

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. M. OULHADJ - Bouira
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés



Mémoire

Réalisé par

CHEIKH Lina
REGHIOUI Rihana
Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Chimique

**Suivie de la chaîne de fabrication du beurre avec
évaluation des caractéristiques physicochimiques
et microbiologiques**

Déposé le 30/06/2022

Examiné par le jury :

M. KERNANI	Redha	MCB	UAMO	Examineur
M ^{me} . TALBI	Ouarda	MAA	UAMO	Examineur
M. SAHNOUNE	Mohamed	MCB	UAMO	Promoteur

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant, le Miséricordieux, de nous a donné le courage, la force, la santé et la persistance.

Nos vifs remerciements et nos profondes gratitudes s'adressent à notre encadrant de mémoire docteur SAHNOUNE Mohamed, qui nous a donné la chance de travailler sous sa direction. Nous le remercions pour sa présence, disponibilité, soutien et sa qualité de ses conseils.

Nous tenons à remercier notre jury de mémoire qui nous a honoré de faire partie de notre jury et a consenti d'examiner ce travail.

Nous remercions également tous les professeurs du département Génie des Procédés de l'Université de Bouira, qui a contribué à notre enseignement tout au long de notre parcours universitaire.

Nous tenons aussi à remercier vivement le directeur général de l'entreprise SARL HODNA Lait Monsieur BAKHTI Zakaria, qui nous a accueillis dans leur entreprise.

Nous remercions sincèrement notre maitre de stage LATRECHE Bilel, qui nous a épaulé et conseiller et qui nous a surtout transmis son expertise dans le domaine laitier. Ainsi que toutes l'équipe HODNA Lait dans les laboratoires d'analyses physicochimiques et microbiologiques sans exception.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont conseillés et lus pendant la rédaction de ce modeste travail

MERCI !

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous aviez déployés pour mon éducation et ma formation.

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère ZAAF Baya. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, long vie et bonheur.

À l'homme, mon précieux offre du dieu : mon cher père Merzoug, grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. J'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À ma chère sœur Rayhana et son mari Noredidine, mes chères frères Amir et Mohammed, mon qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance, le bonheur et la joie.

À ma chère copine Bouthaina, tu as toujours offert soutien et réconfort, j'exprime envers toi une profonde admiration, reconnaissance et attachement inconditionnels.

À tous mes amis pour leur compagnie et bons moments passés ensemble.

CHEIKH Lina

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents qui ont fait beaucoup de sacrifices et
Continuent d'en faire pour me voir réussir, qui ont veillé à mon
Instruction et qui m'ont soutenu durant toutes ces années.*

Mes très chers frères : ayoub, iyad.

Mes belles sœurs : mariem, manel, chaima.

Ma beau-frère : ismail, omar.

Mes amis tout au long de ma carrière universitaire ;

Rayane et lila

mon encadreur : sahnoune mohamed

A mes collègues de génie chimique promotion 2022.

A mon ex binôme et amie intime : ikram bahiri.

*Grand merci à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin
dans l'élaboration de ce travail.*

rihana

Liste des Abréviations

A	Acidité titrable.
C	Nombre de colonies comptées par boîte.
d	Facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.
ESD	Extrait sec dégraissé.
EST	Extrait sec total.
FTAM	Flore Aérobie Totale Mésophile.
h	Heure.
H	Humidité.
g	Gramme.
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne.
L	Litre.
MG	Matière grasse.
ml	Millilitres.
Min	Minutes.
n1	Nombre de boîtes comptées dans la première dilution.
n2	Nombre de boîtes comptées dans la deuxième dilution.
OGA	Gélose à l'Oxytetracycline.
pH	Potentiel Hydrogène.
PCA	Plate Count Agar.
T	Temperature.
UFC	Unité Formant Colonie.
V	Volume.
VRBG	Violet Red Bile Glucose.
°C	Degré Celsius.
°D	Degré Dornic.

Liste des tableaux

Tableau I.1. Les propriétés physicochimiques du lait	3
Tableau I.2. Composition pondérale moyenne du beurre	5
Tableau I.3. Les défauts de fabrication du beurre et ces corrections	15
Tableau II.1. Les paramètres mesurés par un Lactoscan.....	18
Tableau III.1. Résultats des analyses physicochimique de lait cru.....	30
Tableau III.2. Résultats d'analyses physicochimique de la crème pasteurisée.....	34
Tableau III.3. Résultats de mesure de pH durant le temps de maturation biologique.....	34
Tableau III.4. Résultats d'analyses physicochimique du beurre.....	35
Tableau III.5 Résultats de dénombrement des différents germes dans le beurre.....	37

Liste des figures

Figure I.1. Composition globale du lait de vache	3
Figure I.2. Microstructure du beurre à température ambiante	7
Figure I.3. Schéma de fabrication de beurre	9
Figure I.4. Représentation schématique des interactions entre les globules de graisse et les bulles d'air pendant le barattage. La graisse est liquide et est perturbée par l'entrée d'air (en haut). Les globules gras contiennent de la graisse solide et forment des amas de graisse (en bas).....	13
Figure II.1. Schéma de production du beurre de l'entreprise HODNA lait.....	17
Figure II.2. Analyseur Lactoscan.....	18
Figure II.3. Test antibiotique.....	20
Figure II.4. Test d'acidité par titrage.....	21
Figure II.5. Mesure pH de la crème.....	23
Figure II.6. Butyromètre de gerber (55%).....	24
Figure II.7. Détermination de l'humidité et EST par dessiccateur.....	25
Figure II.8. Détermination de la matière grasse du beurre.....	26
Figure II.9. Les deux phases obtenues après la fusion du mélange beurre diluent.....	27
Figure III.1. Résultats des tests antibiotiques pour les échantillons de lait cru.....	32
Figure III.2. Lecture de volume (ml) de NaOH après le titrage.....	33
Figure III.3. Résultat d'analyse de la matière grasse de la crème.....	33
Figure III.4. La courbe de variation du pH en fonction du temps.....	34
Figure III.5. Résultat de matière grasse du babeurre.....	36
Figure III.6. Résultats d'analyse microbiologique après l'incubation des boîtes pétri.....	37

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I.1. Le lait	2
--------------------	---

I.1.1 Définition	2
------------------------	---

I.1.2. Composition	2
--------------------------	---

I.1.3. Propriétés physico-chimiques	3
---	---

I.1.3.1. PH.....	3
------------------	---

I.1.3.2. Densité.....	4
-----------------------	---

I.1.3.3. Viscosité	4
--------------------------	---

I.1.3.4. Acidité titrable	4
---------------------------------	---

I.1.3.5. Le point de congélation	4
--	---

I.1.4. Microbiologie et critères hygiénique.....	4
--	---

I.2. Beurre.....	5
------------------	---

I.2.1. Définition	5
-------------------------	---

I.2.2. Composition	5
--------------------------	---

I.2.3. Structure	6
------------------------	---

I.2.4. Microbiologie du beurre.....	7
-------------------------------------	---

I.2.5. Processus de fabrication du beurre.....	8
--	---

I.2.5.1. Réception de lait de vache :.....	9
--	---

I.2.5.2. Ecrémage du lait :	10
-----------------------------------	----

I.2.5.3. La crème	10
-------------------------	----

I.2.5.4. Pasteurisation :	10
---------------------------------	----

I.2.5.5. La maturation	11
------------------------------	----

I.2.5.6. Barattage de la crème	12
--------------------------------------	----

I.2.5.7. Lavage et malaxage	13
-----------------------------------	----

I.2.5.8. Le conditionnement.....	14
----------------------------------	----

I.2.5.9. Le stockage à froid	14
------------------------------------	----

I.2.6. Qualité du beurre.....	14
-------------------------------	----

I.2.7. Défauts de fabrication de beurre	15
---	----

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

II.1. Lieu d'étude.....	17
-------------------------	----

II.2. Structuration de l'entreprise	17
---	----

II.3. Méthode de la production du beurre selon HODNA Lait.....	18
--	----

II.4. Echantillonnage	19
II.5. Analyses physico-chimiques	19
II.5.1. Lait cru	19
II.5.1.1. Principe	19
II.5.1.2 Test des résidus d'antibiotiques	20
II.5.1.3 Test d'acidité.....	21
II.5.1.4. Test d'ébullition	22
II.5.1.5. Test d'alcool.....	23
II.5.1.6. Mesure de l'extrait sec	23
II.5.2. Crème.....	23
II.5.2.1. Mesure de pH.....	23
II.5.2.2. Mesure de la matière grasse	24
II.5.3. Beurre	25
II.5.3.1 Mesure d'humidité et de l'ESD par méthode thermogravimétrique.....	25
II.5.3.2 Mesure de matière grasse (méthode de dosage d'après ROEDER).....	26
II.6. Analyses microbiologiques du beurre	27
II.6.1. Préparation de l'échantillon	27
II.6.2. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile (FTAM).....	28
II.6.3. Dénombrement des entérobactéries	29
II.6.4. Dénombrement de la flore fongique	29
II.6.5. Dénombrement de la <i>Staphylococcus aureus</i>	30
II.6.6. Comptage de colonies	30
CHAPITRE III : Résultats et discussions	
III.1. Caractérisation physico-chimique du lait cru	31
III.2. Test antibiotique	33
III.3. Test d'ébullition	33
III.4. Test à l'alcool	33
III.5. Analyses physicochimiques de la crème pasteurisée	33
Suivi du pH durant la maturation biologique	35
III.6. Analyses physicochimiques du beurre	36
III.7. Analyse microbiologique du beurre	37
Conclusion	38
Bibliographie	

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, le domaine laitier occupe une place très importante dans le secteur agroalimentaire, notre pays étant premier consommateur de produits laitiers du Maghreb : 115 litres/habitant/an en 2016 par un marché du lait estimé à 5 milliards de litres par an [1].

De fait, il couvre une grande partie des besoins en aliments d'une large partie de la population. Pour sa part, le beurre est l'un des dérivés laitiers largement utilisé par le consommateur pour ses qualités nutritionnelles et organoleptiques. C'est un produit fabriqué depuis des milliers d'années, mais c'est dès le XIX^{ème} siècle que son industrialisation apparaît suite à la réalisation de l'écrémeuse. Les améliorations technologiques réalisées dans le secteur du beurre, le barattage continu et le suivi de la fermentation des crèmes, ont alors permis de produire un beurre ayant des qualités organoleptiques et de conservation satisfaisante, sans altération.

Mais la filière lait, connaît quelques difficultés dues à plusieurs risques de contamination du lait et de ses dérivés dans les différentes étapes de la production, de la transformation et de la commercialisation sachant que cet aliment est un terrain très favorable à diverses contaminations et au développement de micro-organismes qui peuvent être pathogènes [2].

Cela a soulevé des questions qui nous ont interpellé et ont piqué notre intérêt pour ce sujet, Quelles sont les principales technologies utilisées pour la fabrication du beurre ? Comment contrôlent-ils sa qualité, de sa matière première à l'obtention d'un produit de haute qualité ? Et quelles sont les règles sur lesquelles ils travaillent et sur quelle base peut-on dire que le produit est prêt à être commercialisé ?

L'objectif de ce travail est d'étudier la chaîne de production du beurre et faire une appréciation de sa qualité par des analyses physicochimiques dès la matière première, puis de contrôler le produit final par analyses physicochimiques et microbiologiques spécifiques. Afin de traiter le sujet et de répondre aux questions émises, nous avons effectué un stage dans l'entreprise SARL HODNA lait qui se trouve dans la wilaya de M'sila. En suivant un plan de travail qui se compose en premier lieu d'un chapitre de synthèse bibliographique qui porte sur des généralités sur le lait et le beurre. Ensuite, un deuxième chapitre où nous avons présenté l'entreprise ainsi que les différentes techniques que nous avons utilisées pour analyser le lait et le beurre. Pour terminer, le travail a été complété par un chapitre qui montre les résultats que nous avons obtenus lors de notre stage avec leur discussion. Le travail sera conclu par une conclusion générale et quelques perspectives.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Le lait

I.1.1 Définition

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères et il est la principale source de nutrition disponible pour les nourrissons avant qu'ils ne soient capables de digérer d'autres aliments [3]. Le lait est également considéré comme un aliment complet pour les adultes, car il contient presque toutes les substances essentielles à la nutrition humaine, comme les minéraux, les vitamines et les protéines facilement digestibles avec des acides aminés équilibrés [4 ; 5].

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à ébullition avant consommation. Il doit être conservé à la réfrigération et consommé dans les 24 h [6]. Le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation [7].

I.1.2. Composition

Le lait de vache est un lait gras. Il comporte des nutriments essentiels et représente une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut contribuer de manière significative aux besoins nutritifs recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothenique [8]. Sa composition varie selon de nombreux facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse [9 ; 10]. D'un point de vue quantitatif, le lait se compose d'éléments majeurs et d'éléments moins abondants, dont beaucoup sont non dosable Comme composants majeurs : l'eau, la matière grasse, le lactose, les protéines et les matières salines, la figure I.1 présente la composition globale d'un lait de vache. Et comme éléments mineurs : les vitamines, les oligo-éléments, les gaz dissous, la lécithine, les enzymes et les nucléotides. Certains d'entre eux jouent un rôle en raison de leur activité biologique [11].

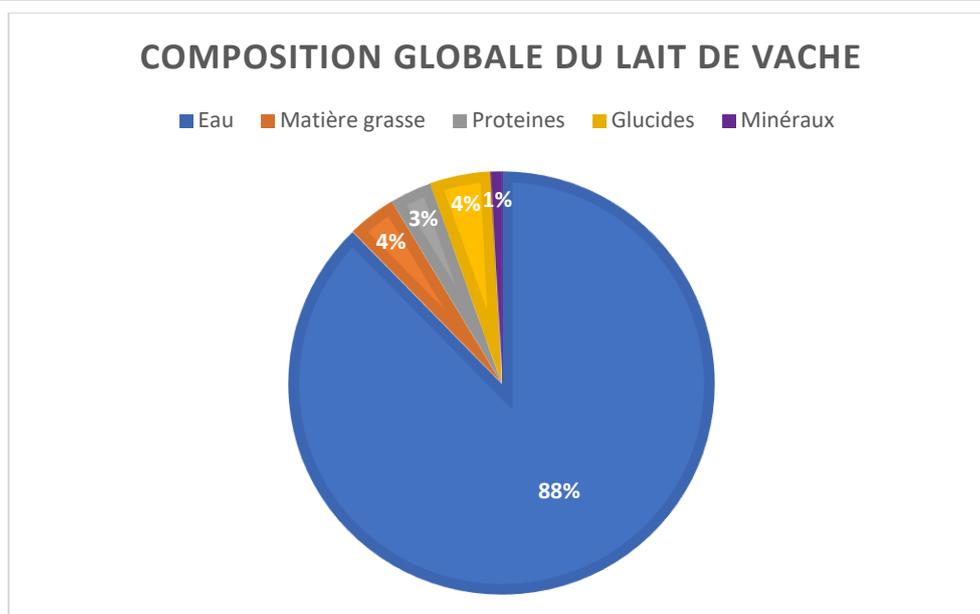


Figure I.10. Composition globale du lait de vache [12].

Une connaissance précise de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est nécessaire pour comprendre les transformations du lait et des dérivés obtenus lors des différents procédés industriels [12].

I.1.3. Propriétés physico-chimiques

La connaissance des propriétés physico-chimiques du lait est d'une importance capitale car elle permet de mieux évaluer la qualité de la matière première et de prévenir les traitements et les opérations technologiques adaptés [13].

Tableau I.4. Les propriétés physicochimiques du lait [12].

Caractère	Variation limites	Valeur moyenne
Acidité (% en eq. Acide lactique)	0,13 à 0,17	0,15
Densité à 15C°	1,028 à 1,035	1,032
Point d'ébullition (C°)	/	100,5
Point de congélation (C°)	- 0,530 à - 0,575	- 0,555
pH	6,6 à 6,8	6,7

I.1.3.1. PH

Le pH normal du lait de vache est de l'ordre de 6,7, le milieu aqueux contient plus d'ions (H_3O^+) que des ions de (OH^-). Cette valeur est en majeure partie liée au regroupement des protéines ionisables en base et dissociables en acide [14].

I.1.3.2. Densité

La densité du lait à 15 °C varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,032. Chaque constituant influe sur la densité du lait, sachant que la matière grasse est la seule composante qui a une densité inférieure à 1 [12].

I.1.3.3. Viscosité

Le lait est en effet notablement plus visqueux que l'eau car il contient une quantité importante de lipides en émulsion et de substances colloïdales. Il existe également des contaminations microbiennes qui sont responsables de la viscosité, telle que : *Leuconostoc mesenteroide* [15].

I.1.3.4. Acidité titrable

L'acidité titrable du lait correspond au titrage par l'hydroxyde de sodium en présence de phénol phtaléine en tant qu'indicateur coloré. La présence de ce dernier indiquera la limite de neutralisation par changement de couleur qui devient rose pâle [16].

I.1.3.5. Le point de congélation

Le point de congélation est la température de passage de l'état liquide à l'état solide [17]. Ont été capables de montrer que le point de congélation du lait est un peu plus bas que celui de l'eau pure, car la présence de solides solubilisés fait baisser le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait. Sa valeur moyenne se situe entre - 0.54 et -0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production.

En général, tous les traitements du lait ou les changements de sa composition faisant varier leurs quantités provoquent un changement du point de congélation [18].

I.1.4. Microbiologie et critères hygiénique

Le lait et les produits laitiers peuvent comporter des micro-organismes pathogènes pour les personnes et peuvent être des agents de transmission de maladies infectieuses. Ces germes dont les origines sont multiples (mamelle, environnement, homme... etc.) pourront être à l'origine d'intoxications alimentaires en infectant l'organisme des utilisateurs [7]. Les micro-organismes du lait sont répartis, selon leur importance, en deux grandes classes :

a. Flore indigène ou originelle

Quand le lait provient d'un animal en bonne santé et que sa collecte se fait dans des conditions aseptiques, il devrait contenir moins de 5000 UFC/ml. La flore indigène des produits laitiers est définie par tous les microorganismes qui se trouvent dans le lait à la sortie de la mamelle. Ces micro-organismes, plus ou moins abondants, sont en étroite relation avec l'alimentation, la race et autres paramètres. Les genres dominants de la flore indigène sont principalement des micro-

organismes mésophiles, les principaux micro-organismes indigènes sont *Lactobacillus*, *Streptococcus* ...etc. [19].

b. Flore de contamination

La flore de contamination correspond à l'ensemble des micro-organismes introduits dans le lait, de la production à la consommation. Elle peut être constituée d'une flore d'altération, qui provoquera des troubles sensoriels ou diminuer la durée de vie des produits, et d'une flore pathogène qui est capable de causer des malaises aux personnes qui consomment ces produits laitiers. L'ensemble des microorganismes qui s'ajoute au lait extrait du pis de vache, sont considérés comme une flore de contamination d'altération et pathogène, les principaux microorganismes de contamination sont *Clostridium* sp, *Staphylococcus aureus*...etc. [20].

I.2. Beurre

I.2.1. Définition

Le beurre est un produit fabriqué à partir des matières grasses du lait [21]. Selon le Codex alimentaire, le beurre est un produit gras provenant exclusivement du lait et/ou de produits laitiers, principalement sous forme d'émulsion du type eau dans l'huile [22].

En général, le beurre est fabriqué à partir de la crème par barattage et travail. Il contient un peu plus de 80 % de matières grasses, qui sont en partie cristallisées [23], 2 % au maximum de matière sèche non grasse et 16 % au maximum d'eau, un taux de matière grasse supérieur ou égal 40 % [24].

I.2.2. Composition

Le beurre est constitué essentiellement de la matière grasse du lait (82%) au sein de laquelle sont réparties des gouttelettes très fines (1 à 5 microns) de babeurre dilué par l'eau de lavage. Cette phase aqueuse ne doit pas excéder 18% dont 16% d'eau et 2% de matière sèche non grasse (lactose, protéine, sels minéraux) [25]. Le tableau I.2 montre sa composition pondérale moyenne [24].

Tableau I.5. Composition pondérale moyenne du beurre [26].

Composants	%	Détail et proportion	
Phase grasse	>82 (82 à 84)	Triglycérides	82%
		Phospholipides	0,2 à 1%
		Carotène	3 à 9 mg.Kg ⁻¹
		Vitamine A	9 à 30 mg.Kg ⁻¹

		Vitamine D	0,002 à 0,004 mg.Kg ⁻¹
		Vitamine E	8 à 40 mg.Kg ⁻¹
Eau	<16 (14 à 16)		
Extrait sec dégraissé	<1,8 (0,4 à 1,8)	Lactose	0,1 à 0,3%
		Acidité lactique	0,15 % beurre de crème acide
		Matière azotée	0,2 à 0,8%
		dont :	
		-caséine	0,2 à 0,6%
		-protéines solubles	0,1 à 0,05%
		-protéines membranaire, peptides, acides aminés	Traces
		Sels autre que NaCl dont :	0,1%
		-citrates	0,02%
		-vitamines C	3 mg.Kg ⁻¹
-vitamines B ₂	0,8 mg.Kg ⁻¹		

I.2.3. Structure

Storck, a été le premier à reconnaître les globules gras dans le beurre. Ils peuvent être facilement observés au microscope [27].

Les propriétés des globules gras du beurre sont en partie différentes de celles du lait. L'image au microscope polarisant suffit à le montrer. La plupart des globules gras du beurre ont une couche extérieure biréfringente, partiellement cristalline, contrairement à la plupart des globules gras du lait à la même température, qui présentent généralement de petits cristaux dans tout le globule [28]. Voir également la figure I.2 pour la disposition probable des cristaux de graisse.

Le diamètre moyen des globules de matière grasse dans le beurre est d'environ 3,5 à 4 µm. Ils sont sphériques, enveloppés d'une membrane biréfringente, composée par les molécules des

graisses ayant le point de fusion le plus haut, orientées radialement à la surface du globe. Ce sont seulement des globules occasionnels qui contiennent de faibles aiguilles de graisse. Il y a environ 18 à 28 % de matière grasse globulaire dans le beurre ordinaire [29]. La matière grasse libre ne contient ordinairement pas de cristaux de matière grasse visibles microscopiquement. Le beurre ayant le défaut dénommé « farineux » possède une certaine quantité de cristaux dans la matière grasse libre.

Les gouttelettes de la phase aqueuse ont un diamètre d'environ 1 à 30 μm et on peut même trouver quelques gouttes plus grandes. Les gouttelettes sont généralement sphériques ; elles ne contiennent pas de globules de matière grasse, même pas de petits, et n'ont jamais de couche biréfringente. Dans un spécimen ordinaire, l'incorporation d'air n'est généralement pas observable [30].

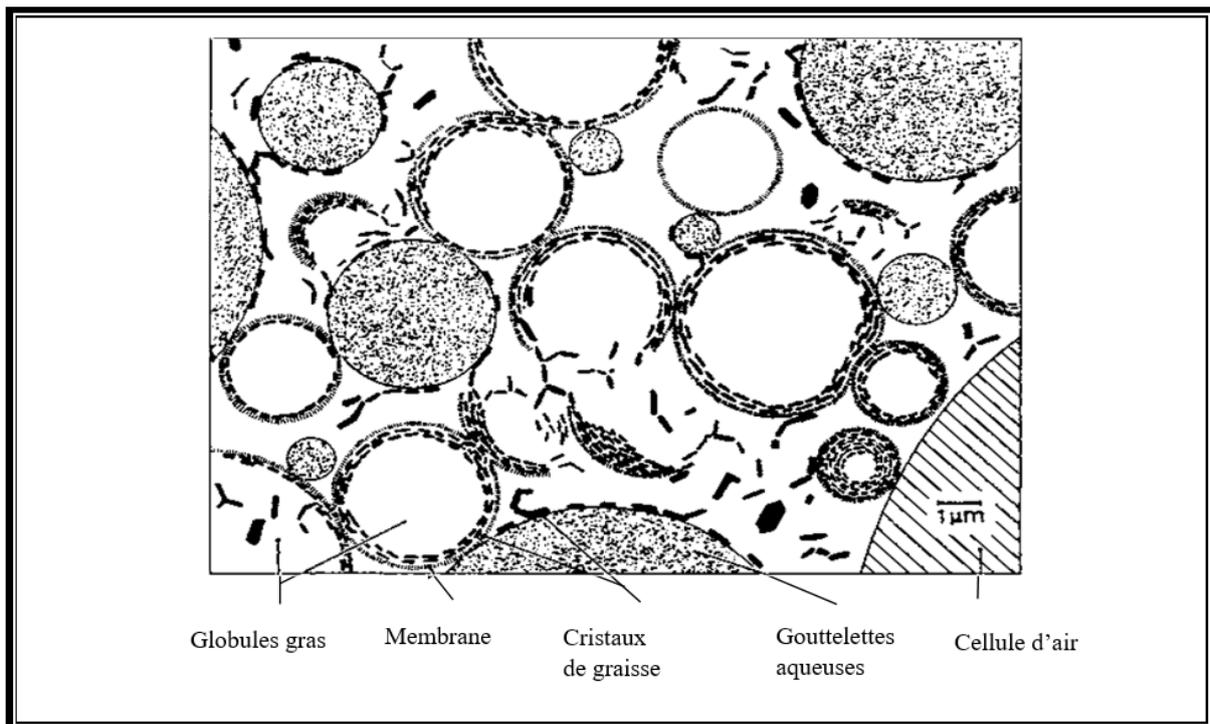


Figure I.11. Microstructure du beurre à température ambiante [31].

I.2.4. Microbiologie du beurre

Des bactéries lactiques d'acidité et d'arôme (*Lactococcus lactis* ssp *lactis*, *Le. Lactis* ssp *cremoris*, parfois *Leuconostoc*) participent à l'élaboration des qualités organoleptiques du beurre. Plusieurs types de micro-organismes peuvent être des agents de dégradation; tous d'abord, les bactéries lactiques peuvent entraîner une acidité trop forte, les coliformes et les

entérobactéries peuvent entraîner des mauvais goût dans la crème, les bactéries lipolytiques détruisent et oxydent les matières grasses, entraînant le rancissement du beurre, les bactéries protéolytiques peuvent dégrader la caséine du beurre et entraîner un goût de fromage, d'autres bactéries sont responsables de coloration ou de décoloration anormales et de mauvais goûts dans le beurre, les germes intervenant sont généralement psychrophiles en raison du stockage au froid. Enfin, les levures et moisissures peuvent provoquer des altérations de goût (moisis, acre, malté, caramélisé, etc.) [32].

I.2.5. Processus de fabrication du beurre

La fabrication du beurre consiste essentiellement à déstabiliser de manière contrôlée l'émulsion huile dans l'eau de la crème, à concentrer sélectivement les composants lipidiques en éliminant la fraction aqueuse du babeurre, puis à formation d'une émulsion eau dans l'huile stable [33].

Les principales étapes de fabrication de beurre sont résumées dans la figure suivante :

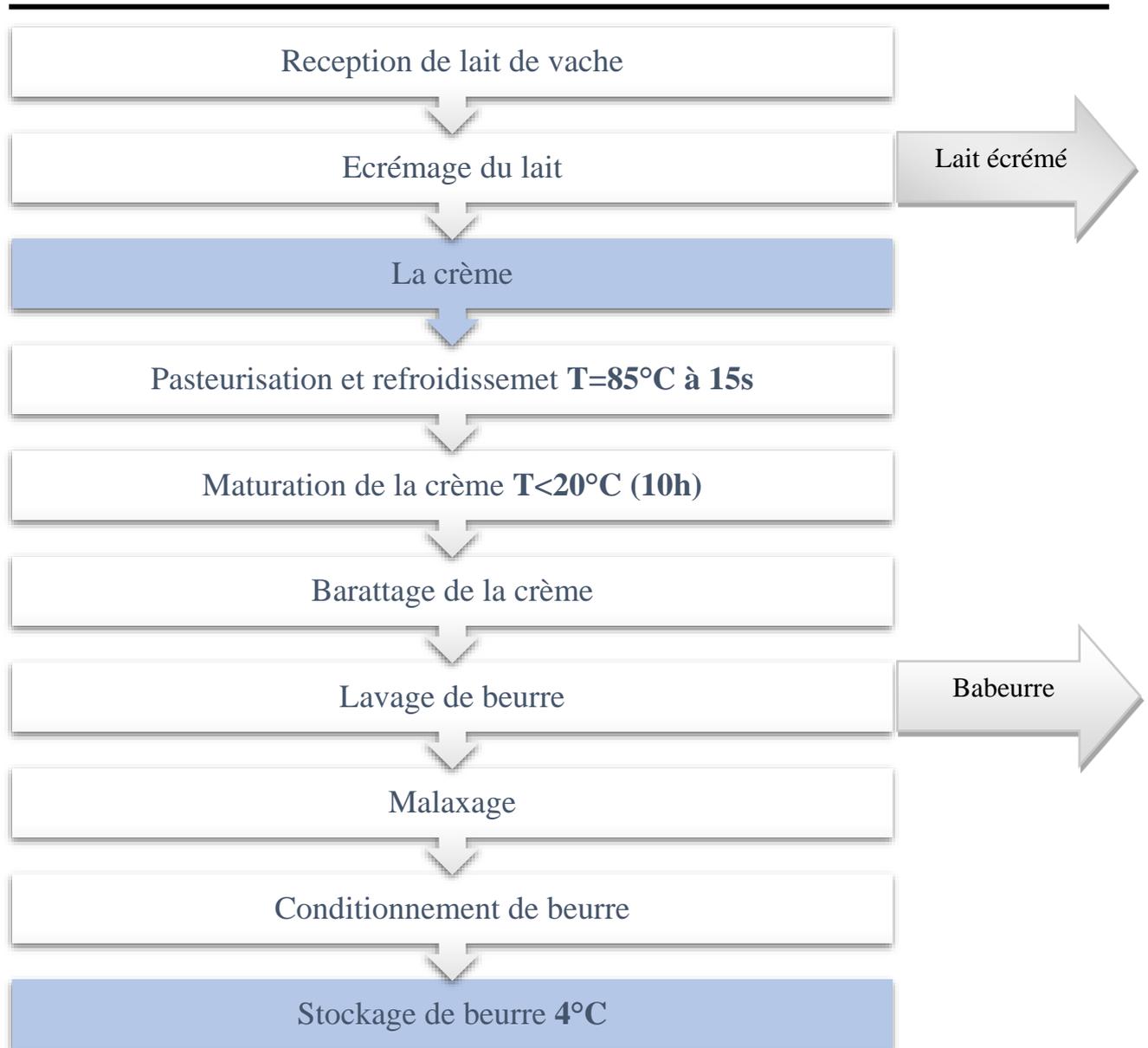


Figure I.12. Schéma de fabrication de beurre [34].

I.2.5.1. Réception de lait de vache :

En principe, les fabricants ne devraient jamais recevoir de lait qui n'est pas de première qualité. Le lait de vache est collecté quotidiennement dans les fermes pour être livré à l'usine. Il est transporté dans des camions de collecte (citernes) de différentes capacités (1100 à 20 000 litres) ou dans des bidons en acier inoxydable. Dès l'arrivée du camion, des échantillons sont prélevés pour analyse afin de vérifier la bonne qualité du lait avant sa transformation. Par exemple, nous cherchons des traces d'antibiotiques qui ont été administrés aux vaches. Le lait est ensuite refroidi et stocké dans des tanks avant d'être utilisé. Il est passé par une filtration grossière afin d'éliminer les différentes impuretés macroscopiques qui peuvent se déposer sur les parois des échangeurs, ensuite il y a un comptage individuel et global du lait par un

débitmètre, finalement il est transvasé et pré-stocké dans des cuves en inox pouvant contenir de 5000 L à 19000 L [35].

I.2.5.2. Ecrémage du lait :

L'écémage consiste à séparer la crème du lait. Ce phénomène naturel et spontané est facilité dans le monde industriel grâce à l'écémeuse-centrifugeuse. Au préalable, le lait est chauffé à 50°C pour bénéficier d'un meilleur rendement d'écémage. La crème fraîche obtenue contient 40 à 45% de matière grasse pour faciliter le barattage [36].

I.2.5.3. La crème

Selon le codex alimentaire, la crème est le produit laitier fluide relativement riche en matières grasses, sous la forme d'une émulsion de matière grasse dans le lait écémé, obtenue par séparation physique du lait [22].

La crème est obtenue en concentrant la matière grasse du lait par centrifugation. En suivant les paramètres de séparation, comme le réglage de la température, de la vitesse de centrifugation et du débit, la crème peut posséder une teneur en lipides allant de 30 à 60 % [37], incluant 20g d'acides gras saturés, 9g d'acides gras monoinsaturés, 1g d'acides gras polyinsaturés par 100g [38].

I.2.5.4. Pasteurisation :

L'effet thermique a pour objet principal le contrôle sanitaire de la crème [39]. "La crème pasteurisée" doit être soit (a) chauffée à une température d'au moins 63°C et maintenue à cette température pendant au moins 30min, (b) chauffée à une température d'au moins 72°C et maintenue à cette température pendant au moins 15s, ou (c) chauffée à toute autre température pendant toute autre période de temps ayant un effet équivalent pour l'élimination des organismes pathogènes végétatifs dans la crème. Ces crèmes pasteurisées doivent être refroidies dès que possible après la pasteurisation et présenter une réaction négative au test de la phosphatase [40].

Le traitement thermique utilisé pour la pasteurisation de la crème a généralement été plus sévère que le minimum légal, et ceci pour répondre aux critères suivants :

1. Destruction de tous les agents pathogènes.
2. Atteinte de la durée de conservation souhaitée par la réduction de la microflore d'altération.
3. Éviter les "goûts de cuisson" qui résultent de la production des composés soufrés volatils lorsque le lait et la crème sont chauffés à plus de 80°C ; ils disparaissent généralement en 1 ou 2 jours.

4. Destruction des enzymes du lait, en particulier des lipases, qui peuvent être à l'origine du rancissement [33].

➤ **Refroidissement de la crème :**

Une fois que la crème a été maintenue à la bonne température durant la période requise, elle devrait être refroidie immédiatement et aussi rapidement que possible. Si elle est refroidie lentement, elle donnera une texture de beurre farineux [41].

Elle comporte une foule de germes prêts à se développer. Parmi ces germes, certains sont ceux qui fabriquent l'acide lactique nécessaire à la maturation de la crème, et leur multiplication doit être favorisée. Une autre partie agit défavorablement durant cette maturation et par la suite dans le beurre une fois qu'il est fabriqué. Ils sont donc souvent la cause du mauvais arôme et de la mauvaise saveur du beurre [42].

De ce fait, le refroidissement rapide de la crème favorise la création de nombreux petits cristaux, et donc avec un refroidissement lent on aura de gros cristaux moins nombreux [12].

I.2.5.5. La maturation

La maturation de la crème peut réunir deux types de processus. Une maturation physique d'une part, qui assure une cristallisation appropriée de la matière grasse, et d'autre part, une maturation biologique qui favorise le développement de l'acidité et de l'arôme [43].

a. La maturation physique

Les propriétés rhéologiques du beurre sont largement liées aux propriétés thermiques et structurales des triglycérides qui constituent la matière grasse. La maturation physique, qui a pour but de solidifier une partie des triglycérides, est une opération fondamentale pour la production d'un beurre de qualité optimale et régulière malgré le degré de variabilité de la qualité de la crème. L'application d'un cycle thermique approprié permet d'orienter la cristallisation des triglycérides et de corriger ainsi les éléments liés à la saison.

Ainsi, le régime de refroidissement utilisé pendant la maturation physique influence à la fois la quantité de graisse solidifiée par cristallisation et le degré d'agglomération des globules gras. Ce dernier facteur est essentiel pour conditionner l'aptitude de la crème au barattage. Les globules gras se trouvent dans un état métastable de grande fragilité dans la crème pour une dizaine de minutes après le refroidissement.

Aussi, toute contrainte mécanique, durant cette phase, entraîne une libération de graisse liquide qui agglomère les globules gras. La crème est plus visqueuse, l'agitation doit être plus longue et plus énergique [44].

b. La maturation biologique

Il s'agit de la méthode traditionnelle, directement issue de la production de la ferme à partir de crème crue.

Elle a 3 objectifs [45] :

1. Développer quelques saveurs caractéristiques du beurre,
2. Abaisser le pH pour garantir une protection biologique ($20-40^{\circ}\text{C}$; $4,7 < \text{pH} < 5,8$)
3. Favoriser l'inversion de phase et la coalescence des globules gras en réduisant leur potentiel de surface à faible pH.

La maturation biologique prend environ 10 heures. Elle peut donc être réalisée pendant la maturation physique (durée entre 16 et 18 heures) [45].

Lorsque le pH arrive à 5,6 - 5,8, l'activité des ferments est généralement ralentie par un refroidissement à 8°C . La crème est ensuite réchauffée à 10 à 13°C avant de passer dans le butyrateur pour réduire sa viscosité [45].

Il est à noter que la maturation biologique traditionnelle correspond à un minimum de 12 heures entre 9 et 15°C [45].

I.2.5.6. Barattage de la crème

La fabrication du beurre demande deux étapes distinctes, l'inversion de l'émulsion de la crème puis la sortie du babeurre, c'est le barattage [12].

Pendant le barattage, l'air est battu dans la crème et se disperse en petites bulles. Les globules gras touchent ces bulles, étalent souvent une partie de leurs substances membranaires et une partie de leur graisse liquide sur l'interface air-eau, et se fixent aux bulles ; une bulle "attrape" plusieurs globules. Cela ressemble à la flottation, bien que dans la vraie flottation la mousse soit collectée. Dans le processus de barattage, cependant, les bulles d'air continuent à se déplacer dans le liquide et se heurtent les unes aux autres. Elles coalescent donc, et de cette façon leur surface diminue. Par conséquent, les globules gras qui adhèrent sont poussés les uns vers les autres. La graisse liquide agit alors comme un agent collant et les globules gras s'agglutinent. C'est ainsi que se forment de petits amas de graisse. Tous ces changements sont illustrés dans la figure I.4.

Ces amas participent à leur tour au processus de barattage, ce qui donne lieu à des amas encore plus gros. Lorsque les amas deviennent plus gros, il y a de plus en plus de collisions directes entre eux, et les amas grossissent sans que les bulles d'air ne jouent plus un rôle important. La flottation prédomine donc dans un premier temps et l'agglutination mécanique simple dans un second temps. En outre, de plus en plus de matière grasse liquide et de matière de la couche superficielle sont libérées (elles s'étalent d'abord sur les bulles d'air et se désorbent

partiellement dès que les bulles coalescent) ; c'est ce qu'on appelle la graisse colloïdale, qui se compose de minuscules globules de graisse liquide et de restes de membrane. Vers la fin du barattage, il reste peu de mousse, probablement parce qu'il reste trop peu de globules gras pour couvrir les bulles d'air et ainsi stabiliser ces bulles [23].

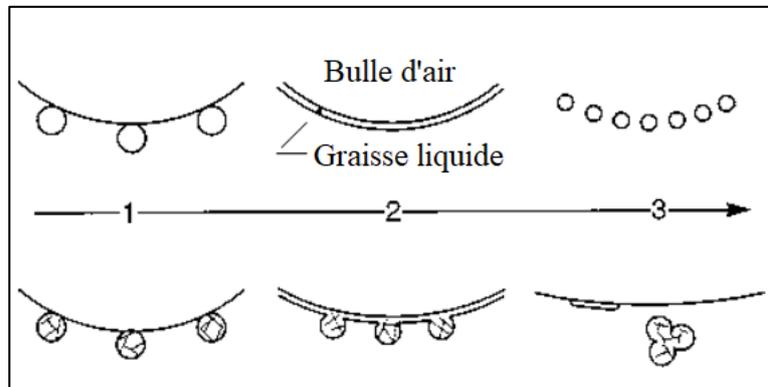


Figure I.13. Représentation schématique des interactions entre les globules de graisse et les bulles d'air pendant le barattage. La graisse est liquide et est perturbée par l'entrée d'air (en haut). Les globules gras contiennent de la graisse solide et forment des amas de graisse (en bas).

➤ Le babeurre

C'est un fluide blanchâtre qui vient après la formation du beurre, sa composition est proche de celle du lait écrémé [24]. Il est principalement constituée d'eau, de lactose, de protéines et de minéraux [78].

I.2.5.7. Lavage et malaxage

I.2.5.7.1. Le lavage

Il sert à refroidir et à resserrer le grain, à diluer les gouttelettes de babeurre par l'eau dans le but de limiter le développement microbien [26].

Le beurre devra être lavé deux fois au plus par le remplissage de la baratte à moitié avec de l'eau pure et fraîche, et en la tournant à plusieurs fois. Le babeurre sera versé, à la sortie de la baratte, dans un tamis, pour garder tous les grains qui peuvent s'échapper avec lui.

Une fois la crème bien refroidie et bien mûre, et le barattage effectué à une température convenable, un seul lavage suffit généralement. Après le lavage, on laisse le beurre s'égoutter pendant un certain temps. Il est également recommandé de sécher le beurre par un mouvement rapide de la baratte après l'égouttage de l'eau de lavage [42].

I.2.5.7.2. Le malaxage

Il favorise la soudure des grains de beurre et la fragmentation de la phase aqueuse en fines particules de diamètre moyen inférieur à 10 microns au sein du matière grasse. C'est un facteur essentiel pour la conservation du beurre [26].

Il est recommandé de continuer à malaxer jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de gouttelettes d'eau visibles dans le beurre et qu'une consistance ferme, une texture de type cireuse et un aspect brillant soient obtenus [34].

I.2.5.8. Le conditionnement

Le conditionnement est obligatoirement neuf et répond aux conditions posées par la répression des fraudes. Notamment, les matériaux utilisés doivent faire partie d'une liste de matériaux approuvés et être inertes au beurre.

L'emballage du beurre sert à préserver le produit des détériorations chimiques et microbiologiques et à le protéger des chocs mécaniques [34].

Il est variable :

1. Des micro formats pour la restauration individuelle ou collective.
2. En plaques, barquettes ou rouleaux (70% en plaques de 250g pour la consommation familiale).
3. Grands formats pour l'industrie alimentaire.

Les matériaux utilisés sont le papier, l'aluminium et certains plastiques thermoformés : ils doivent avoir une bonne étanchéité, une protection contre la lumière, l'oxygène et les odeurs environnementales [45].

I.2.5.9. Le stockage à froid

Après le conditionnement, il est nécessaire de refroidir rapidement le beurre pour lui donner une texture et une consistance souhaitables. Le beurre destiné à la consommation immédiate est généralement maintenu à 4°C/48h pour arriver à la consistance désirable, le beurre destiné au stockage à long terme nécessite une congélation et un stockage entre -18 et -25°C, ce qui réduit considérablement l'activité lipolytique [12].

I.2.6. Qualité du beurre

Le commerce souhaite désormais une couleur jaune paille très claire. La couleur naturelle du beurre dépend de la race des vaches, de leur état maigre ou gras, de la nature des pâturages et de la saison [42].

Le beurre doit respecter des normes de composition et d'hygiène qui sont vérifiées par des analyses appropriées. Les vérifications les plus courantes concernent la teneur en matières grasses (minimum 80%), en eau et en sel. Par ailleurs, le dénombrement des levures et des

moisissures renseigne sur les conditions hygiéniques de fabrication : leur présence éventuelle est un signe de recontamination après la pasteurisation de la crème.

De plus, le beurre est évalué selon des normes de qualité sensorielle au moyen d'une échelle de points après l'examen de la saveur et de la texture [34].

I.2.7. Défauts de fabrication de beurre

Tableau I.6. Les défauts de fabrication du beurre et ces corrections [46].

Défauts	Origines	Prévention / Correction
Texture collante (Teneur en eau trop importante) (Beurre été)	Sur malaxage et/ou manque de cristallisation de la matière grasse trop liquide à T °C ambiante	Meilleure maturation physique Améliorer le barattage / malaxage (plus froid)
Texture cassante, friable (Beurre hiver)	Composition de la matière grasse Matière grasse trop cristallisée Crème trop acide	Alimentation plus sèche (foin, avoin) Meilleure maturation physique au Revoir maturation biologique
Texture farineuse	Barattage insuffisant de la matière grasse trop cristallisée	Eviter l'agitation forte de la crème avant barattage
Manque de goût	Maturation biologique insuffisante	Dose ferments, paramètre de maturation
Goût acide	Maturation biologique trop poussée	Meilleure maturation biologique Malaxage plus poussé (évacuer plus d'eau)
Goût putride	Bactéries d'altération	Hygiène
Goût fermenté (Fromage alcool)	Contamination microbienne (Bactérie psychrophile)	Conditions de stockage Refroidissement de la crème Âge de la crème
Goût yaourt	Excès de <i>Lactococcus diacetylactis</i>	Favoriser les leuconostocs
Goût de rance	Flores lipolytiques Crème trop âgée Mauvaise acidification	Revoir la maturation et l'hygiène
Goût métallique / oxydé	Crème trop acide Eau riche en Fe / Cu	Dose / Temperature maturation biologique

	Trop exposé à l'air et/ou la lumière	Qualité de l'eau de lavage Emballage plus hermétique
--	--------------------------------------	---

CHAPITRE II

Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

Ce travail a été réalisé sur une période de 3 mois (de février à avril 2022), nos analyses furent réalisées au sein du laboratoire de laiterie "SARL HODNA Lait " située à la wilaya de M'sila. Notre étude a pour objectif d'évaluer et contrôler la qualité du lait dès sa réception dans l'usine jusqu'à l'obtention du beurre avec des analyses physicochimiques et microbiologiques.

II.1. Lieu d'étude

Le travail expérimental est réalisé au niveau des laboratoires d'analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'entreprise HODNA-Lait, spécialisée dans la fabrication du lait et produits laitiers, c'est une société à responsabilité limitée (SARL), Créée fin 1999 par monsieur DILMI ISMAIN. Située dans la zone industrielle du chef-lieu de la wilaya de M'sila, elle s'étale sur une superficie de six hectares. Elle comprend 6 ateliers de production (tableau 4) qui fonctionnent en régime continu (trois équipes × 8 heures). Le lait a été fourni par des entreprises des wilayas voisines.

II.2. Structuration de l'entreprise

Dans la SARL HODNA Lait on trouve différents ateliers comme suit :

Atelier1 : Lait pasteurisé, l'ben et raïb en coussin plastique.

Atelier2 : Produits lacto-fermentés et desserts lactés.

Atelier3 : Produits lacto-fermentés, Fromage frais et Produits desserts lactés.

Atelier4 : Yaourt à boire aromatisé et fruité, leben et raïb.

Atelier5 : Lait UHT en TetrabriK de 01 litre, Beurre en carton de 25kg et Beurre en barquette de 250gr.

Atelier6 : Crème dessert, Flan au caramel de nappage.

II.3. Méthode de la production du beurre selon HODNA Lait

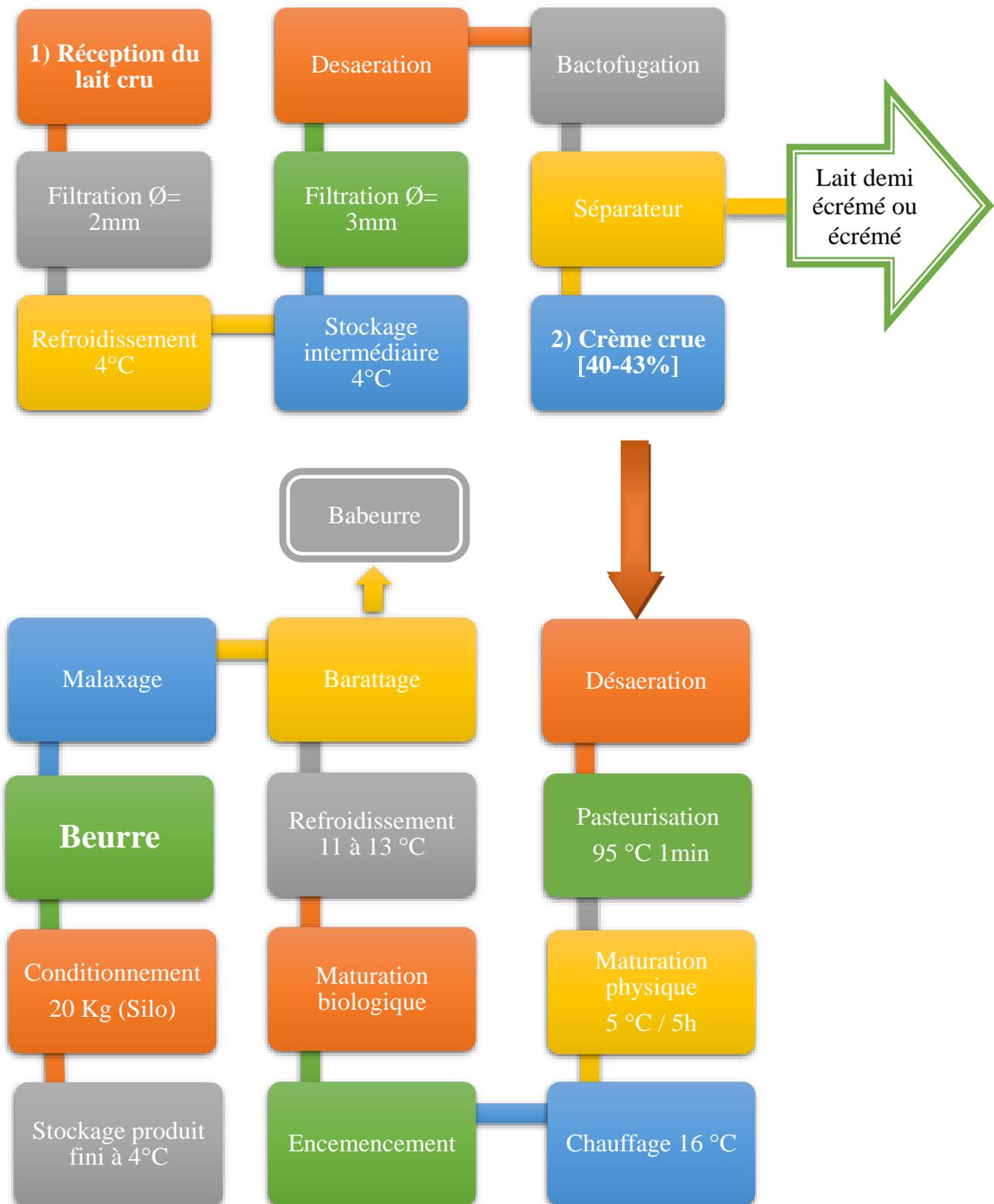


Figure II.1. Schéma de production du beurre de l'entreprise HODNA lait.

II.4. Echantillonnage

Un mélange de lait cru a été collecté de quatre fermes en Février 2022. Le prélèvement des échantillons est effectué après la traite mécanique directement à partir des cuves de stockage dans des flacons en verre stériles. Ils sont transportés à 4°C et à l'obscurité jusqu'au laboratoire où les analyses sont effectuées.

II.5. Analyses physico-chimiques

II.5.1. Lait cru

II.5.1.1. Principe

L'analyse physicochimique du lait cru est effectuée avec l'analyseur ultrasonique **Lactoscan Model SP**, il peut mesurer rapidement divers paramètres de qualité du lait. La mesure prend environ 50 secondes. Le tableau suivant montre les paramètres affichés sur l'écran de l'appareil (figure II.2). [47].

Tableau II.1. Les paramètres mesurés par un Lactoscan.

Symbole	Paramètre (en pourcentage)
F	Matière grasse
S	Extrait Sec Dégraissé
D	Densité
P	Protéine
C	Lactose
W	Mouillage



Figure II.2. Analyseur Lactoscan.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Après rinçage de l'appareil par l'eau.
- ✓ Introduire une quantité de lait à analyser dans un bêcher.
- ✓ Porter le bêcher au LACTOSCAN et tromper la sonde de l'appareil dans le bêcher puis appuyer sur le bouton ENTRER.
- ✓ L'appareil absorbe une quantité du lait.
- ✓ Après 50s, les résultats d'analyse seront affichés sur l'écran de l'appareil.

II.5.1.2 Test des résidus d'antibiotiques

Principe

Cette méthode se base sur des réactions chimiques avec des réactifs attachés à des particules d'or. Le réactif se lie à toute substance antimicrobienne des bêta-lactames ou des tétracyclines contenue dans le lait, la substance antimicrobienne bloque la migration ultérieure du réactif sur le milieu immuno-chromatographique et donne ainsi lieu à un test de coloration de la ligne. Les échantillons de lait sont mis à la température du laboratoire et la mesure du pH du lait est effectuée.

Un volume de lait à analyser est incubé pendant 3 minutes dans un flacon contenant les récepteurs spécifiques liés aux particules d'or.

Une bandelette immuno-chromatographique est ensuite immergée dans le mélange lait-récepteur et incubée pendant 2 minutes, le lait migre par capillarité sur le support pour atteindre les deux lignes de capture. Après deux minutes, on commence à interpréter les résultats en vérifiant la relation entre l'intensité des lignes testant l'antibiotique et les lignes témoins. La ligne du fond représente la présence ou l'absence d'une substance antimicrobienne appartenant à la famille des tétracyclines. La ligne du milieu est la ligne de témoin. La troisième ligne (supérieure) indique la présence ou l'absence de bêta-lactames. Il s'agit de comparer la ligne de test de la tétracycline à la ligne de référence, et après la ligne de test des bêta-lactamines à la ligne de référence. Dans les deux cas, si la coloration de la ligne test est supérieure ou égale à celle du témoin, le test est négatif, confirmant l'absence d'antibiotiques. Si l'intensité de la coloration de la ligne testée est inférieure à celle de la ligne témoin, le test est positif, confirmant la présence de l'antibiotique. Le test n'est valable que si la ligne de référence est visible [48]. L'appareil BetaStar® Combo 25 Neogen a servi à la détection des antibiotiques (figure II.3).

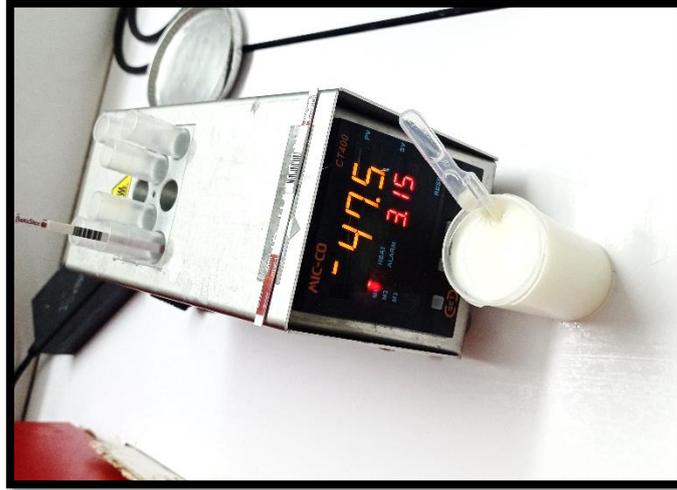


Figure II.3. Test antibiotique.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Prélever 200 μ L d'échantillon grâce à la pipette et l'introduire dans la cupule.
- ✓ Incuber 3 minutes à 47,5°C (1ère incubation).
- ✓ Insérer la bandelette-test dans la cupule.
- ✓ Incuber 6 minutes à la même température (2ème incubation).
- ✓ Retirer la bandelette réactive et faire la lecture de résultat.

II.5.1.3 Test d'acidité

Cette opération a pour but de déterminer par titrage la concentration molaire en ions H_3O^+ dans un échantillon de lait (figure II.4). Cette concentration est exprimée en "degrés Dornic".

Le lait frais contient très peu d'acide et aucun acide lactique provenant de la transformation du lactose par les bactéries lactiques. L'augmentation de l'acidité est donc due à un développement important de la flore lactique influencé par la température et la durée de stockage du lait. L'acidité titrable du lait peut être exprimée de plusieurs façons ; en Belgique, seuls les degrés Dornic ($^{\circ}D$) sont utilisés. Le nombre de degrés Dornic est égal au nombre de dixièmes de millilitres de solution d'hydroxyde de sodium, à la concentration N/9, qui sont nécessaires pour neutraliser 10 ml de ce lait. Un degré Dornic correspond à 0,01% d'acide lactique [49].

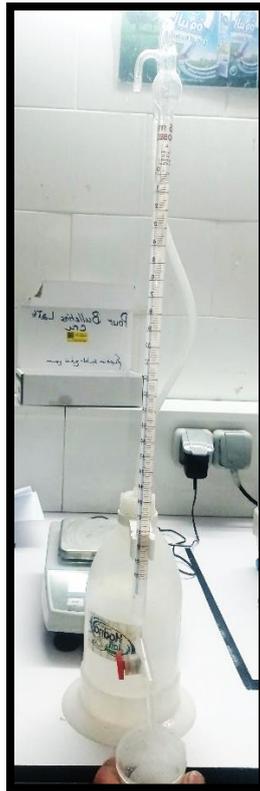


Figure II.4. Test d'acidité par titrage.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Remplir la burette de 25 ml avec la solution de NaOH de 0,1 N et la fixer au statif puis régler le niveau du liquide à zéro.
- ✓ À l'aide de la pipette de 10 ml, prélever 10 ml de lait et transférer dans un bécher de 100 mL.
- ✓ Ajouter 2 ou 3 gouttes de solution de phénolphaléine et titrer jusqu'à apparition d'une couleur rose persistante.
- ✓ Noter le volume de solution titrante utilisé en dixièmes de millilitres.

L'acidité Dornic est exprimée de la façon suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V_{\text{NaOH}} \times 10 \quad \text{Avec :} \quad V_{\text{NaOH}}: \text{Volume de NaOH utilisé (ml)}$$

II.5.1.4. Test d'ébullition

C'est l'évaluation de la possibilité pour un lait de subir un traitement thermique, sans se déstabiliser. Ce test est réalisé lorsque la valeur de l'acidité n'est pas dans la norme, une quantité de lait portée à 100°C dans un bain-marie pendant 10 minutes, si le lait s'écoule le long des parois du tube, sans laisser de traces de grumeaux, le lait est normal. Si le lait laisse des grumeaux le long des parois du tube, le lait est coagulé [50].

II.5.1.5. Test d'alcool

Il consiste à mélanger dans un tube, le lait et de l'alcool éthylique à 80 % et à examiner la présence ou l'absence d'une floculation. Le test est dit négatif si on ne constate aucune floculation pendant au moins une minute [51].

➤ Mode opératoire

- ✓ Introduire 2 ml du lait à examiner dans un tube à essai.
- ✓ Ajouter un même volume d'alcool éthylique, puis fermer le tube.
- ✓ Tourner le tube deux à trois fois sans agitation.

II.5.1.6. Mesure de l'extrait sec

L'extrait sec total a été déterminé après l'évaporation des échantillons en utilisant un dessiccateur qui donnera le taux de la matière sèche après dessiccation complète du produit à analyser.

➤ Mode opératoire

- ✓ Il faut sécher la coupelle bien, et la mettre dans le dessiccateur.
- ✓ Appuyer sur TARE.
- ✓ Peser 3g de l'échantillon.
- ✓ Baisser le capot de l'appareil ; départ automatique de l'analyse par une température de séchage est égale 121 °C.
- ✓ Fin de l'analyse : bip sonore et indication du taux de la matière sèche.

II.5.2. Crème

II.5.2.1. Mesure de pH

La mesure du pH est basée sur la différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence [52].

Cette mesure est effectuée dès la mise en traite des animaux avec le mélange laitier de chacune de ces espèces. La valeur du pH est relevée à 20°C à l'aide d'un pH-mètre [53].

➤ Mode opératoire

- ✓ Immerger l'électrode du pH mètre dans un bécher contenant du crème, la valeur de pH est lue directement (figure II.5).
- ✓ A chaque détermination du pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher.



Figure II.14. Mesure pH de la crème.

II.5.2.2. Mesure de la matière grasse

➤ Méthode de Gerber (acido-butyrométrie)

La méthode acidobutyrométrique Gerber est largement pratiquée dans l'ensemble des laboratoires laitiers pour le dosage, en routine, de la matière grasse du lait et produits laitiers.

Principe

La séparation de la matière grasse du lait dans un butyromètre par centrifugation après dissolution des protéines par l'acide sulfurique, la séparation étant facilitée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique. Le butyromètre est gradué pour permettre une lecture directe de la teneur en matière grasse [54].

Mode opératoire

- ✓ En utilisant un butyromètre de 55% (figure II.6), peser le vide puis tarer la balance.
- ✓ Remplir le godet avec 5g de la crème.
- ✓ A l'aide d'une pipette ajouter 10 ml d'acide sulfurique 91% et 1 ml d'alcool isoamylique.
- ✓ Compléter avec l'eau distillé jusqu'à le trait de 55%.
- ✓ Mélanger bien puis mettez-le dans la centrifugeuse pendant 5 min.
- ✓ Après le réglage de la position de bouchon pour le liquide soit dans le trait de 0%, faire la lecture sur le butyromètre.



Figure II.15. Butyromètre de gerber (55%).

➤ **Méthode de SCHULZ-KLEY**

C'est une méthode de mesure du teneur en matière grasse, avec le même principe de méthode Gerber.

➤ **Mode opératoire**

✓ Mettez dans le butyromètre (SCHULZ 40 %) :

- 10 ml d'acide sulfurique 91%.
- 5 ml de l'eau distillé.
- 4g de la crème (pesée).
- 1 ml de l'alcool isoamylique.

✓ Calculer :

$$\text{Taux de matière grasse} = \text{Valeur lue} \times \frac{5}{4g \text{ de crème pesée}}$$

II.5.3. Beurre

II.5.3.1 Mesure d'humidité et de l'ESD par méthode thermogravimétrique

Principe

La teneur en humidité et l'extrait sec dégraissé sont généralement déterminés selon une approche thermogravimétrique, c'est une méthode de pesage-séchage où les échantillons sont

séchés jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids stable. La perte de masse est interprétée comme humidité libérée. Le séchage se termine lorsque le poids atteint un équilibre [55].

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Placer une coupelle sèche dans le dessiccateur.
- ✓ Appuyer sur TARE.
- ✓ Peser 3g du beurre.
- ✓ Baisser le capot de l'appareil et attendez la fin de l'analyse (environ 15 min).
- ✓ Faire la lecture de l'humidité et EST directement sur l'écran d'appareil (figure II.7).
- ✓ Le taux de l'extrait sec dégraissé (ESD) est déduit à partir du taux d'extrait sec total (EST). Ainsi que celui de la matière grasse (MG) en appliquant la formule suivante

$$ESD = 100 - H - MG$$

ESD : extrait sec dégraissée.

H : Taux d'humidité.

MG : Taux de matière grasse.



Figure II.16. Détermination de l'humidité et EST par dessiccateur.

II.5.3.2 Mesure de matière grasse (méthode de dosage d'après ROEDER)

➤ **Mode opératoire**

- ✓ En utilisant un butyromètre à beurre (GERBER 90%).
- ✓ Dans une balance, peser le godet vide et appuyer sur TARE.
- ✓ A l'aide d'une spatule, remplir le godet avec 5g du beurre.
- ✓ Placer le dans le butyromètre.

- ✓ Avec une pipette, verser 10 ml de l'acide sulfurique 62% et agiter énergiquement.
- ✓ Mettez le butyromètre au bain marri de température 75 °C jusqu'à ce que le beurre fonde.
- ✓ Ajouter 1 ml d'alcool isoamylique puis compléter avec l'acide sulfurique jusqu'à le trait de 90%.
- ✓ Agiter bien le mélange pour l'homogénéisation.
- ✓ Placer le dans la centrifugeuse pendant 5 min.
- ✓ Régler avec le bouchon sur 0% et faire la lecture du teneur MG (figure II.8).



Figure II.17. Détermination de la matière grasse du beurre.

II.6. Analyses microbiologiques du beurre

II.6.1. Préparation de l'échantillon

Les prélèvements doivent être effectués dans des conditions d'asepsie et dans des flacons en verre ou dans des tubes stériles afin que les résultats des analyses soient corrects et significatifs. Dans un flacon stérile contenant 50g de beurre, transférer 42 ml de diluent phosphate dipotassique 2% avec un pH de $7,5 \pm 0,1$ mélanger bien et faire fondre dans un bain marie à 45 °C jusqu'à ce que les deux phases se séparent (figure II.9) [56].

Mettez le flacon stérile au congélateur afin d'avoir une couche solide de matière grasse et une phase aqueuse. Un volume de 1 ml de la phase aqueuse aspirée à la pipette stérile est introduit aux boîtes pétries. Effectuer l'analyse bactériologique sans tarder.



Figure II.18. Les deux phases obtenues après la fusion du mélange beurre diluent.

II.6.2. Recherche et dénombrement de la flore aérobic mésophile (FTAM)

Guiraud en 1998 a indiqué que cette flore, aussi appelée FTAM (Flore Aérobie Totale Mésophile) est un bon indice de la qualité globale et de la stabilité des aliments, ainsi le nombre de microorganismes total permet de donner une information sur l'état de fraîcheur ou la qualité hygiénique du produit [32].

La flore totale aérobie mésophile peut se développer dans un milieu nutritif non sélectif après incubation à 37°C pendant 72h apparaissant sous forme de colonies de taille et de forme différentes [57].

Le milieu PCA (Plate Count Agar) est le plus employé comme gélose de numération [32].

➤ Mode opératoire

- ✓ Inoculer 1 ml de solution aqueuse dans des boîtes de pétri stériles à côté de bec bunsen.
- ✓ Verser rapidement 20 ml de milieu de culture PCA.
- ✓ Homogénéisées avec des mouvements de huit et laissez-les solidifier.
- ✓ Incubées dans l'étuve à 30°C pendant 72 heures, ce test est réalisé en utilisant cinq boîtes.
- ✓ Le dénombrement est réalisé pour les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies et exprimé le nombre en UFC/ml [58].

II.6.3. Dénombrement des entérobactéries

La famille des *Enterobacteriaceae* comprend environ 30 types de genre formés par 100 différentes espèces bactériennes. Ce groupe est caractérisé pour être composé de bactéries à coloration de Gram négative principalement avec la morphologie d'un bacille, bien qu'on puisse également trouver des Cocci et des formes pléomorphes. Les membres de ce groupe appartiennent au microbiote de l'intestin bien qu'ils puissent aussi être isolés dans d'autres organes humains, plantes, et animaux [59].

Le dénombrement total d'entérobactéries est utilisé comme marqueur de contamination fécale et de bonnes pratiques de fabrication. C'est donc un élément qui indique la qualité de la transformation des produits alimentaires. Un nombre élevé de ce marqueur serait indicateur d'un mauvais procédé de fabrication ou d'une contamination ultérieure possible du produit final, impliquant un risque hygiénique et sanitaire pour le consommateur [60].

➤ Mode opératoire

- ✓ Inoculer 1 ml de solution aqueuse dans des boîtes de pétri stériles à côté de bec bunsen.
- ✓ Verser rapidement 20 ml de milieu de gélose VRBG.
- ✓ Homogénéisées avec des mouvements de huit et laissez-les solidifier.
- ✓ Incubées dans l'étuve à 37 °C pendant 24 ± 2 heures [56].
- ✓ Dénombrer les colonies typiques *Enterobacteriaceae* sur des boîtes comprenant entre 15 et 150 colonies, elles forment des colonies rose-rouge ayant un diamètre supérieur ou égale à 0,5 millimètres avec ou sans zone de précipitation de la bile.

II.6.4. Dénombrement de la flore fongique

D'après Guiraud, les levures et moisissures se multiplient de façon normale dans les produits acides. Leur dénombrement représente un bon paramètre d'appréciation de la capacité de conservation des produits laitiers de fermentation. La croissance des levures et moisissures est favorisée par les substances nutritives apportées par l'extrait de levure et le glucose utilisé comme source énergétique [32].

OGA (Oxytétracycline Glucose Agar - Gélose) est recommandée pour le dénombrement des levures et moisissures dans le lait, les produits laitiers et les aliments. En ajoutant 20 ml de OGA aux boîtes pétries qui contiennent 1ml de solutions aqueuses, et faire l'incubation à 25 °C pendant 5 jours.

II.6.5. Dénombrement de la *Staphylococcus aureus*

La réglementation de la qualité microbiologique des produits laitiers nécessite la vérification de la présence de *Staphylococcus aureus* dans le lait cru et ses dérivés. Cette bactérie est détectée fréquemment lors des examens microbiologiques car quelques souches appartenant à l'espèce *Staphylococcus aureus* produisent des entérotoxines dont l'ingestion provoque une intoxication alimentaire [61].

Leur recherche a été faite en deux étapes :

- Enrichissement sélectif

10 ml de la suspension mère ont été introduits dans un bouillon GC (Giolitti Cantoni) et incubés à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après incubation, le tube était compté positif s'il présentait un noircissement.

- Sélection

Le milieu de culture utilisé est la gélose Chapman, l'ensemencement doit être massif en stries serrées ou par inondation. A partir du tube positif, 0,1ml a été étalé sur la surface par stries serrées et incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures [62].

La présence de ces bactéries, se manifeste par l'apparition de colonies dorées accompagnées d'un changement de couleur du milieu qui les entoure. Une confirmation est nécessaire par la réalisation de test catalase, coagulase et d'une coloration de Gram, [63].

II.6.6. Comptage de colonies

Le dénombrement des microorganismes s'est fait par comptage des colonies dans les boîtes ayant entre 15 et 300 colonies de bactéries lactiques et moins de 150 colonies d'entérobactéries conformément à la norme ISO 4833 :2003 (F) [64]. Le nombre (N) de germes exprimés en nombre d'Unités Formant des Colonies (UFC) pour 1ml de produit frais est calculé par la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Avec :

ΣC : Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues de deux dilutions successives et dont au moins une contient au moins 15 colonies ;

V : Volume d'inoculum appliqué à chaque boîte en ml (V=1ml) ;

n1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution ;

n2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ;

d : Dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus.

CHAPITRE III

Résultats et discussions

Chapitre III : Résultats et discussions

Ce chapitre représente les résultats des analyses physicochimique et microbiologique obtenus au cours du processus de fabrication du beurre, depuis la réception de matière première jusqu'à l'obtention du produit final avec leurs discussions.

III.1. Caractérisation physico-chimique du lait cru

La qualité du lait représente une notion complexe car elle possède plusieurs dimensions. Elle peut être jugée par son efficacité à la transformation en crème, en beurre ou en fromage.

Les résultats de l'analyse physico-chimique obtenus par l'analyseur ultrasonique pour les échantillons de lait cru, destiné à la fabrication du beurre, prélevé au niveau de quatre tanks différents sont présenté dans le tableau suivant.

Tableau III.1. Résultats des analyses physicochimique de lait cru.

Paramètre	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Moyenne Ecart type	JORA n°069 du 27-10-1993
pH	6,67	6,60	6,65	6,65	6,64±0,003	-
Acidité °D	16	17	16	16	16,25±0,026	16 à 18
Densité (g/cm³)	1,0324	1,0311	1,0315	1,0310	1,0315±5×10 ⁻⁴	1,030 à 1,034
MG (%)	3,46	3,22	3,19	2,87	3,185±0,066	3,4 au minimum
EST (%)	11,71	11,44	10,83	10,95	11,23±0,031	-
Protéine (%)	3,04	3,03	2,80	2,99	2,97±0,033	-
Lactose (%)	4,24	4,23	3,90	4,30	4,17±0,038	-

➤ pH et acidité

La valeur moyenne enregistrée de pH du lait 6,64±0,003 est dans les normes à celles mentionnées par d'autres auteurs qui sont de 6,6 et 6,8 à 20°C [65 ; 66].

Généralement, le pH a tendance encore à diminuer avec le stockage du lait.

L'acidité est parmi les principaux paramètres qui déterminent la qualité du lait cru. La valeur trouvée est de $16,25 \pm 0,026^\circ\text{D}$. Elle est dans l'intervalle recommandée par la norme algérienne.

D'après Mathieu [18], le pH et l'acidité sont deux mesures qui permettent d'obtenir des informations complémentaires. Un pH inférieur à 6,5 doit qualifier un lait acide, valeur qui sera confirmée par une acidité Dornic élevée. Pour un pH normal (6,6-6,7), l'acidité donne en outre des informations sur la teneur en protéines et en sel. Cette élévation est causée par une mauvaise réfrigération du lait cru juste après la traite, entraînant la transformation du lactose en acide lactique par un éventuel développement microbien.

➤ **Densité**

Quant à la densité du lait cru ces valeurs sont très proches (1,0324 ; 1,0311 ; 1,0315 ; 1,0310), elles sont comprises dans l'intervalle des valeurs recommandées par la norme algérienne (1,030 à 1,034). La densité dépend de la teneur en matière sèche qui est largement liée à la fréquence d'abreuvement [67]. Elle dépend aussi du taux de matière grasse, de l'augmentation de la température de l'air ambiant et de la disponibilité de la nourriture [68].

➤ **Matière grasse**

D'après les résultats obtenus de la teneur en matière grasse, on remarque qu'une seule valeur (MG=3,46%) est dans l'intervalle recommandée par la norme algérienne (3,4 au minimum) et les autres sont inférieures. La variation des résultats est due à la race des vaches et aux zones dans lesquelles elles ont été nourries et son régime alimentaire.

➤ **EST**

En ce qui concerne la moyenne de l'extrait sec total du lait (EST=11,23±0,031%), elle est comparable à celles rapportées par plusieurs auteurs (10,5 – 14,5%) [12 ; 66 ; 69].

➤ **Protéines et lactose**

La valeur moyenne de la teneur en protéines ($2,97 \pm 0,033$) est proche de Sandholm (3%) [70], et inférieure de Kailasapathy (5%) [66].

Le lactose, principal sucre présent dans le lait est dans l'intervalle 40-50g/L, teneur normale pour un lait cru alors que la valeur de la caséine donnée par l'analyseur ($4,17 \pm 0,038$) est normale mais supérieure à celles des nombreux auteurs soit (2,5 à 2,7%) [66 ; 70].

❖ La différence entre nos résultats et ceux indiqués par d'autres auteurs peut s'expliquer par des différences de race, de climat, de stade de lactation, de disponibilité des aliments et de conditions de traite et de transport, comme le justifient de [23 ; 66 ; 69].

III.2. Test antibiotique

La recherche d'antibiotiques dans le lait cru a été réalisée. L'apparition des traits rouges montrent leur absence (figure III.1). Cette absence est souhaitée par les réglementations nationales et internationales (72 ; 73).

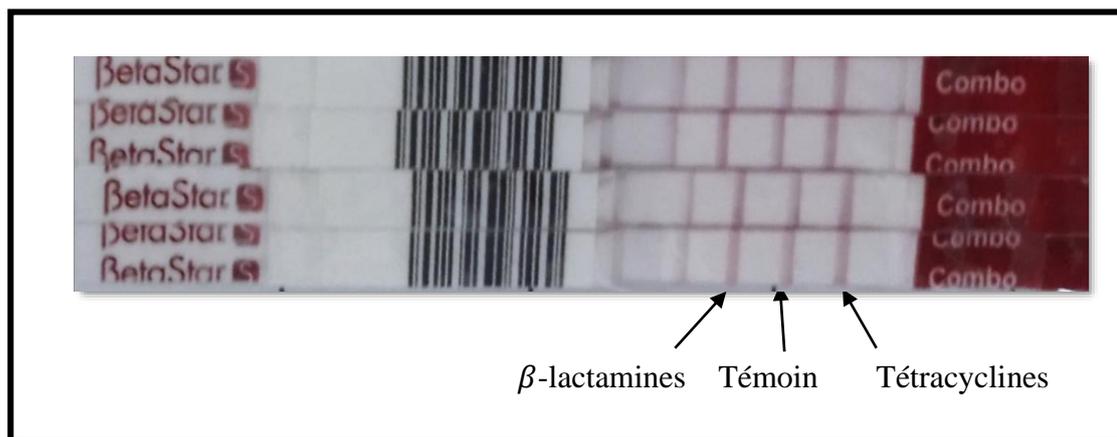


Figure III.1. Résultats des tests antibiotiques pour les échantillons de lait cru.

III.3. Test d'ébullition

Les résultats montrent l'absence d'une coagulation, en effet le lait ne commence à coaguler que lorsque l'acidité dépasse 21°D, le lait se prend en masse [32].

Le test à l'ébullition permet d'anticiper le comportement du lait à la stérilisation.

III.4. Test à l'alcool

Le développement microbien qui provoque des altérations dans le lait peut être mis en évidence par le test à l'alcool [32]. Notre résultat de ce test est négatif car il n'y a pas des changements dans la structure du lait. En effet, le lait altéré présente des flocons de protéines précipitées contrairement au lait normal qui s'écoule le long des parois sans laisser des traces.

III.5. Analyses physicochimiques de la crème pasteurisée

Après avoir fait les analyses nécessaires pour le lait, l'industrie mélange toutes les différentes quantités de lait et les utilise pour la production de la crème pour obtenir une valeur nutritionnelle bonne et variée.

Les analyses de la crème pasteurisée sont indiquées dans le tableau III.2, la figure III.2 et la figure III.3.

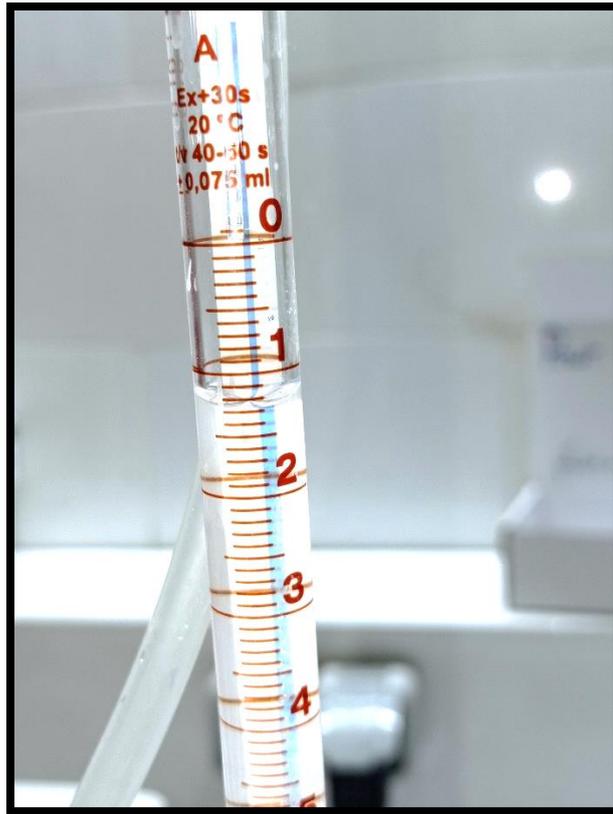


Figure III.2. Lecture de volume (ml) de NaOH après le titrage.

➤ Calcule de l'acidité

$$A = V_{NaOH} \times 10 = 1,2 \times 10 = 12 \text{ } ^\circ D$$



Figure III.3. Résultat d'analyse de la matière grasse de la crème.

Tableau III.2. Résultats d'analyses physicochimique de la crème pasteurisée.

Paramètres	pH	T °C	A °D	MG (%)	Cristallisation	
Valeurs	6,53	10	12	43,5	H.Début 1 :30	H.Fin 3 :30

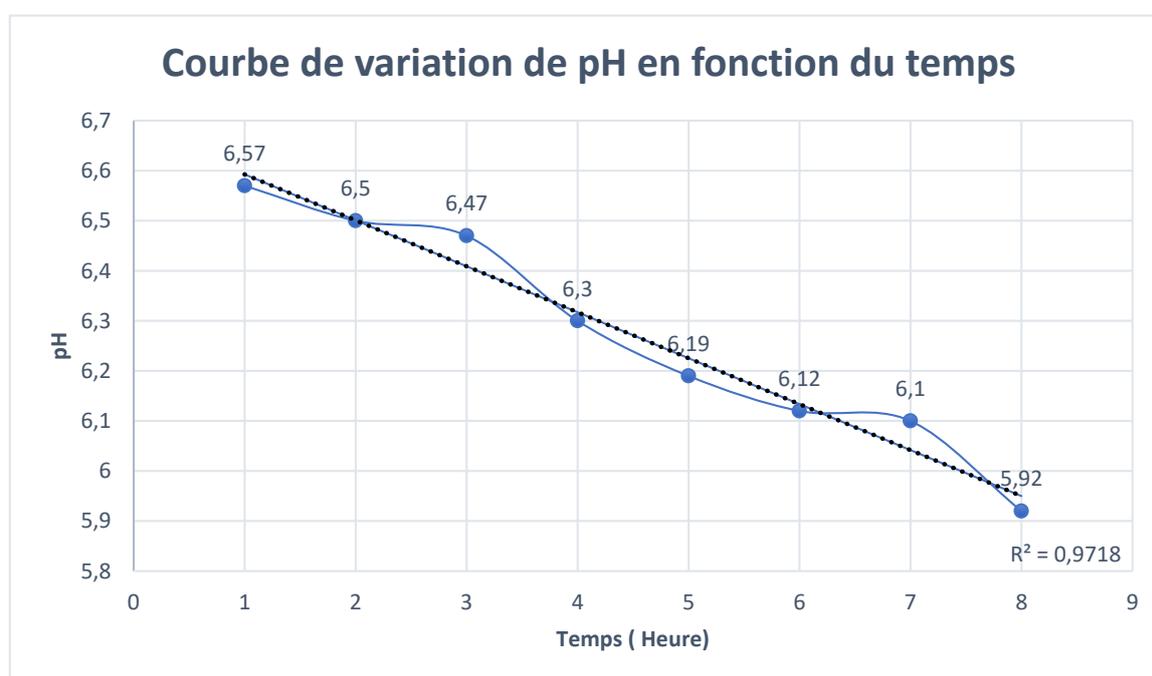
Tous les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par l'entreprise.

Les différences de la teneur en matière grasse entre les étapes de fabrication sont dues à la standardisation et l'homogénéisation de la crème comme indiqué dans les travaux de Sarode et al., [74].

Suivi du pH durant la maturation biologique

Tableau III.3. Résultats de mesure de pH durant le temps de maturation biologique.

Paramètre	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
pH	6,57	6,50	6,47	6,30	6,19	6,12	6,10	5,92
T °C	18,1	18,2	18,3	18,1	18	18,2	18	18

**Figure III.4.** La courbe de variation du pH en fonction du temps.

La température est supérieure à 16 °C ce qui permet un milieu favorable pour le ferment ajouté. Par conséquent une diminution de valeur du pH est notée. Elle est désirée car elle a pour but :

- D'obtenir un beurre aromatique.
- D'augmenter la faculté de protection du beurre contre une recontamination grâce à une valeur pH basse et ainsi son aptitude à la conservation.

Ces résultats sont en accord avec le travail de JOO-ANN et al., [75] où il a été rapporté une diminution du pH de 7 jusqu'à 5,8 ; de même les travaux de Budhkar et al., [76] montrent une baisse de pH jusqu'à 4,6. La multiplication des ferments dans la crème est toujours associée à la production d'acide lactique qui va conduire à l'abaissement de pH comme rapporté par JOO-ANN et al., [75].

III.6. Analyses physicochimiques du beurre

L'objectif principal des analyses est de vérifier la conformité des échantillons analysés aux critères et normes fixés par la réglementation.

Tableau III.4. Résultats d'analyses physicochimique du beurre.

Paramètre	Valeur (%)	Normes du JORA n°096 du 23-12-1998
MG	83,5	82 % au minimum
H	14,73	16 % au maximum
EST	84,32	84 % au minimum
ESD	0,95	2 % au maximum
MG Babeurre	1,35	1 % au maximum

➤ Calcule de ESD

$$\begin{aligned}
 \text{ESD} &= 100 - \text{taux d'humidité} - \text{taux de matière grasse} \\
 &= 100 - 14,73 - 84,32 \\
 &= 0,95 \%
 \end{aligned}$$

➤ Calcule la matière grasse du babeurre

$$\begin{aligned}
 \text{MG Babeurre} &= \text{valeur lue (figure III.5)} \times 0,75 \\
 &= 1,8 \times 0,75 \\
 &= 1,35 \%
 \end{aligned}$$



Figure III.5. Résultat de matière grasse du babeurre.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus sont conformes à la norme algérienne et celles données par plusieurs auteurs [23 ; 69].

Sauf pour la matière grasse du babeurre qui est supérieure à la limite fixée par le JORA, cette différence dans ce paramètre peut être liée au mauvais réglage des machines de l'entreprise durant le barattage du crème.

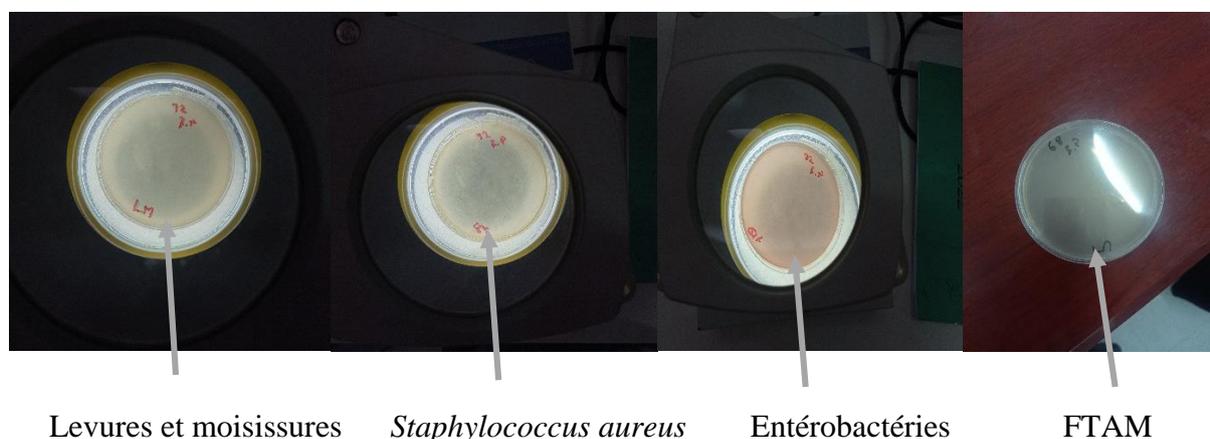
Dans le cas d'augmentation ou de diminution d'une des caractéristiques ; par exemple, l'humidité, la matière grasse du beurre ou du babeurre, ils les contrôlent en ajustant l'équipement de production jusqu'à ce que les valeurs typiques soient atteintes. Toutes les analyses doivent être conformes aux normes pour pouvoir livrer le produit sur le marché.

III.7. Analyse microbiologique du beurre

Les résultats d'analyse microbiologie du beurre sont présentés dans le tableau suivant

Tableau III.5 Résultats de dénombrement des différents germes dans le beurre.

Germes	Nombre (UFC/ml)					Norme nationale
	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$\leq 10^3$
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$\leq 3 \times 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	≤ 10
Entérobactéries	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	-
FTAM	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$\leq 10^2$

**Figure III.6.** Résultats d'analyse microbiologique après l'incubation des boîtes pétri.

Les dénombrements réalisés ont donné des résultats très satisfaisants (figure III.6) qui montrent une charge microbienne nulle, elles sont très satisfaisantes par rapport aux normes établies par le journal officiel algérien [72] et les normes internationales [77] ce qui est dû à des exigences de qualité hygiénique et de sécurité respectées au niveau de l'entreprise HODNA lait.

Conclusion

Conclusion

Le stage effectué au niveau de l'entreprise HODNA Lait nous a permis de suivre de près les procédés de fabrication du beurre, qui consiste principalement à recevoir et tester le lait cru en premier lieu, qui est retourné dans le cas où il y a des traces d'antibiotiques ou s'il ne répond pas aux normes exigées par la réglementation. Puis sa pasteurisation et sa séparation de la crème grâce à l'écumeuse centrifuge. Par la suite, le suivi de la maturation afin d'amener la crème à s'épaissir, s'acidifier et prendre du goût par l'ajout des ferments lactiques. Enfin le barattage et malaxage qui vont permettre de former le beurre et obtenir la texture lisse et homogène. Durant ce processus, un ensemble d'analyses physicochimiques et microbiologiques sont réalisées pour assurer la qualité des produits finis, en suivant les normes en vigueur.

D'après les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les différents échantillons, le lait cru, la crème et le beurre sont conformes aux normes algériennes et internationales.

Quant à l'aspect microbiologique, l'entreprise respecte toutes les règles et impose une exigence de rigueur de ce côté par les bonnes pratiques en termes d'hygiène et de sécurité sanitaire des aliments et des machines de production, ce qui ressort des résultats parfaits des analyses microbiologiques du beurre.

Enfin, nous avons remarqué qu'il y a un gaspillage de babeurre en le jetant complètement, alors qu'il possède une valeur nutritive proche du lait écrémé, ce qui incite à trouver des solutions afin de le valoriser.

Bibliographie

1. Bureau Business France. (2017). *Rapport d'analyse et de potentiel marché - "Le marché des Industries Agroalimentaires en Algérie"*. Cité par Benbouali, S. <https://www.djazagro.com/Le-salon/Actualites/La-Production-Algerienne>.
2. Veisseyre, R. (1975). *Technologie du lait: Principes des techniques laitières* (3^o Ed). SEPAIC, Paris. 714 p.
3. Pehrsson, P.R., Haytowitz, D.B., Holden, J.M., Perry, C.R., & Beckler, D.G. (2000). USDA's National food and nutrient analysis program: Food sampling. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(4), 379–389. doi:10.1006/jfca.1999.0867.
4. Drewnowski, A. (2005). Concept of a nutritious food: toward a nutrient density score. *The American journal of clinical nutrition*, 82(4), 721-732.
5. Miller, G.D., Jarvis, J.K., McBean, L.D., (2007). *Contribution of dairy foods to health throughout the life cycle*. In: *Handbook of Dairy Foods and Nutrition* (3^o Ed). CRC Pres LLC. Florida.
6. Fredot, E. (2006). *Connaissance des aliments-bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. Tec et Doc, lavoisier. Paris.
7. Jeantet, R., Croyennec, T., Mahant, M., Schuck, P., Brulé, G. (2008). *Les produits laitiers* (2^o Ed). Lavoisier. Paris.
8. FAO. (2017). *Le lait et produits laitiers : La composition du lait*. FAO. Rome.
9. Roudaut, H., & Lefrancq, É. (2005). *Alimentation théorique*. Editions Doin.
10. Benhedane née Bachtarzi, N., & Amourache, L. (2011). *Qualité microbiologique du lait cru destiné à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est Algérien* (Doctoral dissertation, Constantine: Université Mentouri Constantine).
11. Porcher, C. (1929). La méthode synthétique dans l'étude du lait le lait au point de vue colloïdal recherches sur le mécanisme de l'action de la présure (Suite), *Le Lait*, 9(86), 572-612.
12. Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique. Canada.
13. Aboutayeb, R. (2009). Technologie du lait et dérivés laitiers, *Consulté à l'adresse <http://www.azaquar.com>, le, 15(05), 2016*.
14. JAQUE, P. (1998). *Alimentation et santé*. INRA. Paris.
15. JEAN, P. & ROGER, C. (1961). *Le lait*. INRA. Paris.
16. Fanni, N. & Novak R. (1987), *Travaux pratique de la chimie laitière*, INPL, ENSAIA, Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires, Nancy, France.
17. Neville, M. C., Zhang, P. F., & Allen, H. C. (1995). Minerals, ions and trace elements in milk. A. ionic interactions in milk. In R. G. Jensen (Ed.), *Handbook of milk composition*. San Diego: Academic Press.
18. Mathieu, J. (1998). *Initiation à la physicochimie du lait*. Lavoisier Tec & Doc.

19. Larpent, J. P. (1997). *Microbiologie Alimentaire: Technique de laboratoire, Technique et documentation*. Londres, New York, Paris, Lavoisier.
20. Guiraud, J. P., & Rosec, J. P. (2004). *Pratique des normes en microbiologie alimentaire*. Afnor. France.
21. Husson, C. (1878). *Le lait, la crème et le beurre: au point de vue de l'alimentation, de l'allaitement naturel, de l'allaitement artificiel et de l'analyse chimique*. Asselin
22. FAO, WHO, 2001, *CODEX ALIMENTARIUS: Milk and Milk Products* (2° Ed). FAO and WHO. Rome.
23. Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & Van Boekel, M. A. J. S. (1999). *Dairy technology: principles of milk properties and processes*. Marcel dekker Inc. New york.
24. Pointurier, H., & Adda, J. (1969). *Beurrerie industrielle: science et technique de la fabrication du beurre*. la Maison rustique.
25. Tremolières, J., Serville, Y., Jacquot, R., Dupin, H. (1984). *Les aliments*. ESF.
26. Mocquot, G. (1969). *Beurrerie industrielle : science et technique de la fabrication du beurre*. la Maison rustique. 27, 61, 102, 103, 308-335.
27. Storch, V. (1897). *Untersuchungen über einige häufig vorkommende Konsistenzfehler der Butter*. Milchztg. Allemagne.
28. Walstra, P. (1969). *Studies on milk fat dispersion. IV. A simple turbidimetric method for the determination of globule size and surface area in milk*. Neth. Milk Dairy J. 23: 238.
29. Mohr, W., & Baur, K. (1949). Fettkügelchen in der Butter. *Milchwissenschaft*, 4, 100.
30. King, N. (1953). Aspects scientifiques de la fabrication continue du beurre. *Le Lait*, 33(323-324), 142-152.PARAG04/PAGE 06
31. Mulder, H. & Walstra, P. (1974). *The Milk Fat Globule Emulsion science as applied to milk products and comparable foods*. Pudoc, Wageningen.
32. Guiraud, J.P. (1998). *Microbiologie alimentaire*. Dunod, pp. 36-38,136-433, 407.
33. Richard, K. & Robinson. (2002). *DAIRY MICROBIOLOGY HANDBOOK* (3° Ed). John Wiley and Sons, Inc. New York
34. ANGERS, P. (2010). Beurre et fractions de matière grasse laitière. Dans : VIGNOLA C.L. Science et Technologie du Lait. Fondation de technologie laitière. Presses internationales polytechnique : Québec, p. 323-347.
35. Hassainya, J., Padilla, M. & Tozanli, S. (2007). *Lait et produits laitiers en Méditerranée : des filière en pleine restructuration*. KARTHALA. Paris.
36. Simon, D., Duzde, P. & [Groupe de recherche et d'échanges technologiques \(Paris\)](#). (2002). *Transformer les produits laitiers frais à la ferme*. Dijon : Educagri.
37. Bylund, G. (1995). *Dairy Proeessing Handbook*. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.

38. Apfelbaum, M., Romon, M. & Dubus, M. (2004). *Diététique et nutrition* (6° Ed). Masson.
39. Bozzolo, G. (2004). *Appellations d'origine contrôlée et productions animales*. Tec et Doc Lavoisier.
40. UK Statutory Instrument. (1995). *The dairy product (hygiene) regulations* (no.1086). HMSO. London.
41. Jones, W. F., White, A. H. (1926). *La pasteurisation du lait de la crème et des sous-produits laitiers*. Ottawa : Ministère fédéral de l'Agriculture, Canada. Publié en avril 1938.
42. Henry G. (1900). *Fabrication du beurre*. Le département de l'agriculture de la province, Québec.
43. Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck P. & Brule G. (2008). *Sciences des aliments 2- Technologie des produits alimentaires*. Tec & Doc, Lavoisier. Paris.
44. Boutonnier, J.L. (2007). Matière grasse laitière – crème et beurre standard. *Techniques de l'ingénieur Agroalimentaire*, Editions T.I. <https://doi.org/10.51257/a-v1-f6321>.
45. Mahaut, M., Romain, J., Brule, G., Pierre, S. (2008). *Les produits industriels laitiers* (2° Ed.). Lavoisier. Paris.
46. ACTALIA, s. d. *Filières fromagères fermières, Diversifier sa production : la crème et le beurre*. ACTALIA & Maison régionale de l'élevage.)
47. Bensidi, H., Faysse, N., & Zahid, F. (2014). La qualité du lait entre logiques des coopératives et logiques des éleveurs et éleveuses. Introduction d'un analyseur de qualité du lait dans des coopératives laitières du Gharb.
48. Aoues, K., Megateli, S., Tabet, M., Rezki, I., Tefahi, D. & Benrima A. (2019). Détection des résidus d'antibiotique dans le lait cru de vache collecté dans la région de Blida (Algerie). *Revue Agrobiologia*, 9(1) : 1214-1222.
49. Guiraud, J. P. (2012). *Microbiologie alimentaire*. Dunod.
50. Akli, B. (2011). *Analyse physico-chimique et microbiologique de lait UHT demi-écrémé*. Sétif Algérie.
51. Odet, G., Cerf, O., Chevillotte, J., Gillis, J. C., Eliane, H., & Lignac J. (1985). *La maîtrise de la qualité du lait stérilisé UHT*. Apria. Paris.
52. AFNOR, 1999. *Lait et produits laitiers, volume 1*. Paris.
53. Sboui, A., Khorchani, T., Djegham, M., & Belhadj, O. (2009). Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique science: revue internationale des sciences et technologie*, 5(2).

54. East African Community (2006). *EAST AFRICAN STANDARD: Milk — Determination of fat content (Routine method)* (2° Ed). EAC, Arusha Tanzania.
55. METTLER TOLEDO brochure d'application détermination du taux d'humidité. (2002). Mettler-Toledo GmbH, Switzerland.
56. JORA n° 42 (15 juin 2005) Arrêté 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode d'analyse microbiologique du beurre.
57. Petransxiene, D. & Lapied, L. (1981). *La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers*. Lavoisier, Paris.
58. Delarras, C. (2003). *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux*. Lavoisier, Paris.
59. ISO 21528-1: 2017. Microbiologie de la chaîne alimentaire - Méthode horizontale pour la détection et dénombrement des Enterobacteriaceae. Partie 1 : Détection de Enterobacteriaceae.
60. ISO 21528-2: 2017. Microbiologie de la chaîne alimentaire - Méthode horizontale pour la détection et dénombrement des Enterobacteriaceae. Partie 2 : Nombre de colonies technique.
61. Buysse, M. L. (1991). Les staphylocoques coagulase- positifs. Dans Bourgeois C. et Leveau J.Y. *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires*, 305- 310. Apria éd., Paris.
62. JORA n° 68 (23 novembre 2014) Arrêté 21 mai rendant obligatoire la méthode de dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces).
63. Lebrès, A. D., & Hamza, A. (2002). Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments : Microbiologie des laits et produits laitiers. Institut Pasteur d'Algérie.
64. ISO 4833:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Colony-count technique at 30 degrees C.
65. Sharma, R. (2006). *Chemical & Microbiological Analysis of Milk & Milk Products*. International Book Distributing Company. Pub. Division.
66. Kailasapathy, K. (2008). Chemical composition, physical and functional properties of milk and milk ingredients. *Dairy processing & quality assurance*, 1, 75-103.
67. Siboukeur, O. *Potentiel nutritif du lait collecté localement à partir de chamelle «Population Sahraoui»: un atout pour la sécurité alimentaire de la population locale*. Université KASDI MERBAH - Ouargla- Algérie.

68. Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E., & Ouhssine, M. (2009). *Etude physicochimique et microbiologique de laits crus*. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148(2009), 7-16.
69. Kilara, A., & Shah, N. P. (2008). *Dairy processing & quality assurance*. Wiley-Blackwell.
70. Sandholm, T.M., Saarela, M. (2003). *Functional dairy Products*. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC.
71. Chandan, R.C., Kilara A., SHAH N. P. (2008). *Dairy Processing & Quality Assurance*. USA : Wiley-Blackwell, p. 95.
72. JORA. N° 35, (1998). Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.
73. JORF N° 0091 (19/04/1994). Relatif à l'hygiène de la production et de la collecte du lait.
74. Sarode, A.R., Kalyankar, S.D., Deosarkar S.S., Khedkar, C.D. & Pawshe, R.D. (2016). *Milk : Role in the Diet*. Elsevier Ltd. DOI:10.1016/B978-0-12-384947-2.00462-1.
75. Joo-Ann E., Su-Yi L. Effect of cream fermentation on microbiological, physicochemical and rheological properties of *L. helveticus*-butter. *Food Chemistry*, Volume 201, 2016 consulté le 17-06-2022.
76. Budhkar, Y. A., Bankar, S. B., & Singhal, R. S. (2014). *Microbiology of cream and butter*. Encyclopedia of Food Microbiology, 2, 728-737.
77. JORF N° 0098 (15/4/1986) relatif aux normes d'hygiène et de salubrité.
78. Tamime, A. Y. (2009). *Dried milk products. Dairy powders and concentrated milk products*.

Résumé

Ce travail a été effectué au niveau de l'entreprise laitière HODNA lait et a eu pour but d'étudier le processus de fabrication du beurre et l'évaluation de finale de sa qualité. Pour cela, des échantillons de lait cru provenant de 4 régions différentes ont été analysés puis mélangés et suivis dans la ligne de production, avec une évaluation physico-chimique et microbiologique jusqu'à l'obtention du produit final. D'après les résultats des analyses physico-chimiques, le produit fini est en accord avec les normes algériennes et internationales. De plus, la qualité microbiologique du beurre est satisfaisante, ce qui prouve que le processus de fabrication est correct.

Mots clés : Analyses physicochimiques, beurre, lait, microbiologique.

Abstract

This work was carried out at the dairy company HODNA lait and aimed to study the manufacturing process of butter and the final quality evaluation. For this, samples of raw milk from 4 different regions were analyzed, mixed, and followed in the production line with a physicochemical and microbiological assessment until the final product. According to the results of physicochemical analysis, the final product agrees with the Algerian and international standards. Moreover, butter's microbiological quality is satisfactory, proving that the manufacturing process is correct.

Keywords: Butter, microbiological, milk, physicochemical analysis.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل على مستوى ملبنة الحضنة بصدد دراسة عملية تصنيع الزبدة وتقييم جودتها النهائية. لذلك، تم تحليل عينات من الحليب الخام مأخوذة من 4 مناطق مختلفة وخلطها ثم متابعتها في سلسلة الإنتاج، مع التحليلات الفيزيوكيميائية والمكروبيولوجية للمنتج النهائي.

وفقاً لنتائج التحليل الفيزيوكيميائي، فإن المنتج النهائي يتوافق مع المعايير الجزائرية والدولية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الجودة المكروبيولوجية للزبدة جيدة، مما يثبت أن عملية التصنيع صحيحة.

الكلمات المفتاحية: زبدة، حليب، تحاليل، فيزيوكيميائية، مكروبيولوجية.