces, les mayonnaises, les boissons instantanées pour le petit déjeuner.

III.4.3.2 Propriétés chimiques et physiques du lait en poudre :

Les importants paramètres de qualité pour le lait en poudre sont la qualité microbiologique, les propriétés organoleptiques (**Azza et al, 2010**) ainsi que les propriétés physico-chimiques suivantes :

Les qualités biochimiques et physico-chimiques des poudres dépendant essentiellement des paramètres technologiques mis en œuvre pour la réalisation des poudres. la qualité nutritionnelle des poudres laitières dépend principalement de l'intensité des différents traitements thermiques au cours du procédé technologique. les traitements thermiques induisent des changements physico-chimiques qui tendent à diminuer la disponibilité des nutriments (destruction de vitamines, diminution de la teneur en lysine disponible, dénaturation des protéines solubles) ou éventuellement à produire des composés d'intérêt nutritionnel tel que le lactulose. les poudres obtenues par pulvérisation sont d'un point de vue nutritionnel supérieures à celle obtenues sur cylindres chauffants. A l'exception de quelques pertes de vitamine B12, la valeur nutritive du lait en poudre équivaut à celle du lait pasteurisé et dépasse celle des autres laits conservés (concentré sucré ou non sucré ou stérilisé). l'excès et la prolongation du traitement thermique en cours de fabrication peut dégrader certaines vitamines et abaisser la valeur protéique du produit par dénaturation des aminoacides, mais la dégradation des protéines et les altérations de la solubilité associées aux produits modernes de haute qualité ne diminuent pas leur valeur nutritive.

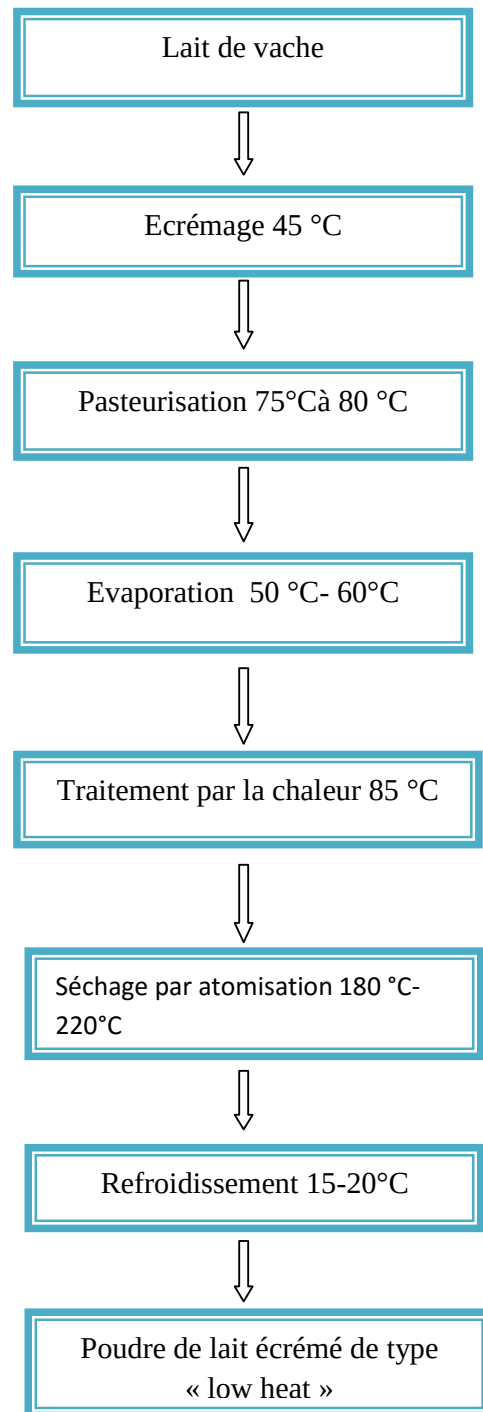


Figure N° 1: diagramme de fabrication de la poudre de lait (**Luquet F.M, 1985**)

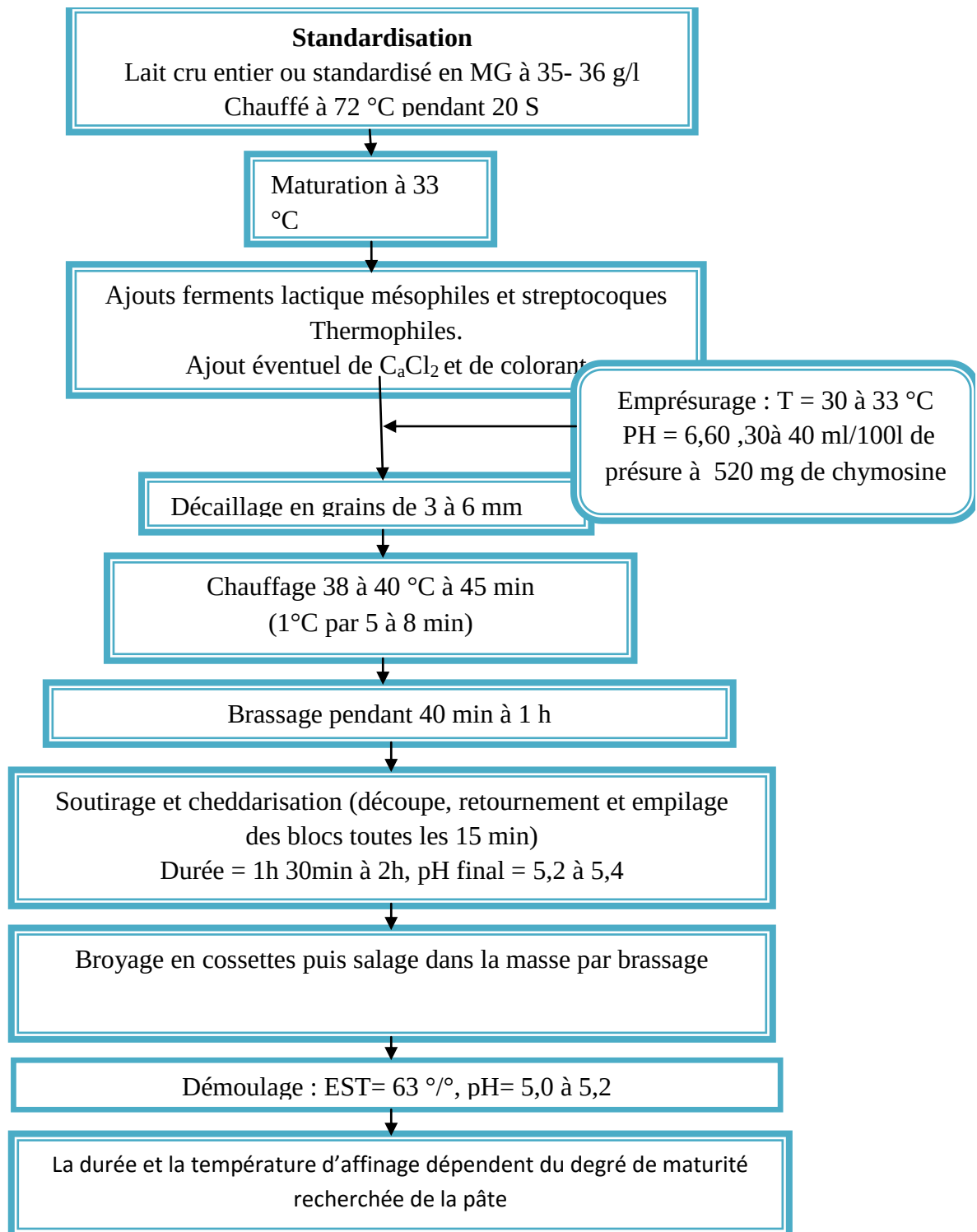


Figure N°2 : les principales étapes de fabrication du cheddar (Gassi .j .y et al, 2002)

III.4.4. Sels de fonte :

Les sels de fonte sont les seuls additifs employés dans la fabrication des fromages fondus.

La législation française n'autorisant comme sels de fonte (et dans la limite de 3 % du poids du produit fini) que l'acide citrique et son sel de sodium ainsi que les polyphosphates et ortho phosphates de sodium, ce sont exclusivement ceux-ci qui sont fournis aux « fondeurs » par l'industrie chimique, soit :

Les polyphosphates de sodium(SIN 450).

- Les orthophosphates de sodium(SIN 339).
- Le citrate de sodium(SIN 331).
- L'acide citrique(SIN 330). **(Luquet. F.M ,1990).**

III.4.4.1. Classification des sels de fontes :

Les listes assez longues figurent, dans la réglementation française que dans les normes FAO/OMS proposés aux gouvernements, peuvent faire croire qu'on utilise un grand nombre d'additifs.

Dans la pratique, on ne sert guère, en matière de sels de fonte, que des produits suivant :

a) Les phosphates :

Le phosphate est le sel de l'acide phosphorique,on distingue les monophosphates et les polyphosphate.les monophosphates également connus sous le nom d'orthophosphate.les phosphates polymérisés ou polyphosphates sont issus des monophosphates acides par traitement thermique et fission de l'eau de condensation.

Les polyphosphates peuvent être divisés en trois groupes :

- Polyphosphates linéaires (chaînes courte).
- Polyphosphates cyclique (anneaux).
- Polyphosphate réticulés.

On distingue deux groupes parmi les polyphosphates linéaires : les polyphosphates à chaîne courte et les polyphosphates à chaîne longue.les phosphates les plus importants pour la fonte sont les groupes de polyphosphates à chaînes courte.les phosphates dibasiques, les

phosphates tribasique, et les polyphosphates à chaînes longue (sels de Graham), également appelés hexametaphosphates. Lors de la fabrication, les polyphosphates sont un mélange de plusieurs phosphates de longueur de chaîne variable.

b) Les monophosphates :

Les monophosphates plus communément appelés orthophosphates, on obtient par la neutralisation de l'acide orthophosphorique trois différents orthophosphates de soude : le monosodique, le disodique et le trisodique (pH de 4,5-9,0-11,5). Pour la production de fromage fondu, on emploie surtout le disodique, soit anhydre, soit cristallisé, avec des teneurs en eau de cristallisation diverses.

L'orthophosphate monosodique acide et l'orthophosphate trisodique très alcalin servent surtout, grâce à leur fort pouvoir tampon, de correcteurs de pH. Dans une zone de pH de 6 à 6,3, l'orthophosphate disodique a une capacité d'échange d'ion satisfaisante.

c) Les polyphosphates :

Dans l'industrie du fromage fondu, il s'agit exclusivement des polyphosphates linéaires, obtenu à partir d'orthophosphates très purs par condensation à haute température.

Les polyphosphates à plus longues chaînes sont le sel de Graham et l'ultra-phosphate qui contient plus de 70% de P_2O_5 . (GILLIS et al, 1997).

d) Les citrates :

C'est la seconde famille de sels de fonte employée dans la fabrication de fromage fondu, les citrates sont les sels de fontes de l'acide citrique. trois types de sels de fontes peuvent être formés avec le sodium : le monocitrate de sodium, le dicitrate de sodium et le tricitrate de sodium, leur différences se situe principalement dans leur pH (3,8 - 5,1 - 8,2).

Classiquement en fonte, le sel le plus intéressant pour la fabrication du fromage fondu est le citrate trisodique dihydraté car c'est celui qui convient le mieux pour la fabrication et qui est plus stable au stockage. (Luquet F.M et al, 1990).

III.4.4.2. Propriétés des sels de fonte :

Les principales propriétés pour lesquelles ils sont utilisés en fonte sont les suivantes :

a) Le pouvoir complexant ou 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 un composant métallique, le calcium, du système protéique. Une autre propriété des polyphosphates est celle de rester en solution après complexation des cations métalliques.

L'aptitude des polyphosphates à chélater l'ion calcium croît avec leur degré d'ionisation (fonction du pH) et leur longueur de chaîne.

Dans le cas du fromage fondu, les sels de fonte vont extraire le calcium du réseau protéique et permettre son « déverrouillage » sous une forme favorable à son hydratation.

b) Le pouvoir tampon :

L'ajustement du pH d'une formule de fromage fondu constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. La plage de pH tolérée se situe entre 5,2 et 6,2 en dehors de laquelle les qualités de texture et de consistance ne peuvent pas être atteintes.

Les différents sels de fonte permettent, par leur pouvoir tampon, d'ajuster le pH du produit à la bonne valeur.

c) L'effet bactériostatique :

Contrairement aux citrates, les phosphates possèdent un effet bactériostatique qui ralentit le développement des micro-organismes. Ce pouvoir est supérieur pour les polyphosphates comparativement à celui des orthophosphates. On peut notamment expliquer ceci par le fait que le calcium complexé par les sels de fonte n'est plus disponible pour les micro-organismes.

Dans la pratique, le taux maximal de sels de fonte autorisé varie selon les pays jusqu'à 3% dans la formule. (Eck et al, 1997)

III.4.5. 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 micro-organismes et en contaminants chimiques tels que les nitrates. 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 $2 \cdot 10^5$ à $4 \cdot 10^5$ Pa. Cette vapeur doit être filtrée avant injection de manière à être débarrassée des additifs apportés par le traitement des eaux de chaudière et des contaminants récupérés lors de sa distribution.

Dans tous les cas où la vapeur est injectée directement dans la pâte fondue, la quantité correspondant à l'eau de condensation doit être soit prise en compte dans les calculs de formulation et déduite de la quantité d'eau totale apportée, soit éliminée de la pâte lors du traitement de refroidissement pratique par détente brutale en sortie du chambreur de stérilisation (l'évaporation d'une fraction de l'eau du produit entraîne un abaissement corrélatif de sa température, en raison de la réduction de la pression dans la chambre de détente). (boutonnier. J.L ,2000).

III.5. Procédé de fabrication du fromage fondu :

Les principales étapes de fabrication du fromage fondu sont :

III.5.1. Sélection de matières premières et contrôle de qualité :

La sélection de matières premières est fonction de la formule du produit que l'on veut obtenir. Toutes les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physico-chimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques. (Eck. A et GILLIS.G, 1997).

III.5.2. Ecroutage, découpage et broyage des fromages :

L'écrouissage se fait par raclage ou brossage mais des techniques nouvelles apparaissent telles que les jets d'eau chaude sous pression par exemple. Le broyage est une étape importante du traitement de matières premières, car il est indispensable de dissoudre les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène. Dans certains cas la matière première

peut même être laminée pour être transformée en très fines brisures. (Eck. A et Gillis G, 1997).

III.5.3. Préparation de la formule :

Une fois le broyage terminé, les différents lots de fromage sont pesés et mis dans le cuiseur avec les éventuels autres ingrédients poudreux. L'eau et les autres liquides doivent être mesurés dans des quantités définies d'avance. Les sels de fonte sont pesés soit à l'état sec ou sous forme de solution.

Aux matières fromagères et laitières, on ajoute de l'eau et des sels de fonte, puis on effectue un broyage de l'ensemble pendant quelque minute pour obtenir un mélange prêt à être fondu.

La réhydratation des poudres avant mélange est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte. (Eck .A et Gillis. G, 1997).

III.5.4. Fonte proprement dite :

C'est l'opération clef du fromage fondu.les principales phases de la fonte sont les suivantes. (Eck. A. Gillis. G, 1997).

III.5.4.1. La phase de peptisation (déstructuration de la masse protéique initiale) :

Les fromages naturels sont constitués par la juxtaposition de granules de caillé composés de protéines et de globules gras.la zone externe du granule est composée essentiellement de substance protéique, la zone interne d'une proportion plus importante de matières grasses.

Après avoir broyé finement les matières premières fromagères et des mises en contact avec l'eau et les sels de fonte on associe au démarrage de l'étape de déstructuration. Cette étape va se poursuivre et s'accroître lors du traitement thermique ; les sels de fonte chélatent le calcium lié aux protéines et transforment ainsi le paracaséinate de calcium insoluble, en paracaséinate de sodium soluble.

Après l'échange du calcium contre du sodium, les chaînes peptidiques sont en partie déroulées et dissociées ; c'est le stade de peptisation.

Parmi les sels de fonte, les polyphosphates ont l'action chélatante la plus importante ; ils vont former avec le calcium piégé des combinaisons très stables.

III.5.4.2. Le « crémage »-la phase de restructuration :

Simultanément au processus de déstructuration et aux étapes de chauffage et de crémage, de nouvelles interactions inter-protéiques apparaissent.

L'étape de crémage correspond à un épaississement du produit qui a deux origines :

La peptisation des protéines, qui permet l'hydratation des chaînes, aboutit à un gonflement du milieu et à une augmentation de la viscosité.

En effet, le déroulement des chaînes protéiques et l'augmentation de charges négatives conférées aux molécules protéiques par les anions polyvalents des sels de fonte (disparition des ponts calciques et fixation des anions) augmentent le caractère hydrophile des groupements latéraux polaires. Ceci permet une hydratation importante des protéines ce qui se traduit par un épaississement de la pâte fondu.

Les pyrophosphates de Ca formés au cours du traitement thermique ont une taille qui leur permet de s'insérer entre les chaînes protéiques pour former des liaisons ioniques inter et intra protéiques ce qui entraîne la gélification du réseau.

III.5.4.3. La phase de refroidissement :

C'est au cours de cette phase que se produit la gélification. Le réseau protéique formé grâce aux liaisons hydrogènes, hydrophobes et ioniques établies, va se structurer pour former un gel qui va emprisonner fortement la matière grasse émulsionnée ainsi que l'eau d'hydratation.

L'interaction des polyphosphates formant des ponts intermoléculaires peut être envisagée.

III.5.5. Homogénéisation :

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation ; cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras ; elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus. **(Gaucheron. F, 2004).**

Toutefois, du fait de son coût supplémentaire (maintenance et équipement), de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse.

III.5.6. Conditionnement :

Le conditionnement des portions de fromage fondu à tartiner, s'effectue dans une feuille d'aluminium vernissée sur les deux faces. la feuille de complexe est préformée par pression sur la machine sous forme d'une coquille qui après remplissage avec la pâte fondue reçoit un couvercle avant l'accomplissement du scellage. le point de scellage se situe entre 60 et 75°C, ce qui permet d'utiliser dans certains cas la seule chaleur du fromage fondu comme énergie de scellage. **(Boutonnier. J. L, 2000).**

III.5.7. Refroidissement du fromage fondu :

Le mode de refroidissement du fromage fondu varie selon le format et le type du produit. Dans la majorité des cas, le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement enzymatique de la pâte. Cette vitesse de refroidissement varie avec la taille du produit et son système d'emballage. Dans le cas du fromage fondu tartinable, un refroidissement rapide s'impose de manière à interrompre le processus de crémage plus ou moins intense et conserver au produit une structure courte indispensable à l'obtention d'une tartinabilité satisfaisante. Ce refroidissement peut se faire par circulation des produits sur des tapis à l'air ambiant mais les meilleurs résultats sont obtenus dans des tunnels de refroidissement. **(Boutonnier. J. L, 2000).**

III.5.8. Stockage du produit :

On stock les produits mis en carton dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10-15°C. Cette température est suffisante pour éviter la poursuite du crémage mais n'est pas assez basse pour entraîner la formation de condensats sur les emballages.

En conclusion, le respect des conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication permet d'obtenir un produit de bonne conservation d'une durée comprise entre 6 mois et 1 an. **(Gaucheron .F, 2004).**

III.6. La valeur nutritionnelle :

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire, ne nécessitant aucune préparation, c'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines).

De fait de sa conservation et des facilités d'exportation qu'il permet, il peut être un aliment de première importance pour les populations de pays non laitiers.

En outre, la présence de la matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées lui confèrent une efficacité nutritionnelle au moins égale à celle des composés de départ. **(Gillis et al, 1997).**

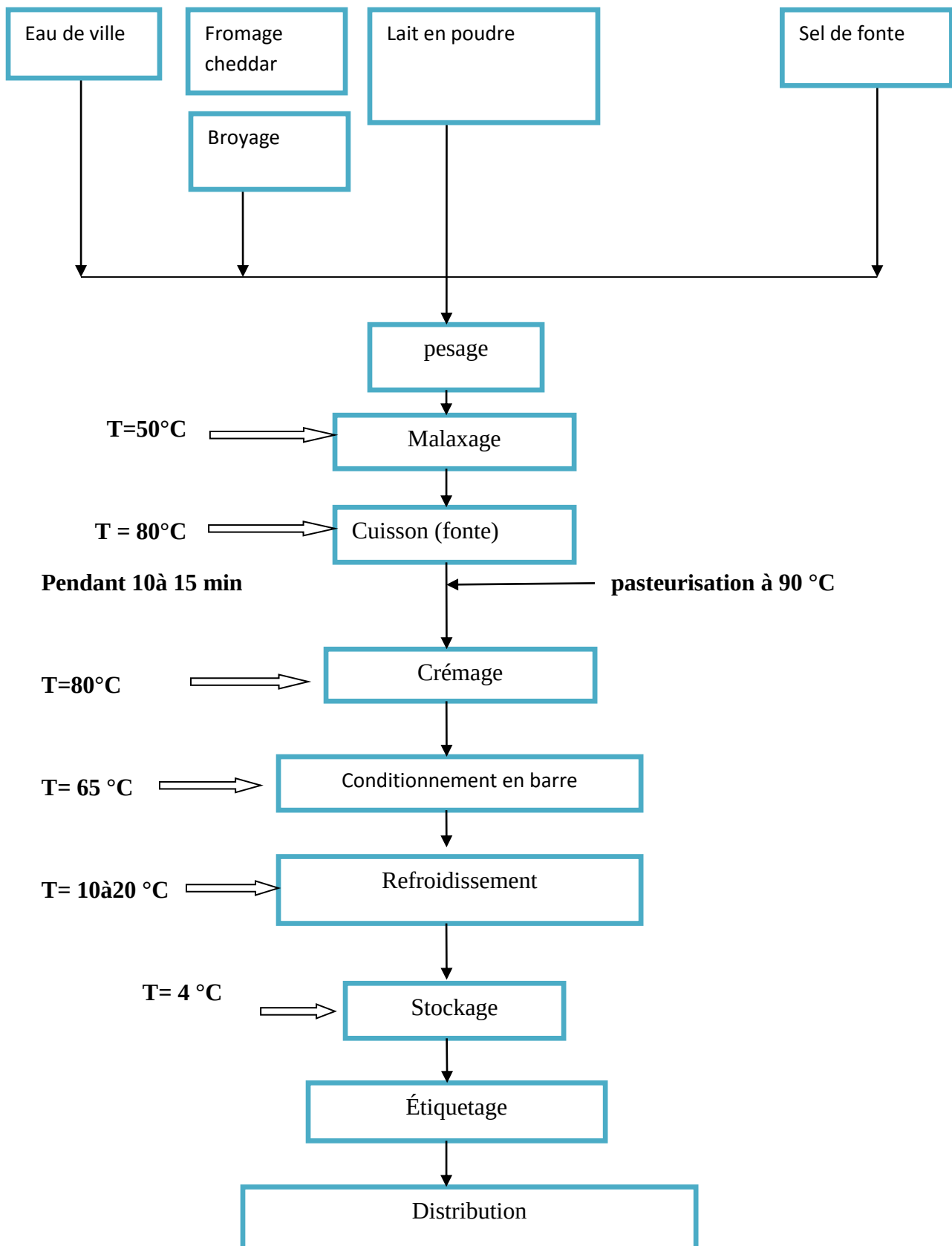


Figure N° 3 : les principales étapes de fabrication du fromage fondu.
(BOUTONNIER.J.L.2000).

Capitre IV: préparation fromagère

IV.1. Définition :

Les préparations à base de fromage fondu sont obtenues par broyage, mélange, fonte et émulsification, sous l'action de la chaleur et d'agents émulsifiants, d'un ou de plusieurs des ingrédients ou additifs. **(Codex alimentarius, 1987).**

IV.2. Dénomination :

La dénomination « préparation fromagère fondu » est réservée au produit laitier, dont la teneur minimale en matière sèche est de 25 grammes pour 100 grammes de produit, préparé à partir de fromage et d'autres produits laitiers. ce produit est obtenu par des techniques de traitement qui incluent la fonte et conduisent à l'émulsification des matières premières et doit avoir subi, au cours de sa fabrication, une température d'au moins 70 °C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison de durée et de température d'effet équivalent **(JORE,2007).**

IV.3. Ingrédients utilisés pour la fabrication de la préparation fromagère :

IV.3.1.Cheddar : voir chapitre 03.

IV.3.2.Eau : voir chapitre 03.

IV.3.3.Sel de fonte : voir chapitre 03.

IV.3.4.Poudre du lait : voir chapitre 03.

IV.3.5.La matière grasse végétale :

Plus économique que la matière grasse laitière, elle présente en outre l'avantage d'une absence de cholestérol et d'une grande pauvreté en acides gras saturés, deux arguments intéressants dans le cadre de la prévention des maladies cardio-vasculaires. **(Boutonnier .J. L, 2000).**

IV.3.6.Prèfonte :

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 prèfonte 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 pâte crème transmet ce processus physico-chimique 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 prèfonte. **(Boutonnier J-L ,2000).**

IV.3.7. Les additifs alimentaires

Les additifs alimentaires sont des produits ajoutés aux denrées alimentaires commerciales (notamment aliments industriels) destinés à l'alimentation humaine et /ou animale.

Ce sont des substances qui ne sont pas normalement consommées en tant que denrée alimentaire, en soi ne sont pas normalement utilisées comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire qu'elle ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition intentionnelle à la denrée alimentaire, a un but technologique ou organoleptique. **(Manfred Molle et al, 1998)**

IV.3.8. L'acide citrique

L'acide citrique est un additif alimentaire (numéro E330) préparé industriellement par fermentation fongique et utilisée dans l'industrie alimentaire comme acidifiant (soda) correcteur d'acidité .etc. **(Manfred Molle et al, 1998)**

IV.3.9. L'arôme :

Les matières premières d'origine agricole, notamment d'origine végétale, contiennent une grande variété de constituants d'intérêt organoleptique que l'on cherche à extraire pour répondre aux marchés des arômes. ces opérations constituent une excellente valorisation des excédents de production ou des coproduits issus d'une première transformation. **(Jeantel R et al, 2007).**

IV.3.10. Les colorants :

Le colorant apporte à un aliment une bonne présentation visuelle qui s'ajoute au goût et à l'odeur, les colorants sont désignés par un code commençant par la lettre E suivi d'un nombre compris entre 100 et 199. **(Manfred Molle et al, 1998).**

IV.3.11. Carraghénanes :

Les carraghénanes sont des polysaccharides sulfatés extraits d'algues rouges. Ils sont préparés industriellement par des méthodes basées sur deux de leurs propriétés :

Ils sont solubles dans l'eau chaude ;

Ils sont insolubles dans les solvants organiques polaires.

Le réseau de carraghénanes iota formé d'une succession de doubles spires et de parties coudées engendre un gel élastique et très transparent. (Guy et al, 1994).

IV.3.12. Les conservateurs :

L'usage des conservateurs fait partie de la panoplie des techniques et des moyens qui permettent d'assurer la sécurité du consommateur, d'allonger la durée de vie des produits alimentaires et de limiter leurs altérations par les micro-organismes. (Jeantel R et al, 2007).

IV.3.13. Chlorure de sodium :

Le chlorure de sodium (NaCl), bien que considéré plutôt comme un ingrédient alimentaire que comme un additif, est sans doute le premier ou l'un des premiers conservateurs chimiques qui ait été utilisé en alimentation. (Jeantel R et al, 2007).

IV.3.14. L'amidon :

L'amidon est la substance de réserve la plus répandue chez les végétaux supérieurs. Les plantes le synthétisent à partir du glucose, un sucre simple produit par la photosynthèse, et stockent ainsi le carbone qu'elles savent extraire de l'atmosphère grâce à l'énergie solaire. Avec la cellulose, l'amidon constitue d'ailleurs l'une des deux principales sources de carbone organique retrouvées dans la nature, et est une source d'aliments essentielle pour la vie animale. Présent en quantité importante dans plusieurs plantes de grande culture (maïs, blé, pomme de terre, riz,...), il est aussi le glucide principal de l'alimentation humaine, puisqu'un être humain ingère quotidiennement 150 à 200 g d'amidon et de produits dérivés. (Iévéque et al, 2000).

IV.3.14.1. Structure de l'amidon :

L'amidon est un homopolymère : il est formé par l'assemblage de très nombreuses unités d'une même molécule, un sucre à six carbones, ou hexose, nommé *α*-D-glucopyranose, l'une des formes cycliques du glucose. il est constitué de deux composants principaux : l'amylose et l'amylopectine. (Lévéque et al, 2000)

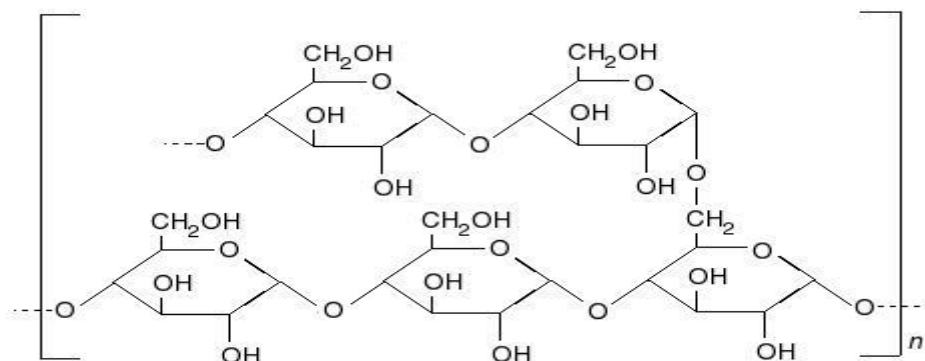


Figure N° 4 : schéma de la structure du l'amidon (Darbon P, 1988).

a) L'amylose :

L'amylose est un polymère linéaire dont les unités D-glucose sont reliées entre elles par des liaisons glucosidiques de type $\alpha(1,4)$.

L'amylose est soluble dans l'eau à chaud (70°C), mais après refroidissement elle cristallise (ce phénomène est appelé rétrogradation) et devient alors très résistante aux attaques enzymatiques.

b) L'amylopectine :

L'amylopectine est un polymère qui contrairement à l'amylose, est ramifié. Les unités glucose sont reliées entre elles par des liaisons de type $\alpha(1,4)$, mais également par des liaisons de type $\alpha(1,6)$ qui représentent 5 à 6 % du nombre total des liaisons (5,8).

IV.3.14.2. Utilisation des amidons alimentaires :

L'augmentation des utilisations alimentaires des produits amylacés est assez régulière et elle repose essentiellement sur deux facteurs, à savoir la progression de l'industrie des plats cuisinés et la recherche par le consommateur d'un meilleur équilibre.

Dans les préparations alimentaires, les produits amylacés sont utilisés pour agir sur certaines caractéristiques, telles que la texture, l'apparence, la consistance et la stabilité au stockage. il permettent de remplacer des ingrédients plus coûteux et de faciliter la fabrication. on les utilise pour épaissir ou fluidifier, pour clarifier, pour attirer l'humidité ou la repousser, pour produire des textures courtes ou longues, lisses ou pulpeuses, des enrobages tendres ou croustillants. les amidons et leur produits dérivés sont utilisés dans des fabrications aussi diverses que les conserves, les produits de boulangerie, les produits déshydratés ou extrudés. (Guy et al, 1994).

IV.3.14.3. Rôle de l'amidon :

La valeur énergétique de l'amidon ne peut faire oublier que dans la cuisine ou l'industrie il peut jouer un rôle de liant, d'émollient, d'épaississant, de plastifiant, de gélifiant, de substitut des corps gras. il n'est donc pas qu'un vecteur de calories. il est possible de le modifier par méthode physique ou chimique pour lui donner les qualités technologiques nécessaires : résistant au cisaillement, dont la viscosité se maintient en milieu acide, à basse et haute température, dont la gélatinisation est retardée, ou assurant un rapide transfert de chaleur en stérilisation.

Les amidons riches en amylopectine donnent des gels faibles (liquide épais), les amidons riches en amylose des gels forts, rigides des pâtes. (biofutur, 1988).

IV.3.4. Valeur nutritionnelle de la préparation fromagère :

La spécialité fromagère comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Elle apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire. ne nécessitant aucune préparation, c'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétique et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines, etc.) (Meyer, 1973)

partie expérimentale

Matériel et méthodes

V. Objectif de la recherche :

Ce travail à été réalisé au niveau de l'unité fromagère « Zerifi » à corso ainsi qu'au niveau du laboratoire chimie du lait de la « FSI ».

Dans le but de fabriquer une préparation fromagère qui a pour but de remplacer le fromage fondu qui reste onéreux.

Dans le cadre de ce travail, le sujet nous à été proposé par l'unité Zérifi et qui consiste à faire varier le taux d'amidon dans la préparation de départ, et d'étudier son influence sur la viscosité et les propriétés d'écoulement ainsi que sur la texture du produit fini et enfin une détermination des corrélations existantes entre les paramètres physico chimiques et les caractéristiques sensorielles.

V.1. Matériel et réactifs :

Tableau N°6 : Matériel et réactifs

Matériel	Réactifs
Balance analytique	Phénophtaléine
Bec bunsen	Alcool isoamylique
Bécher	Eau distillée
Burettes	Acide sulfurique(H_2SO_4)
Butyromètre graduée	Hydroxyde de sodium($NaOH$)
Butyromètre avec bouchon en caoutchouc	Eau physiologique
Butyromètre Gerber	Indicateur noir ériochrome NET
Bain-marie	Solution disodique de l'EDTA
Capsules	Solution tampon à pH 10
Cuillère	Méthyle orange
Casserole	
Centrifugeuse	
Dessiccateur	
Eprouvette graduée	
Erlenmeyer	
Etuve	
Fiole conique	
Pipette graduée à 11 ml et de 10 ml	
pH mètre	
papier aluminium	
thermomètre	
viscosimètre « thermo HAAKE VT 550 »	
viscosimètre « Visco Basic Plus »	

V.2. Fabrication du fromage fondu au niveau de laboratoire :**V.2.1. Matières premières :****a) Cheddar :**

La matière première utilisée pour cet essai est le cheddar importé d'Irlande. Le cheddar est sous forme de bloc de 20 à 25 kg emballé dans du plastique puis des cartons, conserver à +3°C.

b) Poudre de lait :

Pour la poudre de lait nous avons utilisé la 26 % de matière grasse.

c) Sels de fonte : (Corino)

Mélange de deux types de Sels de fonte :

SIN E450 : Di phosphates de sodium.

SIN E452 : poly phosphate de potassium

V.2.2 Méthode de fabrication :**V.2.2.1. Méthode de fabrication de fromage fondu :**

a) Préparation de la matière première nécessaire pour fabriquer 100 gr de fromage fondu, pour le début nous avons suivi la recette de la laiterie fromagerie de Boudouaou (LFB) de la composition suivante :

- ✓ 40 g de cheddar râpé.
- ✓ 18g poudre de lait à 26 % de M.G.
- ✓ 2 g sel de fonte.
- ✓ 40 g d'eau.

b) Mélange des ingrédients et cuisson à une $T^{\circ} = 90^{\circ}\text{C}$ dans une casserole posée dans un bain marie, tout en agitant d'une façon homogène à l'aide d'un batteur. On maintient la température 90°C pour réaliser le crémage pendant 10 min.

c) Conditionnement :

Cette étape consiste à remplir manuellement la pate de fromage pasteurisé dans des emballages en barre dans de bonnes conditions d'hygiène.

d) Refroidissement et stockage :

S'effectue à une température de 15° , puis stockage à une $T = 4^{\circ}\text{C}$.

V.2.2.2. Méthode de fabrication de la préparation fromagère

Pour les essais de préparation fromagère nous avons utilisé la recette de base de fabrication de l'unité fromagerie « Zerifi » puis au fur et à mesure nous ajoutons de l'amidon à différents taux.

La recette de base pour un 100g de la préparation fromagère est la suivante :

✓ **Essais A : 0% d'amidon**

25 gr de cheddar

2 gr de matière grasse végétale.

18,25gr de poudre de lait 26 %

3,7gr de poudre de lait 0%

0,45gr de carraghénane

2 gr de sels de fonte

0,15gr acide citrique

0,45 gr NaCl

L'eau 48 ml

✓ **Essais B : 2,5% d'amidon**

22gr de cheddar

2,5gr de matière grasse végétale.

2,5gr de l'amidon

18,25gr de poudre de lait 26%

3,7gr de poudre de lait 0%

0,45gr de carraghénane

2gr de sels de fonte

0,15gr d'acide citrique

0,45 gr de NaCl

L'eau 48 ml

✓ **Essais c : 5 % d'amidon**

19gr de cheddar

3gr de matière grasse végétale.

5gr de l'amidon

18,25gr de poudre de lait 26%

3,7gr de poudre de lait 0%

0,45gr de carraghénane

2gr de sels de fonte

0,15gr d'acide citrique

0,45gr de NaCl

L'eau 48 ml

✓ **Essais D: 7,5% d'amidon**

16gr de cheddar

7,5gr de l'amidon

3,5gr de matière grasse végétale.

18,25gr de poudre de lait 26%

3,7gr de poudre de lait 0%

0,45gr de carragénane

2gr de sels de fonte

0,15gr d'acide citrique

0,45gr de NaCl

L'eau 48ml

✓ **Essais E** : 10% d'amidon

13gr de cheddar

10gr de l'amidon

4gr de matière grasse végétale.

18,25gr de poudre de lait 26%

3,7gr de poudre lait 0%

2gr de sels de fonte

0,15gr d'acide citrique

0,45 gr NaCl

L'eau 48ml

V.3. Les étapes de fabrication**a) Première étape :**

Pour chaque recette, on introduit le cheddar, l'amidon et la matière grasse végétale (l'huile de palme) en faisant varier les quantités.

b) Deuxième étape :

Ajout dans chaque essai des autres ingrédients (poudre de lait 26% et 0%, sels de fonte, acide citrique NaCl, carraghénane, et l'eau), dans les proportions mentionnées ci-dessus.

c) Troisième étape :

Chauffage et agitation de chaque récipient à température de 80°C à 90°C pendant 5 à 10 min puis les produits sont répartis dans des emballages en plastique et refroidis à 4-6 °C.

L'évaluation sensorielle des cinq produits testés a été réalisée au niveau du laboratoire de FSI. Le test de Friedman est utilisé pour les interprétations statistiques des résultats en utilisant les tables de Friedman (annexes N°2).

La figure N°5 présente le diagramme de fabrication de la préparation fromagère

Puis des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées sur les échantillons ainsi que des tests de rhéologie.

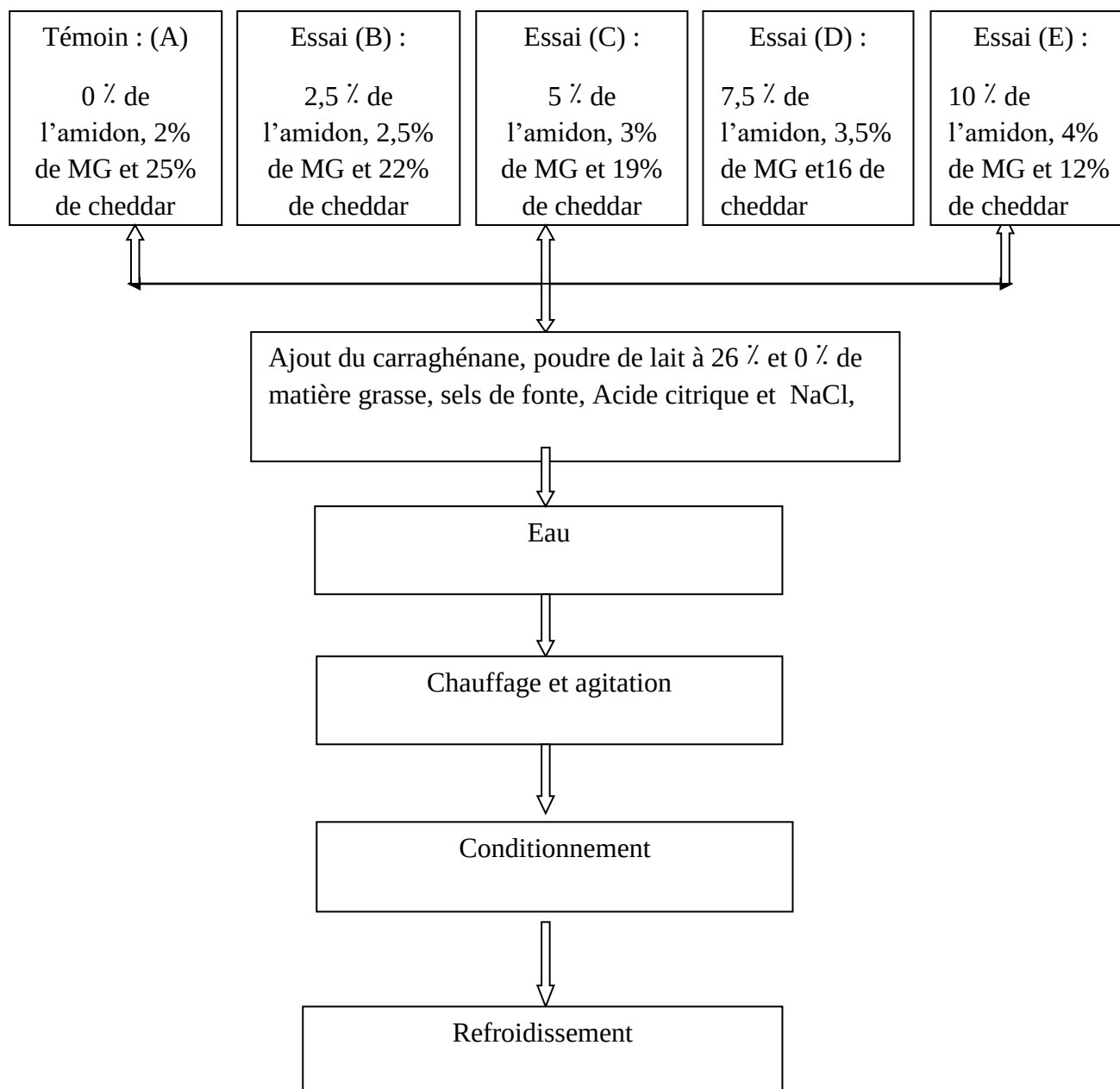


Figure N°5 : Diagramme de fabrication de la préparation fromagère.

V.4. Les analyses physico-chimiques :**V.4.1. Mesure de pH (AFNOR, 1986)****a) Principe**

Cette méthode consiste à mesurer les ions H^+ présent dans le produit à analyser.

b) Technique

L'opération consiste à introduire directement l'électrode (électronique) du pH-mètre. Dans un bécher contenant le produit à analyser.

c) Lecture

La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre.

V.4.2. Détermination de la teneur en matière grasse (AFNOR, 1986)**a) Principe**

Son principe est basé sur la dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique et la séparation de la matière grasse du produit à analyser par centrifugation dans un butyromètre, la séparation est réalisée par l'addition d'une quantité d'alcool iso-amylique

b) Mode opératoire :**➤ Cas du fromage (méthode VAN GULIK)**

Peser dans un godet 3g de l'échantillon, fermer le col du butyromètre au moyen de son système et ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau de l'acide dépasse le godet, puis fermer l'ouverture de la tige par le petit bouchon ;ensuite mettre le butyromètre dans un bain marie à 65°C jusqu'à dissolution totale de la prise d'essai, retirer le butyromètre, déboucher l'ouverture de la tige et introduire 1 ml de l'alcool Iso-Amylique, porter le butyromètre dans la centrifugeuse.

➤ Cas de la poudre de lait :

Dans un bécher, on introduit 10g de lait sec dans 100ml d'eau distillée. Après agitation on laisse le mélange se reposer.

Verser 10 ml d'acide H_2SO_4 dans le butyromètre.

Introduire les 11 ml de lait reconstitué en mettant la point de la pipette en contact avec la base du col de butyromètre et on laissant couler le lait reconstitué sur l'acide.

Déposer à la surface du lait reconstitué 1 ml d'alcool iso-amylque puis fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon.

Bien agiter le mélange jusqu'à dissolution totale du lait. Introduire le butyromètre dans la centrifugeuse ; avant il faut bien fermer le bouchon. Ainsi après la centrifugation la colonne de la matière grasse se trouve à l'échelle graduée, cette opération est répétée plusieurs fois.

c) Lecture

La teneur en matière grasse est exprimée en g/l est obtenu par la lecture de la graduation sur le butyromètre. Maintenir le bouchon vers le bas et ajuster devant le repère la plus proche, puis lire rapidement.

$$\text{M.G (g/l)} = (\text{B}-\text{A}) \times 10$$

A : la valeur correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse.

B : la valeur correspondant au niveau supérieur de la colonne grasse.

V.4.3. Détermination de l'extrait sec total (afnor, 1986) :

a) Principe

L'extrait sec total est déterminé par la méthode d'étuvage qui est basée sur la dessiccation complète du produit avec l'élimination de la totalité d'eau présent dans l'échantillon.

b) Mode opératoire

Le principe de la méthode repose sur l'élimination de toute l'eau à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à obtention d'un poids constant de la prise d'essai analysée.

Une prise d'essai de 3 g est étalée sur toute la surface d'une capsule en aluminium préalablement tarée, puis introduite dans le dessiccateur.

c) Expression des résultats

La matière sèche se calcule ainsi de manière suivante :

$$\text{M.S} = 100 - \text{humidité.}$$

V.4.4. Détermination de la teneur en matière grasse sur la matière sèche « G/S » : (Afnor, 1986)**a) Principe**

La teneur en matière grasse dans la matière sèche correspondant au pourcentage en masse de MG contenu dans l'extrait sec du fromage.

b) Expression des résultats

La teneur en matière grasse exprimée en gramme pour 100 g de matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$(G/S) \times 100$$

Ou :

G : représente la teneur en matière grasse

S : représente la teneur sèche

V.4.5. Analyse de l'eau :**a) Mesure de pH :**

La même technique que la précédente.

b) Détermination du titre alcalimétrique TA (AFNOR, 1986) :

Le TA : est le titre alcalimétrique mesure la teneur de l'eau en alcalis libre et en carbonates alcalins caustiques.

1) Principe :

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré la phénophtaléine

Le virage de rose à l'incolore de la phénolphtaléine se produit dès que le pH du mélange est inférieur à 8,3 ce qui signifie qu'il ya libération d'une petite quantité d'acide carbonique dans la solution.

Le titre TA à la phénolphtaléine permet de connaître la quantité d'hydrates alcalins et seulement la moitié des carbonates.

2) Mode opératoire

Dans une fiole conique de 250 ml, on introduit 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 3 gouttes de solution de phénolphthaléine. L'apparition de la couleur rose signifie que le TA n'est pas nul, et le contraire s'il n'y a pas apparition de la couleur rose TA est nul.

3) Expression des résultats

Le TA exprimé en degré français selon la formule suivante

$$TA = V_1 \times 5 \text{ (°F)}$$

Ou :

V1 : représente le volume de la solution H₂SO₄ (0,1 N en ml)

c) Détermination du titre alcalimétrique complet TAC (AFNOR 1986)**1) Principe**

La mesure de TAC permet la détermination de la teneur en alcalis libres, (carbonates et bicarbonates). Elle est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré et se traduit par le virage jaune à l'orange.

2) Mode opératoire

Dans 100 ml d'eau à analyser, nous ajoutons deux gouttes de méthyle orange et sont titrée avec H₂SO₄ (N/10) jusqu'au virage jaune à l'orange.

3) Expression des résultats

Le TAC est exprimé en degré français selon la formule suivante

$$TAC = V_2 \times 5 \text{ (°F)}$$

V2 : représente le volume de la solution H₂SO₄ N/10 utilisée pour le titrage.

d) Détermination de titre hydrométrique TH (AFNOR 1986).**1) Principe**

Dans la plupart des cas, la dureté de l'eau est due essentiellement aux Ca^{+2} et Mg^{+2} c'est le titrage molaire des ions calcium avec une solution de sel dissodique de l'acide éthylène diamine titre acétique (EDTA) à pH 10, le noir ériochrome T (NET), utilisé comme indicateur donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium.

2) Mode opératoire

Dans une fiole conique de 250 ml, on introduit 100 ml d'eau auquel on ajoute 5 ml de la solution tampon ammoniacale et 12 gouttes de l'indicateur noir Eriochrome, Titrer ensuite avec EDTA jusqu'au virage vers le bleu.

3) Expression des résultats

La dureté totale s'exprime en °F est donnée par la formule suivante :

$$\text{TH (}^{\circ}\text{F)} = \text{V (EDTA)}$$

V : est le volume en ml de la solution d'EDTA utilisée pour le mélange.

V.4.6. Mesure de la viscosité :

Pour déterminer la viscosité des différents échantillons de préparation fromagère pour tartine, nous avons utilisé un viscosimètre « » de laboratoire chimie du lait (FSI) à une température de 83 °C.



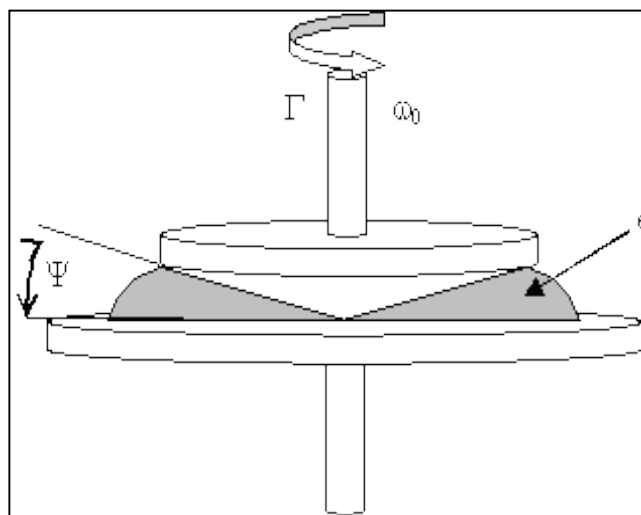
Figure N° 6 : photo du viscosimètre « Visco Basic Plus ».

V.4.7. Essai rhéologique des échantillons de fromage fabriqué à l'échelle de laboratoire

Pour déterminer le comportement rhéologique des différents échantillons de préparation fromagère pour tartine, nous avons utilisé un viscosimètre « thermo HAAKE VT 550 » de l'unité de recherche en matériaux(FSI) avec une géométrie cône plan.



Figure N °7: photo du viscosimètre « thermo HAAKE VT550 »



Echantillon de la
préparation fromagère

Figure N° 8: schéma de la géométrie cône plan du dispositif de mesure de la rhéologie (viscosité et contrainte) des échantillons de la préparation fromagère.

C'est un viscosimètre qui contrôle et caractérise des échantillons visqueux en mode de rotation déterminant leur comportement rhéologique telle que la viscosité et la contrainte.

La technique la plus utilisée avec ce type de viscosimètre, consiste à imposer une vitesse de cisaillement et calculer la contrainte de cisaillement et la viscosité apparente. L'angle de cône Ψ est très faible ($\leq 4^\circ$) pour obtenir un taux de cisaillement vertical constant dans le volume de mesure. un logiciel permet la programmation et le contrôle des paramètres d'essai [valeur de l'entrefer, déformation, temps, fréquence, isotherme, paliers, rampe ou profil de température (association de rampes et de paliers), contrainte de cisaillement ou gradient de vitesse dans le fluide, etc.], la sauvegarde et le traitement des données.

Un régulateur de température de type (HAAKE DC 30) est utilisé dans le but de maintenir la température à $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ durant toute la durée de l'analyse.

Essai de mesure :

Un échantillon de fromage ne dépassant pas un volume de $0,1 \text{ cm}^3$ est déposé à l'aide d'une fine spatule, sur la surface plane du dispositif de mesure. la géométrie supérieure tourne (cône) à une faible distance, l'échantillon en faible quantité remplissant le volume de mesure. Le résultat traité à l'aide d'un logiciel Rheowin-logiciel facultatif de HAAKE, est illustré par un graphe soit de la viscosité ou de la contrainte en fonction du temps.

Les constantes de mesure du dispositif en fonction des matériaux d'essai (préparation fromagère) sont les suivantes (en mode **PK-1°**) (**documents HAAKE, mode d'emploi**).

1. Cône :

- Rayon R (mm) : **14**
- Angle (10^{-2} rad) : **1,74**

2. Volume de remplissage (cm^3) : 0,1

3. Constantes :

- F (Pa/N cm) : **1740,0**
- M (min/mm) : **6**

V.5. Les analyses microbiologiques :

Le contrôle microbiologique concerne la recherche de micro-organismes susceptibles de contaminer le fromage. Les analyses microbiologiques reposent sur la recherche et le dénombrement des germes les plus significatifs du produit. A cet effet nous avons recherché :

- Flore totale
- Coliformes
- Levures et moisissures
- Clostridium sulfito-réducteurs.
- Staphylocoques

V.5.1. Matériel**a) Matériel biologique**

- L'eau
- Le fromage

b) Matériel et milieux de culture, (annexe N°3)

Le matériel et les milieux utilisés dans cette partie son résumés dans le tableau de l'annexe N°3 aussi, la composition de chaque milieu est représentée dans l'annexe N°3

V.5.2. Préparation des dilutions (Afnor, 1986)**a) Principe**

Les dilutions primaires (suspension mère) et les dilutions décimales ont été réalisées dans le but de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume, pour faciliter l'examen microbiologique.

Toutes les manipulations sont effectuées avec un maximum de précision et d'une manière aseptique.

b) Dilution décimales (cas des produits solides) :

Elle est réalisée selon les étapes suivantes :

- Introduire aseptiquement une quantité d'aliment X g
Ajouter le volume d'eau physiologique nécessaire pour obtenir la dilution voulue (on ajoutera au 1 g, neuf fois 9 ml d'eau physiologique).

Cette suspension constitue la solution mère qui correspond à la dilution « 10^{-1} ».

V.5.3. Méthodes utilisées**a) Recherche et dénombrement des germes totaux (Petranxiene et lapied, 1981) :****1) Principe**

Ils sont représentés par les germes aérobies mésophiles totaux. On incorpore 1 ml des solutions (10^{-1} , 10^{-2}) dans un milieu solide préalablement fondu, standard P.C.A pour dénombrement.

2) Mode opératoire :

A partir de la solution mère et les dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétrie vide et stérile. Couler 20 ml de la gélose P.C.A fondue puis refroidir à 45 °C.

Mélanger l'inoculum au milieu en faisant des mouvements circulaires. L'incubation se fait à 30 °C pendant 72 heures.

3) Lecture

Les colonies se présentent sous formes lenticulaire en masse. On ne dénombre que les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

Pour calculer le nombre de colonies par boîte, on multiplie le nombre trouvé par l'inverse de la dilution.

b) Recherche et dénombrement des coliformes (Petranxiene et lapied,1981).**1) Principe**

Les coliformes sont des entérobactéries qui fermentent le lactose avec production d'acide lactique et de gaz et leur détection consiste à incuber l'échantillon à 37 °C pendant 24 à 48 heures dans le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol BCPL comme agent sélectif au laboratoire de la FSI.

2) Technique :

Pour cette recherche il existe deux tests consécutifs :

❖ **Test de présomption** : recherche et dénombrement des coliformes totaux :

1) Technique :

A partir la solution mère et des dilutions décimales mettre dans les tubes du BCPL à raison deux tubes par dilution 1 ml par tube jusqu'à 10^{-3} .

2) Lecture :

Le résultat est positif quand il ya transformation de la couleur violette en couleur jaune et dégagement de gaz dans les cloches du durham et par traduisant ainsi la fermentation du lactose par des colonies de coliformes.

❖ Test de confirmation :

Ce test s'effectué si le résultat est positif, prélever alors 1 ml de la dilution ou le résultat est positif pour l'introduire dans des tubes contenant le milieu de « SHUBERT » ,puis incubé à 44°C pendant 48 heures ,puis ajouter quelque gouttes de réactif de réactifs de « KOVAKS »

1) Lecture :

L'apparition d'un anneau rouge vif à la surface de tube montre qu'il ya présence d'indole qui prouve l'existence d'Escherichia-coli.

c) Recherche et dénombrement des levures et moisissures :**1) Principe :**

Cette microflore acidophile est submergée sur la gélose à l'oxytetracycline appelée OGA.

2) Technique :

Faire liquéfier le milieu OGA dans un bain marie et le couler dans une boîte de pétrie stérile. Etaler 0,1ml de l'échantillon à la surface du milieu à la dilution et L'incubation se fait à 20°C pendant 5 jours.

3) Lecture :

Les colonies de levures sont brillantes, rondes et bombées, alors que les moisissures ont un aspect velouté et sont plus grandes.

d) Recherche et dénombrement des staphylocoques(petranxiene et Lapied ,1981).**1) Principe :**

La recherche des staphylocoques est basée sur l'emploi du milieu d'isolement et dénombrement sélectif, c'est le milieu de CHAPMAN.

2) Technique :

A partir de la solution mère et les dilutions décimales, porter 1 ml dans une boîte de pétrie. Couler le milieu CHAPMAN et mélanger l'inoculum au milieu en faisant des mouvements circulaires puis se fait l'incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

3) Lecture :

Les colonies caractéristiques des staphylocoques jaunes sont suspectes.

e) Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs :**1) Principe :**

Elle est basé sur leur croissance sur un milieu gélose viande foie(VF) rendu sélectif par le sulfite de sodium et l'alun de fer.les C.S.R sont anaérobies strictes, ils apparaissent comme des colonies noires sphériques.

2) Technique :

Deux tubes à essais contenant 5 ml de suspension mère .Porter ces tubes dans un bain marie à 80°C pendant 10 minutes afin d'éliminer les formes végétatives, puis refroidir sous l'eau de robinet. couler stérilement 15 ml de gélose VF et 1 ml de sulfite de sodium à 5% et quelques gouttes d'alun de fer à 5 %,mélanger soigneusement en évitant la formation de bulle d'air et ajouter huile de vaseline stérile pour crée l'anaérobiose après solidification incubée à 37°C pendant 72 heures.

3) Lecture :

La présence des clostridiums sulfito-réducteurs est mise en évidence par l'apparition des colonies d'un halo noir.les résultats s'expriment en nombre des spores par gramme de produit.

résultats et discussion

VI. Résultats :**VI.1. Résultats des analyses physico-chimiques :****VI.1.1. Le cheddar :**

Tableau N° 07: les résultats physico-chimique du cheddar :

Paramètres physico-chimiques	cheddar	Norme AFNOR
pH	5,2	5,1-5,5
E.S.T(%)	65,5	61-69 %
M.G(%)	34	30-38 %
H(%)	34,5	Max 39%
G/S(%)	51,9	Min 50%

❖ Interprétation :

Les résultats portés sur le tableau N°7 nous montrent que les valeurs du pH, l'EST et le taux en MG, du cheddar utilisé dans les essais de fabrication du fromage, sont respectivement de 5,2 ; 65,5% et 34 % et sont conformes à la norme AFNOR.

VI.1.2. La poudre de lait à 26 % de matière grasse :

Tableau N° 08: les résultats physico-chimique de la poudre de lait à 26 % de matière grasse :

Paramètres physico-chimiques	Poudre de lait à 26 %	Norme AFNOR
pH	6,6	6,5-6,6
E.S.T(%)	96,84	Min 96
M.G (%)	26	26
H (%)	2,82	Max 4

❖ Interprétation :

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre du lait à 26% de matière grasse, sont regroupés dans le tableau N°8 et nous révèlent que pH, l'EST, la MG et le taux d'humidité sont respectivement de 6,6 ; 96,84% ; 26% et 2,82% sont conformes à la norme AFNOR.

VI1.3. La poudre de lait à 0%de matière grasse :

Tableau N°9: les résultats physico-chimique de la poudre de lait à 0% de matière grasse :

Paramètres physico-chimiques	Poudre de lait à 0 %	Normes AFNOR
pH	6,6	6,5-6,6
E.S.T (%)	96,36	Min 96 %
M.G (%)	0	0
H (%)	3,64	Max 4

❖ **Interprétation :**

Les résultats mentionnés dans le tableau N°9, nous montrent que les valeurs pH, l'EST, MG et le taux d'humidité sont respectivement de 6 ,6 ; 96,36% ; 0% et 3,64% et ils sont conformes à la norme.

VI.1.4. Les sels de fontes :

Tableau N° 10: les résultats physico-chimique des sels de fontes :

Paramètre physico-chimique	Sels de fontes	Norme AFNOR
pH	9	-

❖ **Interprétation :**

Au niveau de l'unité fromagère Zerifi, le type de sels de fonte utilisé CORINO 92 BL. Son pH est de 9 et il est composé de poly phosphate de sodium(SIN452) et de Diphosphate de sodium (SIN450).

VI.1.5. L'eau :

Tableau N°11: les résultats physico-chimiques de l'eau :

Paramètre physico-chimique	Eau	Normes AFNOR
pH	7,44	6,5-8,5
TA (°F)	0	0
TAC (°F)	45	Max 50
TH (°F)	65	Max 60

❖ **Interprétation :**

Les résultats montrent que :

pH: est compris dans l'intervalle établi par la norme AFNOR.

TA : est conforme à la norme AFNOR.

TAC : est conforme à la norme AFNOR.

TH : est supérieur à la norme AFNOR, ce qui prouve que l'eau est riche en ions de calcium (Ca^{+2}) et magnésium (Mg^{+2}).

D'après les résultats nous pouvons conclure que l'eau utilisée dans fabrication de la préparation fromagère est très dure, la conséquence de cette dureté serait le dépôt de calcaire au niveau des tuyaux et des chaudières entraînant des modifications des débits d'écoulement et des phénomènes de corrosion de l'acier en contact avec cette eau, cette dureté n'influe pas sur le procédé de fabrication de la préparation fromagère.

VI.1.6. Le produit fini :

Tableau N°12 : les résultats physico-chimique des produits finis

- 1et 2 correspondent aux deux essais effectués.

Paramètres Echantillons	pH	E.S.T(%)	M.G(%) pour 1	M.G(%) pour 2	H(%)	G/S(%) pour 1	G /S(%) pour 2
Produit à 0 % d'amidon (A)	5,7	43,45	17	17	56,55	39,12	39,12
Produit à 2,5%d'amidon (B)	5,6	41,32	15,5	16,5	58,62	37,45	39,87
Produit à 5%d'amidon (C)	5,8	40,20	14	16,5	59,80	34,82	41,04
Produit à 7,5% d'amidon(D)	5,83	38,9	13,5	16	60,98	34,70	41,13
Produit à 10%d'amidon (E)	5,6	38,10	12	16,5	61,90	31,49	43,30
Normes de l'unité	5,5-5,9	Min.35	Min.13	Min .13	Max 65	Min .35	Min .35

❖ Interprétation :

Les résultats montrent que :

- Le pH est presque identique pour les cinq échantillons des préparations fromagères.
- L'E.S.T diminue avec l'augmentation du taux d'amidon ajouté pour les cinq échantillons. Ces résultats s'expliquent par le fait de la diminution de la quantité de cheddar qui contient principalement les protéines et matière grasse.
- le taux de matière grasse et le G/S pour l'essai 1 diminuent puisque nous avons diminué la quantité du cheddar qui est un fromage gras.

Mais nous avons procédé au 2^{ème} essai dans lequel nous avons ajouté de la matière grasse végétale pour atteindre les normes.

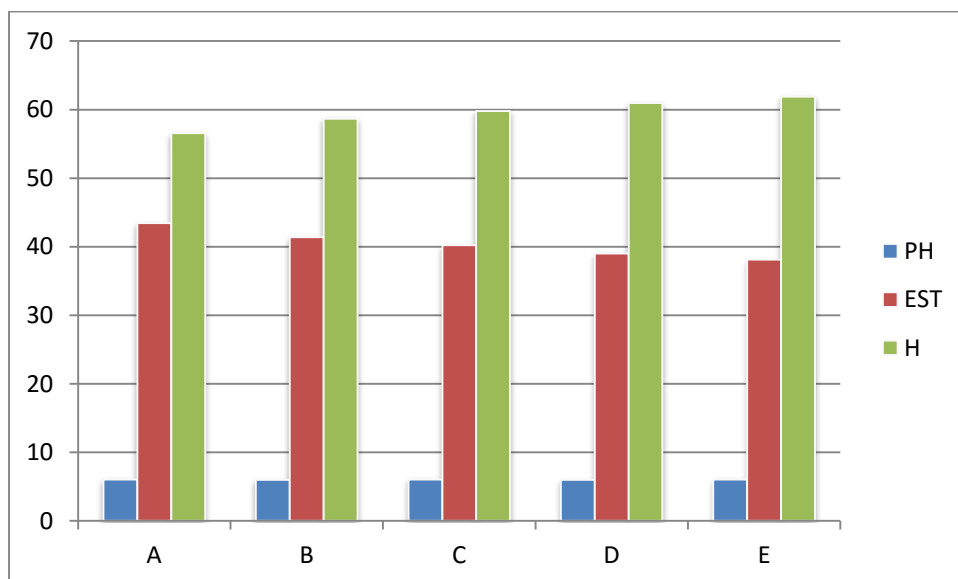


Figure N°9 : l'extrait sec total et l'humidité en % et le pH des différents échantillons de la préparation fromagère.

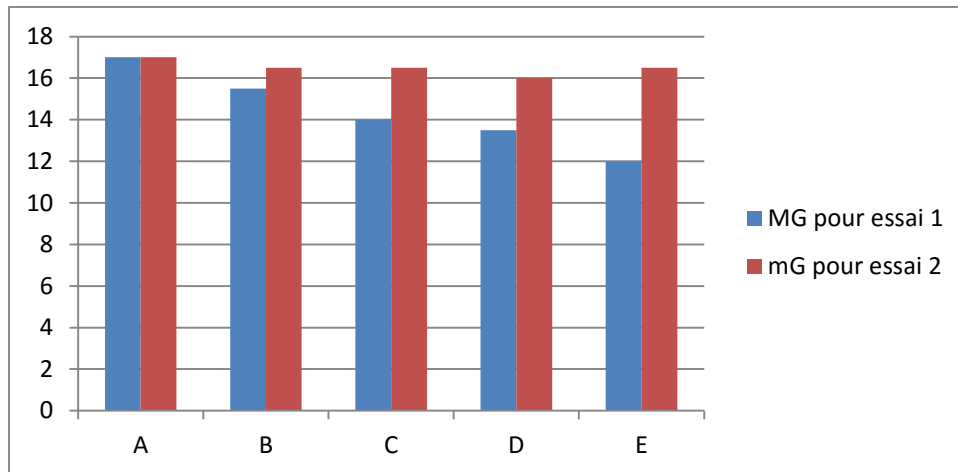


Figure N°10 : le taux de matière grasse pour l'essai 1 et 2 des différents échantillons de la préparation fromagère

VI.2. Résultat de la viscosité des différents produits :

Tableau N°13 : résultats de la viscosité des produits finis.

Produit	A	B	C	D	E
Viscosité (m.pa.s)	7122,5	9332,5	11542	12025	15039

Interprétation :

Les résultats montrent que l'amidon ajouté dans la préparation fromagère fait augmenter la viscosité car les granules d'amidon gonflent.

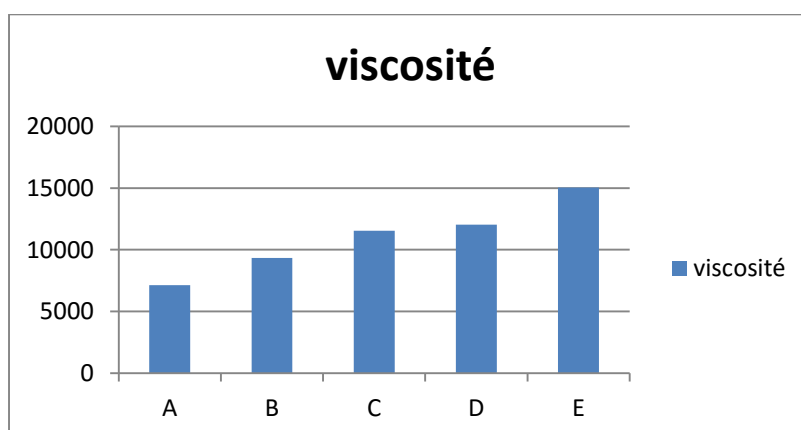


Figure N°11 : l'évolution de la viscosité des différents échantillons.

VI.3. Etude des propriétés rhéologiques de la préparation fromagère fabriquée à l'échelle du laboratoire.

Pour étudier l'effet de l'amidon dans la fabrication de la préparation fromagère sur le comportement rhéologique des échantillons, nous avons représenté l'évolution de la viscosité apparente et de la contrainte en fonction de la vitesse de cisaillement exprimé en (S^{-1}).

❖ Interprétation :

VI.3.1. Viscosité apparente :

Le graphe de la figure N°12 représente l'évolution de la viscosité du fromage en fonction de la vitesse de cisaillement en géométrie cône plan. Cette évolution négative, c'est-à-dire la viscosité diminue en augmentant la vitesse d'écrasement rotationnel du produit entre les deux surfaces du cône plan. L'allure des courbes est identique pour l'ensemble des échantillons et la diminution de la viscosité des échantillons est caractéristique d'un comportement rhéofluidifiant. La rhéologie des échantillons confirme leur texture de la préparation fromagère. D'après la courbe représentée sur la figure N°12, l'échantillon A (0% d'amidon) est le moins visqueux autrement dit c'est le fromage le plus mou facile à tartiner, il est suivi par l'échantillon B (2,5% d'amidon), C (5% d'amidon), D (7,5% d'amidon) et E (10% d'amidon).

Les résultats montrent que l'amidon influe sur la texture de la pâte de la préparation fromagère puisque l'amidon est considéré comme l'agent gélifiant.

VI.3.2. Contrainte :

La contrainte de cisaillement des échantillons de fromage est exprimée par les courbes de la figure N°13. Dans ce type de fluide, la contrainte de cisaillement augmente avec la vitesse. D'après la courbe, l'échantillon A (0% d'amidon) possède la plus basse valeur par rapport aux autres échantillons.

Les résultats obtenus montrent que si le taux d'amidon augmente la contrainte du cisaillement augmente. Toutefois, l'examen rhéologique de nos échantillons paraît mal résolu et les courbes obtenues ne manifeste pas réellement un comportement rhéofluidifiant. En effet, la texture molle des fromages obtenus n'est pas homogène suite à la présence de fins grumeaux dans la pâte du fromage. Cette texture grumeleuse est due au fait que la préparation du fromage a été réalisée à l'échelle de laboratoire avec toutes les contraintes observées lors de la fabrication. Sur Le plan rhéologique, les courbes présentent des artefacts et des coupures

qui lors du cisaillement, les fins grumeaux freinent d'une part la vitesse et d'autre part des espaces vides sont créés dans la pâte ce qui se manifeste par des coupures au niveau des courbes. La zone entre 0 et 90 S^{-1} est caractéristique de ce phénomène.

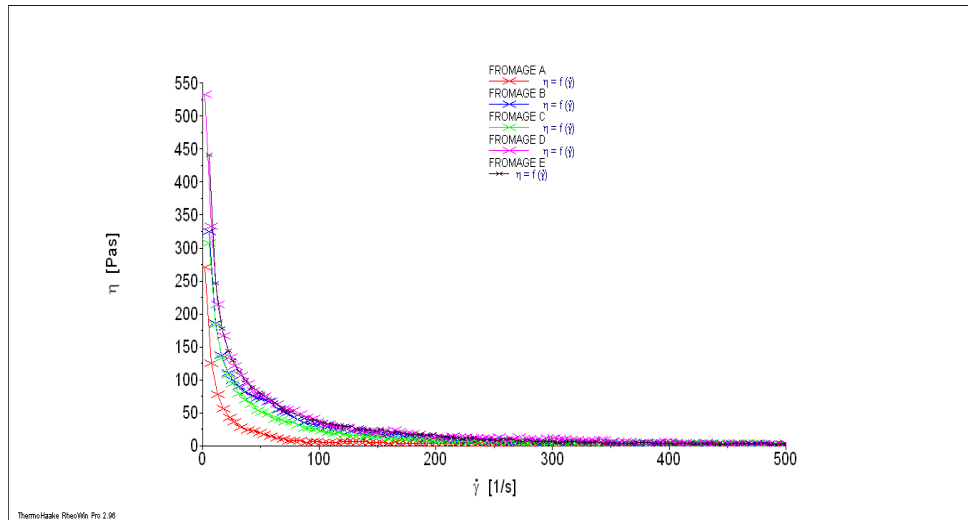


Figure N°12 : viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des échantillons de la préparation fromagère.

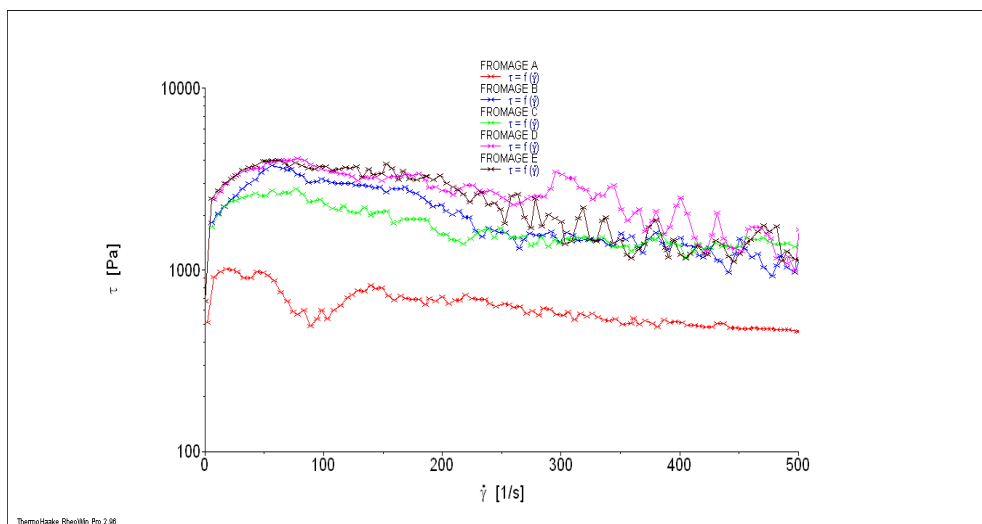


Figure N° 13 : la contrainte du cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement des échantillons de la préparation fromagère.

VI.4. Les analyses microbiologiques :**Tableau N°14 :** les résultats des analyses microbiologiques du produit fini :

Germes recherchés	E1	E2	E3	E 4	E 5	Norme OMS (germes/gr)
Flore totale	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁴	0
Staphylocoque	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0
Coliformes	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0
C.S.R	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0
Levures	100	100	110	100	105	<100
Moisissures	100	120	160	130	115	<100

❖ Interprétation :

L'analyse bactériologique du produit fini doit être considérée comme un test de vérification de l'hygiène de fabrication.

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini sont présentés dans le tableau N°14 ils révèlent :

- absence des germes pathogènes dans tous les échantillons.
- Présence des levures dans les cinq échantillons avec un nombre qui dépassent les normes et aussi la présence de moisissures qui dépassent les normes requises par l'OMS, due à la contamination de l'air.
- Absence du clostridium sufito-réducteur pour les cinq échantillons.

VI.5. Evaluation sensorielle :**VI.5.1. Tests sensoriels :**

Les tests sensoriels ont été réalisés sur les cinq échantillons de la préparation fromagère type fromage fondu et ont porté sur deux critères le gout et texture.

Les produits ont été numérotés comme suit :

A : préparation fromagère à 0% de l'amidon

B : préparation fromagère à 2,5 %de l'amidon

C : préparation fromagère à 5% de l'amidon

D : préparation fromagère à 7,5% de l'amidon

E : préparation fromagère à 10 %de l'amidon

Pour le présent travail le nombre de panélistes retenu est de 12 (non professionnels) et le nombre de produit 5.

Les panélistes doivent attribuer des notes de 1 à 5 pour chaque produit et chaque critère.



Figure N°14 : photo des échantillons de la préparation fromagère.

La méthode de notation utilisée est la suivante :

Texture	Note	Gout
Fermeté très bonne brillante lisse	5	très agréable
Fermeté bonne brillante lisse	4	agréable
Fermenté moyenne lisse	3	moyennement agréable
Fermeté mauvaise	2	mauvais
Fermeté très mauvaise	1	très mauvais

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau N° 15 où nous remarquons qu'il existe des réponses ex-æquo. Nous devons classer ces résultats de manière à ce que la somme des rangs soit la même pour tous les sujets.

Tableau N° 15: résultats des scores des critères gout et texture

	Gout					Texture				
Produit panélistes	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	4	4	3	2	2	5	4	3	3	3
2	4	4	5	2	4	3	4	3	3	3
3	4	4	5	3	4	4	3	3	3	4
4	4	3	5	3	2	3	3	4	4	2
5	3	2	5	3	2	4	2	4	3	3
6	3	2	5	3	3	4	2	4	3	3
7	4	2	4	3	2	3	3	4	4	5
8	2	3	5	3	2	3	4	3	3	3
9	3	2	5	3	2	4	5	2	3	3
10	2	3	3	2	2	3	4	3	3	3
11	4	3	3	2	2	4	3	2	2	2
12	3	1	3	5	5	4	2	1	4	4

Dans notre cas la somme des rangs est égale à 15. Les rangs ont été déterminés à partir des scores donnés par les panélistes. La somme des range par produit et par l'ensemble des sujets a été calculée. Les résultats sont consignés sur le tableau N 16 pour le gout et sur le tableau N17 pour la texture.

Tableau N16 : résultats de classement du critère gout.

	Produits					
Sujet	A	B	C	D	E	SOMME
1	2	2	3	4	4	15
2	3	3	1	5	3	15
3	3	3	1	5	3	15
4	3	3	1	3	5	15
5	3	4	1	3	4	15
6	3	5	1	3	3	15
7	2	4	2	3	4	15
8	4	3	1	3	4	15
9	3	4	1	3	4	15
10	4	1,5	1,5	4	4	15
11	1	3	3	4	4	15
12	3,5	5	3,5	1,5	1,5	15
Σ Rang	34,5	40,5	20	41,5	43,5	36

Tableau N 17: résultats de classement du critère texture.

	Produits					
Sujet	A	B	C	D	E	SOMME
1	1	2	4	4	4	15
2	3,5	1	3,5	3,5	3,5	15
3	1,5	4	4	4	1,5	15
4	3	3	2	2	5	15
5	2	5	2	3	3	15
6	2	5	2	3	3	15
7	4	4	3	3	1	15
8	3,5	1	3,5	3,5	3,5	15
9	2	1	5	3,5	3,5	15
10	3,5	1	3,5	3,5	3,5	15
11	1	2	4	4	4	15
12	2	4	5	2	2	15
Σ Rang	29	33	41,5	39	37,5	36

❖ **Interprétation statistique des résultats (test de Friedman)**

L'interprétation statistique des résultats s'inspire du test de Friedman basé sur le calcul de F.

➤ **Test de Friedman :**

C'est le test non paramétrique le plus employé en évaluation sensorielle car il correspond à une expérience équilibrée ou **n** sujets ont noté chacun les **p** produits de l'étude.

Les données sont donc appariées et la statique du test utilise les rangs des produits. Ces ranges peuvent être calculés à partir des notes données par les panélistes (**Danzart, 1998**).

Le test de Friedman est un test de X^2 d'écart entre la somme des range obtenus par chaque produit et une somme des range moyenne (celle qu'auraient tous les produits s'ils étaient classés ex-æquo, soit $n(p+1)/2$).

$$F = \frac{12}{n.p(p+1)} \sum_{i=1}^p \left[R_i - \frac{n(p+1)}{2} \right]^2$$

R_i désigne la somme des rangs affectés au produit i .

On calcule F sous la fore suivante :

$$F = \frac{12}{n.p(p+1)} [R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_p^2] - 3n(p+1)$$

Avec n = nombre de sujets.

P = nombre de produits.

$R_1, R_2, \dots, R_p$ = somme des range calculés à partir des scores donnés aux produits par les n sujets.

Pour conclure : F doit être comparée à la valeur théorique (s) lue dans la table du X^2 à $p-1$ degré de liberté au niveau 5 % (seuil de signification choisi $\alpha = 0,05$) ou 1 % ($\alpha = 0,01$).

Voir annexe, tableau N°2.

Si F est supérieur à la valeur (s) on peut conclure à d'une différence significative globale entre les échantillons.

Si F est inférieure à la valeur (s) lue sur la table on peut conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les produits.

➤ **Calcul de valeur de test de Friedman pour le critère texture :**

$$F = \frac{12}{12 \times 5(5 + 1)} [(29)^2 + (33)^2 + (41,5)^2 + (39)^2 + (37,5)^2] - 3 \times 12(5 + 1)$$

$$F = 3,31$$

La valeur lue sur la table X^2 (voir annexe) à degré de liberté 5% est de :

$$S = 9,49$$

$F < S \longrightarrow$ les produit sont perçus comme étant significativement identiques.

➤ **Calcul de valeur de test des Friedman pour le critère gout :**

$$F = \frac{12}{12 \times 5(5 + 1)} [(34,5)^2 + (40,5)^2 + (20)^2 + (41,5)^2 + (43,5)^2] - 3 \times 12(5 + 1)$$

$$F = 12,16$$

La valeur lue sur la table X^2 (voir annexe) à degré de liberté 5% est de :

$$S = 9,49$$

$F > S \longrightarrow$ les produit sont perçus comme étant significativement différents.

➤ **Détermination des couples d'échantillons qui différent entre eux :**

Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des rangs. la plus petite différence significative est égale à :

$$\delta = z \sqrt{n \times p(p + 1)/6}$$

Avec :

n = nombre de panélistes 12.

P = nombre de produits 5.

Z est la valeur lue dans la table gaussienne au niveau de l'annexe N °2 tableau N°2.

$$\frac{2\alpha}{p(p-1)} \text{ C'est-à-dire } [(2 \times 5\%)/5 \times (5 - 1)] = 0,5\%$$

Donc : $Z = 2,81$

$$\delta = 2,81 \sqrt{(12 \times 5(5 + 1)) / 6}$$

$\delta = 21,76$; Dans notre cas :

$|A-B| = |34,5-40,5| = 6 < 21,76$: les produits A et B sont perçus comme étant significativement identiques.

$|A-C| = |34,5-20| = 14,5 < 21,76$: les produit A et B sont perçus comme étant significativement identiques.

$|A-D| = |34,5-41,5| = 7 < 21,76$: les produit A et D sont perçus comme étant significativement identiques.

$|A-E| = |34,5-43,5| = 9 < 21,76$: les produit A et E sont perçus comme étant significativement identique.

$|B-C| = |40,5-20| = 20,5 < 21,76$: les produit B et C sont perçus comme étant significativement identique.

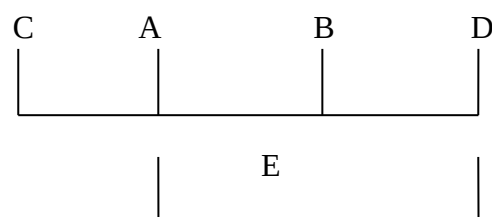
$|B-D| = |40,5-41,5| = 1 < 21,76$: les produit B et D sont perçus comme étant significativement identique.

$|B-E| = |40,5-43,5| = 3 < 21,76$: les produit B et E sont perçus comme étant significativement identique.

$|C-D| = |20-41,5| = 21,5 < 21,76$: les produit C et D sont perçus comme étant significativement identique.

$|C-E| = |20-43,5| = 23,5 > 21,76$: les produit C et E sont perçus comme étant significativement différents.

$|D-E| = |41,5-43,5| = 2 < 21,76$: les produit D et E sont perçus comme étant significativement identique.



❖ Interprétation :

L'analyse sensorielle des différents produits statistique des résultats n'ont montré aucune différence significative entre les textures des cinq produits testés. par contre du point de vue goût le test de Friedman a révélé qu'il y a une différence significative entre le produit C (5%) et le produit E (10%). Cependant les produits C (5%), A (0%), B (2,5%) et D (7,5%) sont perçus comme étant significativement identiques. Et les produits A, B, D et E sont aussi significativement identiques. Nous pouvons conclure que pour le critère de gout et de texture le meilleur produit obtenu parmi les cinq produits (A, B, C, D et E) est le produit C.

VI.6. Etude économique

Après avoir évalué la valeur nutritionnelle, la qualité organoleptique et hygiénique de notre fromage, il est nécessaire d'évaluer son prix de revient (tableaux N°18 et N°19).

Celui-ci s'obtient en additionnant les prix fixes (énergie, main d'œuvre, etc.) et le prix de l'emballage au prix de revient de la matière première.

Le tableau N18 indique les prix unitaires des ingrédients de notre fromage.

Tableau N 18: les prix unitaires des ingrédients d'un fromage (fromagerie ZERIFI, 2018)

Ingrédients	Prix unitaire en DA/Kg
Cheddar	1100,00
Poudre de lait à 0 % de matière grasse	320,00
Poudre de lait à 26 % de matière grasse	500,00
Sels de fonte	380,00
Matière grasse végétale	150,00
Amidon	67,00
Sels de table (NaCl)	22,00
Caraghénane	1400,00
Acide citrique	200,00

Tableau N19 : le prix de revient des ingrédients utilisés dans la fabrication du fromage fondu et préparation fromagère MIRY pour 1kg.

Matière première	Quantités (gr) fromage fondu	Prix(DA)	Quantités (gr) préparation fromagère	Prix(DA)
Cheddar	365	401,50	190	209,00
Poudre de lait à 0 % de M.G	-	-	37	11,84
Poudre de lait à 26 % de M.G	170	85,00	182,5	91,25
Sels de fonte	15	5,70	20	7,60
M.G.V	-	-	20	3,00
Amidon	-	-	60	4,02
Sels de table	-	-	4,5	0,099
Acide citrique	-	-	1,5	0,30
Caraghénane	-	-	4,5	6,30
Eau	450	-	480	-
Prix de revient des ingrédients	-	492,20	-	333,409

Interprétation :

Selon le prix de revient des matières premières utilisées, le fromage fondu a été évalué à un prix de 492,20 DA/kg, par rapport à la spécialité fromagère qui est de 333,409 DA/kg. Nous remarquons ici une différence de 158,791

Ce travail intéressera sans doute toutes les fromageries pour augmenter leur chiffres d'affaire puisque leur rendement est supérieur, mais il ne faut pas rester dans le contexte de prix seulement il faut travailler qualité, quantité et cout.

Conclusion

Conclusion :

Cette étude a été conduite dans le but de l'appréciation de la qualité de la préparation fromagère fabriquée à l'unité « ZERIFI » et la détermination de l'impact de l'amidon sur les paramètres physico-chimiques, sensorielles ainsi sur la texture et rhéologie du produit fini.

Au cours de cette étude, nous avons atteint un certain nombre des objectifs que nous avons fixés au début de notre travail.

Nous avons pu suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques du produit fini. et nous remarquons que Les résultats d'analyses des produits finis sont conformes aux normes exigées.

Les résultats du pH pour les cinq échantillons sont presque identiques donc nous pouvons dire que l'amidon n'a pas d'influence sur le pH.

Pour l'extrait sec total, il est à son tour sujet à une diminution par rapport à l'augmentation du pourcentage de l'amidon ajouté au produit.

D'après les résultats obtenus le taux de la matière grasse baisse avec l'ajout de l'amidon donc nous remarquons que l'amidon en remplaçant le cheddar a une influence sur la matière grasse qui diminue conjointement avec le cheddar, donc nous avons du ajouter de la matière grasse végétale pour combler le déficit et atteindre les normes.

Les résultats d'analyses microbiologiques de la spécialité fromagère montrent l'absence des germes pathogènes ainsi que les germes d'altération.

En ce qui concerne les produits finis, on note une absence totale des germes pathogènes à l'exception des levures et moisissures, mais leur nombre reste dans les normes (<100germes/g).

Par ailleurs, le test de Friedman utilisé pour l'interprétation statistique des résultats de l'analyse sensorielle portant sur le critère de goût et texture des différents produits testés, nous remarquons que pour la texture les produits finis sont perçus comme identiques mais par contre pour le goût il ya une différence significative entre les produits finis.

Pour l'étude économique, elle nous montre que le prix de revient du fromage fondu à base de cheddar est élevé donc l'objectif de notre travail est la mise au point de l'élaboration d'une préparation fromagère à tartiner moins coûteuse destinée à remplacer le fromage fondu.

Conclusion

Et pour les résultats de l'analyse rhéologique des échantillons de la préparation fromagère nous observons que l'échantillon qui contient 0% d'amidon est le moins visqueux par rapport aux autres qui contiennent de l'amidon donc ce dernier influe sur la viscosité de la préparation fromagère car considéré comme agent gélifiant.

Toute fois, les résultats d'analyse des courbes de contraintes et de cisaillement obtenues montrent que si le taux d'amidon augmente la contrainte augmente.

Enfin, il serait souhaitable de poursuivre ce travail, en essayant de mettre au point de nouvelles recettes de préparations fromagères dans le but d'améliorer le goût.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Alais et al, 1984 :

Alais Science du lait, principe des techniques laitières, 4^{ème} édition, Paris.

André Eck et al, 1997 :

André Eck, Jean-Claude Gillis, 1997. le fromage, 3^{ème} édition, technique et documentation, Lavoisier, paris.

Alais et al, 1997 :

Alais C et Linden G (1997) abrège de biochimie alimentaire, 4^{ème} édition.

Azza et al, 2010 :

Azza. M.M. Deeb. Al Hawary. Aman et Doaa M H Shahine (2010) Bactériologica a inVestigation ou Milk Powder in the Egyptien mark et with emphasis ou its safety.

Journal Global Veterinaria 4(5).

Arie et al, 2012 :

Process engineering of drying Milk Powder with Foam mat drying méthode. Journal of basic and applied scientific recherche, 2012.

Amellal R, 1995 : la filière lait en Algérie entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Option méditerranéennes CIHEAM-IAMM.

AFNOR 1986 :

Méthodes d'analyses du lait et ses produits laitiers recueil des normes françaises 2^{ème} édition.

Boutonnier. J. L, 2000 :

Fabrication du fromage fondu ; techniques de l'ingénieur, traite agro-alimentaire, F6310.

Darbon P, 1988 :

Pierre Darbon, biofutur, dossier le «Roi » Amidon,paris,1988.

Carole V, 2002 :

Carole vignola, science et technologie du lait, transformation du lait, 2002.

Références bibliographiques

Cheftel J.C et cheftel H .1977 :

Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Volume 2, techniques et documentation(Ed), paris, France.

Codex alimentarius, 1987 :

Codex alimentarius et produits laitiers ,1987.

Danzart ,1998 :

Danzart .M, statistique Evaluation sensorielle.

Technique et documentation, édition Lavoisier paris.

(FAO ,2008) :

Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Food et agriculture organisation.

Gillis et al, 1997 :

Gillis J.C et Eck A, le fromage de la science à l'assurance qualité.

3^{ème} Edition, technique et documentation.

Gassi.J.Y.et al, 2002 :

Gassi. J. Y, canier-Gaudron. B, Schuck. P, Goudédranche. H, 2002.

Procédé de transformation fromagerie (partie3), technique de l'ingénieur.

Gaucheron. F, 2004 :

Minéraux et produits laitiers, Québec 2^{ème} édition

Edition technique et documentation, France.

Guy et al, 1994 :

Guy Linden, Denis Lorient 1994.biochimie agro-industriel, Masson-paris.

JORF (journal officiel de la république française), 2007 :

Décret n.2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagère.

Luquet F.M ,1990 :

Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, tome 2, technique et documentation, Lavoisier, France.

Références bibliographiques

Lévêque et al, 2000 :

Emmanuel Lévêque, Bernard Haye, et Abdel Belarbi, 2000 L'amidon et ses dérivés application industrielles, édition scientifiques et médicales Elsevier SAS, paris.

Mahaut M et al, 2000 :

Initiation à la technologie fromagère, Tec & Doc, paris France

Mathieu J, (1998) :

initiation à la physico-chimie du lait Tech et DOC.

Manfred et al, 1998 :

Nicole molle et Manfred Molle, 1998.additifs alimentaires et auxiliaires technologiques, 2^{ème} édition, DUNOD, paris.

Meyer, 1973 :

processed cheese manufacture, Food Trade press Ltd, London.

Patracissiene D et Lapied 1981 : Qualité bactériologique du lait et produits laitiers analyses et tests Edition tec et doc paris.

Romain et al, 2007 :

Romain Jeantel, Thomas Croguenne, pierre Schuck, Gérard Brulé, sciences des aliments, volume 1, Lavoisier ; paris, 2007.

Annexes

Annexes

Annexe 1 :

Appareils utilisés



Centrifugation



Etuve



Dessiccateur



Bain marie



pH-mètre

Annexes

Annexe 2 :

tableau N°1 : Table de X^2

DDL α	10%	5%	2,5%	1%	1‰
1	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	9,24	11,07	12,83	15,09	20,52
6	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12	1,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	28,41	31,41	34,17	37,57	45,32
21	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	31,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25	34,38	37,65	40,64	44,34	52,62
26	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

Annexes

Tableau N°2 : Tables of the normal distribution

x	α	z	α	z	α	z	α	z	α	z	α
0,00	0,5000	1,00	0,1587	2,00	0,0228	0,00	1,0000	1,00	0,3174	2,00	0,0456
0,02	0,4920	1,02	0,1539	2,02	0,0217	0,02	0,9840	1,02	0,3064	2,02	0,0434
0,04	0,4840	1,04	0,1492	2,04	0,0207	0,04	0,9680	1,04	0,2984	2,04	0,0414
0,06	0,4761	1,06	0,1446	2,06	0,0197	0,06	0,9522	1,06	0,2892	2,06	0,0394
0,08	0,4681	1,08	0,1401	2,08	0,0188	0,08	0,9362	1,08	0,2802	2,08	0,0376
0,10	0,4602	1,10	0,1357	2,10	0,0179	0,10	0,9204	1,10	0,2714	2,10	0,0358
0,12	0,4522	1,12	0,1314	2,12	0,0170	0,12	0,9044	1,12	0,2628	2,12	0,0340
0,14	0,4443	1,14	0,1271	2,14	0,0162	0,14	0,8886	1,14	0,2542	2,14	0,0324
0,16	0,4364	1,16	0,1230	2,16	0,0154	0,16	0,8728	1,16	0,2460	2,16	0,0308
0,18	0,4286	1,18	0,1190	2,18	0,0146	0,18	0,8572	1,18	0,2380	2,18	0,0292
0,20	0,4207	1,20	0,1151	2,20	0,0139	0,20	0,8414	1,20	0,2302	2,20	0,0278
0,22	0,4129	1,22	0,1112	2,22	0,0132	0,22	0,8258	1,22	0,2224	2,22	0,0264
0,24	0,4052	1,24	0,1075	2,24	0,0125	0,24	0,8104	1,24	0,2150	2,24	0,0250
0,26	0,3974	1,26	0,1038	2,26	0,0119	0,26	0,7948	1,26	0,2076	2,26	0,0238
0,28	0,3897	1,28	0,1003	2,28	0,0113	0,28	0,7794	1,28	0,2006	2,28	0,0226
0,30	0,3821	1,30	0,0968	2,30	0,0107	0,30	0,7642	1,30	0,1936	2,30	0,0214
0,32	0,3745	1,32	0,0968	2,32	0,0102	0,32	0,7490	1,32	0,1868	2,32	0,0204
0,34	0,3669	1,34	0,0934	2,34	0,0096	0,34	0,7338	1,34	0,1802	2,34	0,0192
0,36	0,3594	1,36	0,0869	2,36	0,0091	0,36	0,7188	1,36	0,1738	2,36	0,0182
0,48	0,3520	1,38	0,0838	2,38	0,0087	0,38	0,7040	1,38	0,1676	2,38	0,0174
0,50	0,3446	1,40	0,0808	2,40	0,0082	0,40	0,6744	1,40	0,1616	2,40	0,0164
0,52	0,3372	1,42	0,0778	2,42	0,0078	0,42	0,6600	1,42	0,1556	2,42	0,0156
0,54	0,3300	1,44	0,0749	2,44	0,0073	0,44	0,6456	1,44	0,1498	2,44	0,0146
0,56	0,3228	1,46	0,0721	2,46	0,0069	0,46	0,6312	1,46	0,1442	2,46	0,0138
0,58	0,3156	1,48	0,0694	2,48	0,0066	0,48	0,6170	1,48	0,1388	2,48	0,0132
0,60	0,3085	1,50	0,0668	2,50	0,0062	0,50	0,6170	1,50	0,1336	2,50	0,0124
0,62	0,3015	1,52	0,0643	2,52	0,0059	0,52	0,6030	1,52	0,1286	2,52	0,0118
0,64	0,2946	1,54	0,0618	2,54	0,0055	0,54	0,5892	1,54	0,1236	2,54	0,0110
0,66	0,2877	1,56	0,0594	2,56	0,0052	0,56	0,5754	1,56	0,1188	2,56	0,0104
0,68	0,2810	1,58	0,0571	2,58	0,0049	0,58	0,5620	1,58	0,1142	2,58	0,0098
0,70	0,2743	1,60	0,0548	2,60	0,0047	0,60	0,5486	1,60	0,1096	2,60	0,0094
0,72	0,2676	1,62	0,026	2,62	0,0044	0,62	0,5352	1,62	0,1052	2,62	0,0088
0,74	0,2611	1,64	0,0505	2,64	0,0041	0,64	0,5222	1,64	0,1010	2,64	0,0082
0,76	0,2546	1,66	0,0485	2,66	0,0039	0,66	0,5092	1,66	0,0970	2,66	0,0078
0,78	0,2483	1,68	0,0469	2,68	0,0037	0,68	0,4966	1,68	0,0930	2,68	0,0074
0,80	0,2420	1,70	0,0446	2,70	0,0035	0,70	0,4840	1,70	0,0892	2,70	0,0070
0,82	0,2358	1,72	0,0427	2,72	0,0033	0,72	0,4716	1,72	0,0854	2,72	0,0066
0,84	0,2296	1,74	0,0409	2,74	0,0031	0,74	0,4592	1,74	0,0818	2,74	0,0062
0,86	0,2236	1,76	0,0392	2,76	0,0029	0,76	0,4472	1,76	0,0784	2,76	0,0058
0,88	0,2176	1,78	0,0375	2,78	0,0027	0,78	0,4354	1,78	0,0750	2,78	0,0054
0,90	0,2119	1,80	0,0359	2,80	0,0026	0,80	0,4238	1,80	0,0718	2,80	0,0052
0,92	0,2061	1,82	0,0344	2,82	0,0024	0,82	0,4122	1,82	0,0688	2,82	0,0048
0,94	0,2005	1,84	0,0329	2,84	0,0023	0,84	0,4010	1,84	0,0658	2,84	0,0046
0,96	0,1949	1,86	0,0314	2,86	0,0021	0,86	0,3898	1,86	0,0628	2,86	0,0042

Annexe 3 :

Appareillage :

Balance analytique

Etuve de 30°C ,37°C et 44°C.

Bain marie

Agitateur à tige

Bec bunsène

Flacon de pétrie.

Fiole.

Boîtes de pétrie.

Pipette graduées.

Milieux de culture :

1) Gélose standard pour dénombrement standard Plate Count Agar (PCA)

Hydrolyse trypsique de caséine.....5g.

Extrait de viande.....1g.

Extrait de levure.....2g.

Chlorure de sodium.....5g.

Agar15g.

Eau distillée.....1000ml.

Annexes

2) Gélase glucosée à l'oxytétacycline base pour milieu OGA.

Extrait de levure.....	5g.
Glucose.....	20g.
Agar	16g.
Eau distillée.....	1000ml.

3) Bouillon lactose propre de bromocrésole lactose (BCPL)

Peptone.....	5g.
Extrait de viande.....	3g.
Lactose.....	5g.
Pourpre de bromocrésol.....	0,025ml.

4) Gélase viande-foie :

Base VF.....	20g.
Glucose.....	0,75g.
Sulfite de sodium.....	1,2g.
Fer citrate ammoniacal.....	0,5g.
Carbonate de sodium.....	0,67g.
Agar-agar.....	11g.
Eau distillée.....	1000ml.

Annexes

5) Milieu de ROTHE :

Peptone.....	20g.
Glucose.....	5g.
Chlorure de sodium.....	5g.
Phosphate bi potassique.....	2,7g.
Phosphate de sodium.....	2,7g.
Aothyrate de sodium.....	0,2g.
Eau distillée.....	1000ml.

6) Milieu de SHUBERT :

Tryptose.....	0,2g.
Acide glutamique.....	0,2g.
Sulfate de magnésium.....	0,7g.
Citrate se sodium.....	0,5g.
Sulfate d'ammonium.....	0,4g.
Chlorure de sodium.....	2g.
Peptone.....	10g.
Mannitol	7,5g.
Phosphate disodique.....	4g.
Phosphate monosodique.....	0,6g.
Eau distillée.....	1000ml.

Annexes

7) Solution :

- Eau physiologique :

Chlorures de sodium.....9g.

Eau distillée.....1000ml.

- Solution de sulfite de sodium :

Sulfite de sodium.....5g.

Eau distillée.....100ml.

- Solution d'alun de fer :

Alun de fer.....5g.

Eau distillée.....100ml.

Annexe 4 : présentation de l'unité

La fromagerie « ZERIFI » est située à la cité Ben Bekhta Commune de corso-boumerdes (02 Km au sud de boumerdes, et 42 Km à l'est d'Alger).elle occupe une surface de 420 m².

L'activité principale de la fromagerie « ZERIFI » est la production et la commercialisation du fromage, préparations fromagères, préparations alimentaires et sauces.

La fromagerie ZERIFI à été crée en 2007 par son patron ZERIFI ABDELKADER.

Composition du l'unité :

Trois chambres froides pour stockage.

Magasin de stockage de l'emballage

Atelier de fabrication.

Atelier d'encartonnage, magasin de prestockage des matières premières, vestiaires, bache a eau, administration, laboratoire, lieux d'aisance, toilettes et cuisine.

Le personnel composé de 36 éléments : 1 responsable principal, 2 chefs d'équipes, 2 préparateurs, 4 conducteurs de clippeuses, 1 conducteur de portionneuse, 20 polyvalents et manutentionnaires,2 chauffeurs et 1 laborantine.

Annexes

Annexe N° 5:

Les photos des étapes des essais au niveau de la fromagerie :



Résumé :

les produits laitiers font partie des aliments riche en protéines et en calcium, parmi ces produits nous avons le fromage fondu qui est un fromage bien adapté aux pays chauds comme l'Algérie, c'est un fromage qui se conserve bien car stabilisé par traitement thermique malheureusement les matières premières sont importées surtout que la matière principale est le cheddar qui est un fromage dont le prix de revient est élevé. Nous avons donc nous avons élaboré une préparation fromagère avec des quantités moindres en cheddar que nous avons remplacé par de l'amidon afin d'obtenir un produit moins couteux que le fromage fondu.

تلخيص

يعتبر الحليب و مشتقاته من المواد الغذائية الغنية بالبروتينات و الكالسيوم ,من بينه الجبن الذائب و الذي يخفض جيدا وهذا لأنه لا يتأثر بدرجة حرارة عالية ,للأسف مواد الأولية تستورد من الخارج ,خاصة أن المواد الرئيسية هي جبن الشيدر الذي تكون كلفته عالية لذلك قمنا باستبدالها بالنشا للحصول على منتج ارخص من الجبن الذائب و هو تحضير جبني.

Résumer :

The milky products are one of the aliments which are rich of protein and calcium,between thes products we have the melted cheese that is well-adapted in the warm countries,as ALGERIA, This cheese is kept because it is stable by thermic traitement,unfortunality the raw materials are imported especially the principal material That is cheddar and it is very expensive, so we have tried to meke an other formulation of alimentaire preparation in order to replace the melted cheese, So we made a cheese preparation with starche to produce a cheaper product than processed cheese.