

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة امحمد بوفرة بومرداس

Université M'hamed Bouguerra Boumerdès



*Faculté des sciences
Département de Biologie*

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

Domaine: sciences de la Nature et de la Vie

Filière :Sciences Alimentaires

Specialité : Contrôle de qualité et Nutrition en Agro-alimentaire

Thème

Contrôle de qualité d'un lait aromatisé

Presenté par : - Bouzegzi Amira Kaouter

- Khalfi Asma

Date de soutenance: 19/06/2019

Composition du jury :

M ^{me} Bouchenak O.	MCA Univ. de Boumerdes	Présidente
M ^{me} BENAMROUCHE S.	MCA. Univ. de Boumerdes	Promotrice
M ^{me} AMELLAL H.	Professeur Univ. de Boumerdes	Examinatrice

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu **Allah** notre créateur le plus puissant de m'avoir donné la force, la volonté et le courage, ainsi de m'avoir guidé vers le chemin de savoir à fin d'accomplir ce travail.*

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements pour ma promotrice, **M^{me}BENAMROUCHE** d'avoir accepté de m'encadrer, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.*

*Je tiens également à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer notre travail ainsi que pour leurs remarques qui ne feront qu'améliorer ce modeste document, tout particulièrement : le professeur **Amellal H.** de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail et le docteur **Bouchenak O.** d'avoir accepté de présider l'honorable jury. Veuillez trouver ici mes dames le témoignage de mon respect le plus profond.*

Je profite de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants, ma promotion (2018_2019) et toutes les personnes qui m'ont soutenu jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.

Bouzegzi Amira et Khalfi Asma

Dédicaces

Que ce travail témoigne de mes respects :

À mes parents :

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux,

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

À Mes chers frères MOUHAMED, ABD EL-RAHMAN et BOUALEM. À mes cousin RACHID et ABD EL-MOUMEN et mes cousines FOUZIA et NADJET et sans oublier sa fille CHAHD.

À toute la famille BOUZEGZI.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

À tous mes enseignants ;

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

À tous mes amis et mes collègues ;

spécialement CHAIMA et ma binôme ASMA

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

BOUZEGZI A.K.

Dédicaces

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents :

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux,

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A mes sœurs SARAH et LYNDIA et à .ET à ma cousine NESRINE et sa fille JOURI

A toute la famille KHALFI.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes enseignants ;

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues ;

A ma binômes AMIRA

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

KHALFI A.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction 1

Partie Théorique

Chapitre I : Généralités sur le lait

I.1. Définition 03

I.2. Composition chimique 03

I.3. Propriétés du lait..... 08

I.4. Propriétés microbiologiques de lait..... 11

Chapitre II : Lait commercialisés

II.1. Lait de consommation..... 12

II.2. Différents types de laits de consommation..... 12

II.2.1. Lait cru..... 12

II.2.2. Lait pasteurisé..... 13

II.2.3. Lait UHT..... 13

II.2.4. Lait concentré sucré..... 18

II.2.5. Lait aromatisés..... 18

II.2.6. Lait fermentés..... 18

II.2.7. Lait en poudres..... 19

Chapitre III : Lait aromatisé

III.1. Définition..... 20

III.2. Composition..... 20

III.3. Processus de fabrication du lait aromatisé..... 22

III.4. Valeur nutritionnelle..... 24

Partie Pratique

Matériels et Méthodes..... 25

I. Caractéristiques de la matière première..... 25

II. Analyses physicochimiques.....	27
II.1. PH et acidité.....	27
II.2. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	27
II.3. Détermination de la densité.....	27
II.4. Détermination de l'indice de réfraction ou le taux de solide soluble.....	27
II.5. Test de la stabilité.....	28
II.5.1. Test de stabilité du lait à l'alcool.....	28
II.5.2. Test de stabilité du lait à la chaleur ou test d'ébullition.....	28
III. Analyses de la composition chimique.....	28
III.1 Défécation des échantillons.....	28
III.2. Teneur en sucres totaux.....	28
III.3. Teneur en protéines.....	29
III.4. Teneur en cendres.....	29
III.5. Détermination de la matière grasse.....	29
III.6. Teneur en acide ascorbique.....	30
VI. Activité anti-oxydant.....	30
V. Analyse microbiologie	31
VI. Etude statistique.....	31
Résultats et discussion.....	32
I. Influence du traitement UHT sur la qualité du lait reconstitué.....	32
II. Etude comparative des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé)....	35
III. Etude du potentiel antioxydant des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé).....	37
IV. Etude de stabilité des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé)....	39
Conclusion.....	41
Références Bibliographiques.....	43
Annexes	

Liste des abréviations

- **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- **AOAC**:Association of Official Analytical Chemists
- **BSA**:Bovin Serum Albumine
- **DPPH**: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.
- **E Glu** :Equivalent Glucose
- **EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.
- **EST**:Extrait Sec Totale
- **FOA**: FOOD and Agriculture Organization
- **FTAM**: : Flore Totale Aérobie Mésophile
- **J.O.R.A**: Journal Officiel de la République Algérienne
- **MG** : Matière Grasse
- **UFC** : Unité Formant une Colonie
- **UHT**: Ultra Haute Température

Liste des figures

Fig. 1 :Micelle de caséine et sous micelle de caséines.....	05
Fig. 2 : Pourcentage des différentes protéines du lait	05
Fig. 3 : Structure d'un globule de matière grasse.....	06
Fig. 4 :Système UHT indirect	14
Fig. 5 :Schéma de fabrication de lait UHT reconstitué:.....	21
Fig. 6 :Diagramme de fabrication d'un lait aromatisé	23
Fig. 7 :Diagramme de la démarche expérimentale.....	26
Fig. 8 :Représentation graphique du pouvoir scavenger du DPPH d'un ml des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé) et de la vitamine C à la concentration 1mg/ml.....	37

Liste des tableaux

Tableau I :Compositions lipidiques du lait	06
Tableau II : Composition du lait en minéraux	07
Tableau III : Composition moyenne (en %) des laits de différentes espèces laitières en constituants principaux.....	08
Tableau IV :Durée de vie du lait en fonction des traitements thermiques.....	17
Tableau V :Teneur des laits en poudre en matières grasses (% m/m).....	19
Tableau VI :La valeur nutritionnelle moyenne du lait UHT chocolaté (pour un volume de 100 ml)	24
Tableau VII :Caractéristiques des matières premières et normes.....	25
Tableau VIII : Paramètres physicochimiques et composition chimique des laits reconstitué et UHT non aromatisés.....	32
Tableau IX : Paramètres physicochimiques et composition chimique des laits reconstitué et UHT non aromatisés.....	33
Tableau X :Paramètres physicochimiques, composition chimique et qualité microbiologique des laits UHT aromatisé chocolaté et non aromatisé.....	35
Tableau XI :Paramètres physicochimiques, composition chimique et qualité microbiologique des laits UHT aromatisé chocolaté et non aromatisé.....	39



Introduction

Introduction

Le lait est un produit de forte valeur nutritionnelle. C'est l'un des rares aliments à contenir une teneur équilibrée en nutriments de base (glucides, lipides et protéines). Le lait a toujours été considéré, dans toutes les civilisations, comme un produit noble. Il est l'un des rares à convenir à toutes les tranches d'âge (nourrisson, enfant, adolescent, adulte, personne âgée) qui le consomment tel quel à l'état liquide (lait frais) ou sous forme de produits dérivés (laits fermentés, fromages...etc.) (Yakhlef et al., 2010). Le lait constitue une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine, qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte ; Ils sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Le lait est riche en calcium et en d'autres sels minéraux (notamment le phosphore et le magnésium). Le lait est également un réservoir de vitamines du groupe B (B1, B2, B5, B12) et du groupe A (Cheftel, 1977).

Actuellement, les produits laitiers transformés représentent dans le monde, environ 70% de la production de lait. Ces transformations utilisent des technologies destinées à stabiliser et à stériliser les produits ou à fabriquer des produits dérivés, appréciés pour leurs propriétés sensorielle et techno fonctionnelle (Debrye, 2001). Le traitement UHT (Ultra Haute Température) est considéré comme un traitement de choix qui permet la destruction totale de la microflore du lait et l'inhibition des enzymes de dégradation, tout en conservant les qualités organoleptique et nutritionnelle du lait (Vignola, 2002). Les innovations proposées en matière de lait ont récemment porté sur les arômes et la production des laits aromatisés enrichis en vitamines bons pour la santé et donnent de l'énergie. Ce sont essentiellement des laits chocolatés ou cacaotés ainsi que des laits aux essences de fruits (fraises, abricot, banane...) qui sont vendus sous forme de lait UHT.

Parmi les laits aromatisés, c'est le lait UHT chocolaté qui constitue la boisson lactée aromatisée la plus consommée. Cette boisson présente un goût de chocolat et apporte de calcium, des protéines et des vitamines. Le lait UHT chocolaté s'est fait une place dans la vie du consommateur il est surtout destiné aux enfants et aux adolescents du fait qu'il offre la possibilité d'être consommé aussi bien en période chaude qu'en période froide. Il possède les

mêmes caractéristiques microbiologiques que celles des laits UHT et il peut remplacer le café au lait pour les enfants.

Au cours de notre stage pratique réalisé au sein de la laiterie *Ramy Milk Company*, nous avons réalisé un suivi de la qualité du lait partiellement écrémé aromatisé chocolaté et non aromatisé UHT dans le but d'étudier :

- L'influence du traitement UHT sur la qualité d'un lait reconstitué aromatisé chocolaté et non aromatisé ;
- L'influence de l'ajout de la poudre et de l'arôme de cacao sur la qualité du lait et son potentiel antioxydant.
- La stabilité des laits UHT chocolaté et non aromatisé au cours de stockage (30°C / 90 jours, et 55°C / 15 jours) dans le but de vérifier la conformité des résultats aux normes en vigueur d'assurance de la qualité.

Le présent travail est divisé en deux parties :

- Une partie théorique qui comporte des généralités sur le lait, les laits commercialisés et le lait aromatisé l'objet de ce travail.
- Une partie pratique qui précise la démarche expérimentale et donne les méthodes d'analyses et les résultats correspondants.

I. Généralités sur le lait

I.1. Définition

Selon le décret du 25 Mars 1924, le lait est défini comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (Cheftel, 1977).

Selon le Journal Officiel de la République démocratique Algérienne (J.O.R.A, 1993) : La dénomination « Lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique. La dénomination « Lait » sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination « Lait », suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient. Le lait destiné à la consommation ou à la fabrication d'un produit laitier, doit provenir de femelles laitières en parfait état sanitaire (J.O.R.A, 1993).

I.2. Composition chimique

D'un point de vue physique, le lait constitue un système complexe :

- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D, E et K).
- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle.
- Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (les protéines solubles, le lactose, les vitamines hydrosolubles du groupe B, les sels minéraux et l'azote non protéique).
- Une phase gazeuse composée d'oxygène et de dioxyde de carbone dissous, qui représentent environ 5% du volume du lait (Cheftel, 1977 ; Mahaut et al., 2005).

Le lait contient aussi des enzymes (lactoperoxydase, Lactate-déshydrogénase, Malate-déshydrogénase...etc.), des anticorps, des hormones (La prolactine, ...etc.), des particules en suspension, même certaines cellules (macrophage), et contient inévitablement des microorganismes et parfois accidentellement des antibiotiques (Cheftel, 1977).

I.2.1. 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 lui permet de

former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides (Vignola, 2002).

I.2.2. Glucides

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose.

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40% des solides solubles totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4.8% de lactose, tandis que la poudre de lait écrémé en contient 52% et la poudre de lactosérum, près de 70% (Vignola, 2002).

I.2.3. Matières azotées (protéiques et non protéiques)

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers (Vignola, 2002).

Selon Luquet (1986), on distingue deux types de matières azotées dans le lait :

- Les matières azotées non protéiques pour 5%. (Sont principalement des acides aminés, de l'urée et de l'acide urique).
- Les matières azotées protéiques pour 95% : constituées de protéines et de protéoses. Les protéines du lait sont constituées soit d'acides aminés seulement (β -lactoglobuline, α lactalbumine), soit d'acides aminés et d'acide phosphorique (caséines α et β) avec parfois encore une partie glucidique (caséine k) (FAO, 1995).

Selon Vignola (2002), les protéines sont classées en deux catégories d'après leur solubilité dans l'eau et leur stabilité :

- **Les caséines** : sont en suspension colloïdale, qui se regroupent sous forme de micelles (**Fig. 1 et Fig. 2**) et qui précipitent sous l'action de la présure ou lors de l'acidification à pH d'environ 4,6.

- **Les protéines du sérum :** qui sont en solution colloïdale et qui précipitent sous l'action de la chaleur.

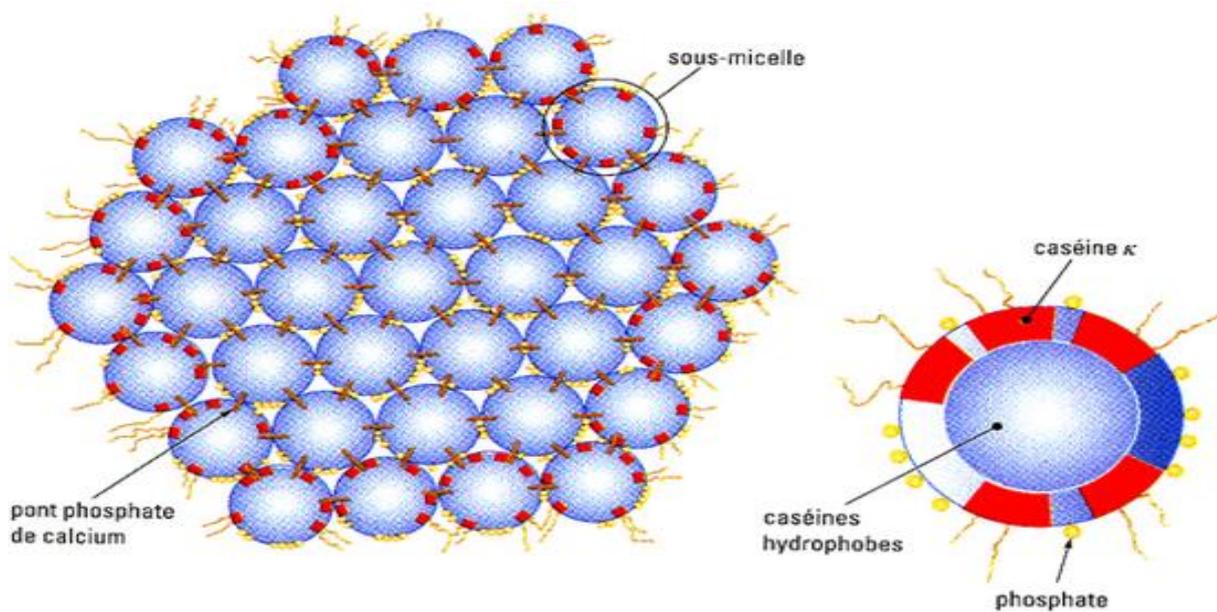
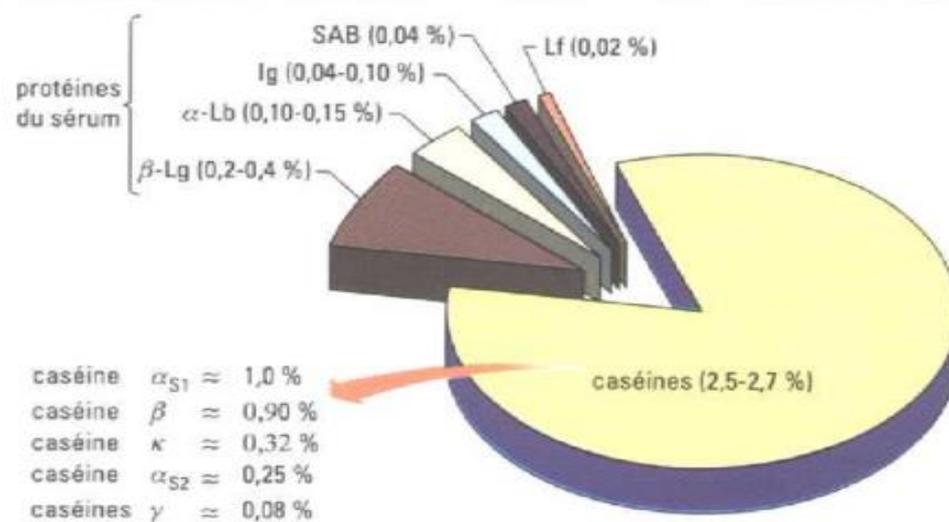


Fig. 1 : Micelle de caséine et sous micelle de caséines (Cheftel, 1977).



β-Lg : β-lactobumine, **α-Lb :** α-lactalbumine, **Ig :** immunoglobuline, **SAB :** SérumAlbumineBovin, **Lf :** lactoferrine.

Fig. 2 : Pourcentage des différentes protéines du lait. (Cayot et Lorient ,1998)

I.2.4. Lipides

Les matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β – carotène (**Tableau I**) (Vignola, 2002).

La matière grasse est présente sous forme d'une émulsion de globules gras de 1 à 8 μ m de diamètre (Luquet et al., 1985).

Tableau I : Composition lipidique du lait (vignola, 2002).

Constituants	Proportion de lipides du lait (%)
Triglycérides	98
Phospholipides	01
Fraction insaponifiable	01

Les matières grasses du lait ont la forme de petits globules sphériques qui sont invisibles à l'œil nu. Le diamètre moyen des globules étant de 3 à 4 μ m, on estime qu'il y a environ de 3 à 4 milliards de globules gras par millilitre de lait entier (Grappin et Pochet, 1999). Chaque globule est formé de différentes couches de triglycérides (**Fig. 3**) (Vignola, 2002).

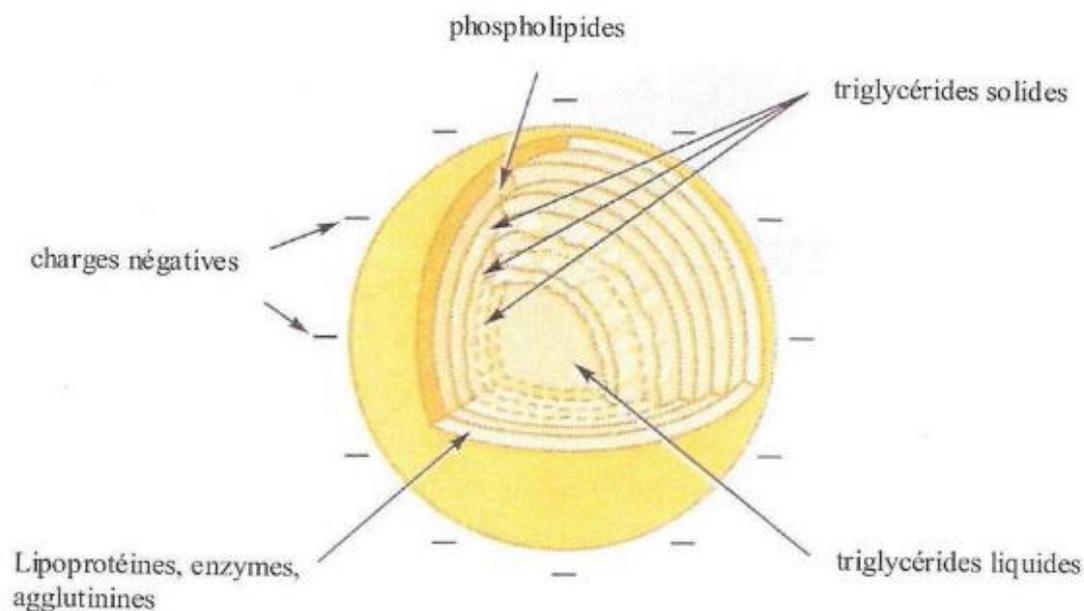


Fig. 3 : Structure d'un globule de matière grasse (Vignola, 2002).

I.2.5. Minéraux

Les minéraux du lait se trouvent sous deux formes principales, surtout sous forme de sels ionisés et solubles dans le sérum et sous forme micellaire insoluble. Les éléments basiques majeurs comme le calcium, le potassium, le magnésium et le sodium forment des sels avec les constituants acides qui sont les protéines, les citrates, les phosphates et les chlorure. En outre, le calcium, le magnésium, les citrates et les phosphates se trouvent sous forme colloïdale dans les micelles de caséines (**Tableau II**) (Juillard et al, 1996).

Tableau II : Composition du lait en minéraux (Juillard et Richard, 1996).

Minéraux	Teneurs (mg/kg)	Minéraux	Teneurs (mg/kg)
Sodium (Na)	445	Calcium (Ca)	1180
Magnésium (Mg)	105	Fer (Fe)	0.50
Phosphore (P)	896	Cuivre (Cu)	0.10
Chlore (Cl)	958	Zinc (Zn)	3.80
Potassium (K)	1500	Iode (I)	0.28

I.2.6. 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. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser en quantité suffisante. On les retrouve en très petite quantité dans les aliments (Vignola, 2002).

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variée ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique. On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B) de la phase aqueuse du lait.
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (Debry, 2001).

La composition du lait varie beaucoup, en fonction du génotype de la femelle laitière (race, espèce), de l'âge de l'animal, de la saison, du stade de lactation et de l'alimentation.

Le tableau III, donne la composition moyenne des laits de différentes espèces laitières en constituants principaux.

Tableau III: Composition moyenne (en %) des laits de différentes espèces laitières en constituants principaux.

	Protéines	Matière grasse	Lactose	Minéraux	Références
Lait de brebis	6.0	7.0	5.4	1.0	Miller et al. (2000)
	2.9	4.5	4.1	0.8	Jensen (1995)
	4.6	7.2	4.8	0.9	Jeness (1986)
	5.3	7.4	/	1.0	Alais (1984)
Lait de vache	3.3	3.3	4.7	0.7	Miller et al. (2000)
	3.4	3.7	4.6	0.7	Jensen (1995)
	3.2	3.7	/	0.8	Alais (1984)
Lait de Chèvre	3.6	4.1	4.4	0.8	Miller et al. (2000)
	5.5	7.4	4.8	1.0	Jensen (1995)
	3.2	4.5	4.3	0.8	Jeness (1986)
	2.9	3.8	/	0.9	Alais (1984)
Lait de chamelle	3.0	5.4	/	0.7	Alais (1984)
	3.3	3.3	2.5	/	Gorban et izzeldin (1997)
	3.0	5.4	/	0.7	Ontario (2000)
Lait de femme (humain)	1.0	3.8	7.0	0.2	Jensen (1995)
	0.9	4.5	7.1	0.2	Jeness (1986)
	1.0	4.4	6.9	0.2	Miller et al. (2000)
Lait de jument	2.5	1.9	6.2	0.5	Jeness (1986)
	2.5	1.9	/	0.5	Alais (1984)
	2.5	1.9	/	0.5	Ontario (2000)

I.3. Propriétés du lait

I.3.1. Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques déterminées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (Amiot et al., 2002).

I.3.1.1. Masse volumique

Selon Pointurier (2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide par son volume. Elle dépend étroitement de la

température et elle est habituellement notée ρ et s'exprime en Kg.m^{-3} . Soit $1,030\text{Kg.m}^{-3}$ pour le lait de vache entier à 20°C .

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse volumique du liquide considéré et la masse volumique d'eau. Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à $1,000\text{Kg.m}^{-3}$, la densité du lait de vache entier à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1,030 (Pointurier, 2003).

Etant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1, plus un lait contient un pourcentage élevé en matière grasse, plus sa densité sera basse (Pique et al.1994).

I.3.1.2. Stabilité à la chaleur

1. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de : $-0,530^\circ\text{C}$ à $-0,575^\circ\text{C}$ avec une moyenne de $-0,555^\circ\text{C}$. Un point de congélation supérieur à $-0,530^\circ\text{C}$ permet de soupçonner une addition d'eau au lait (dilution). On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'une cryoscopie à thermistance automatique (Piveteau, 1999).

2. Point d'ébullition

On définit le point d'ébullition d'un corps comme étant les conditions de température et de pression qui doivent être réunies pour qu'il passe rapidement de l'état liquide à l'état gazeux (il bout). Le point d'ébullition est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit $100,5^\circ\text{C}$ (Vignola, 2002).

I.3.1.3. Acidité du lait

L'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée lors de la fermentation lactique (formation de l'acide lactique).

L'acidité titrable du lait est déterminée par un dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine). Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic ($^\circ\text{D}$). $1^\circ\text{D} = 0.1\text{g}$ d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité $\leq 21^\circ\text{D}$. Un lait dont l'acidité est $\geq 27^\circ\text{D}$ coagule au chauffage alors qu'un lait dont l'acidité est $\geq 70^\circ\text{D}$ coagule à froid (Jean et Dijon, 1993).

L'acidité peut se déterminer aussi directement par le pH qui mesure la concentration des ions H^+ en solution. Il nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait ; le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8 (Amiot et al. 2002).

I.3.2. Propriétés organoleptiques du lait

I.3.2.1. Couleur

Le lait est de couleur blanche opaque, plus ou moins jaunâtre, due à la présence du β -carotène et de la matière grasse (Fredot, 2005).

Reumont (2009) explique que les deux composants du lait (les lipides sous forme de globules de gras et les protéines sous forme de micelles de caséines) diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche.

I.3.2.2. Odeur

L'odeur du lait est liée à plusieurs facteurs. La présence de la matière grasse dans le lait lui confère une odeur caractéristique. Au cours de la conservation, l'acidification du lait par l'acide lactique donne une odeur aigre. Le lait fixe également des odeurs animales liées à l'ambiance de la traite, et à l'alimentation de l'animal (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur) (Vierling, 2003).

I.3.2.3. Saveur

Le lait a une saveur légèrement sucrée due à la présence d'un taux de lactose. La saveur évolue en fonction de la fraîcheur et de la température du lait lors de la dégustation. La saveur du lait Normal frais est agréable alors que celle du lait acidifié est un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés,... etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer (Thieulin et Vuillaume, 1967).

I.3.2.4. Texture

La viscosité ou la rhéologie du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes, émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également des paramètres technologiques (Rheotest, 2010).

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux) ; Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée (Rheotest, 2010).

I.4. Propriétés microbiologiques de lait

Le lait est par sa composition, un aliment de choix, il contient de la matière grasse, du lactose, des protéines, des sels minéraux, des vitamines et de l'eau (environ 87%). Avec un pH de 6.7, il est un substrat très favorable au développement des microorganismes (Guiraud, 1998).

I.4.1. Flore indigène ou originelles

La flore indigène des produits laitiers se définit comme étant l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis. Le lait contient peu de microorganismes, lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml). Il s'agit essentiellement des germes saprophytes du pis et des canaux galactophores (les microcoques, les streptocoques lactiques et les lactobacilles). Il peut s'agir également d'agents de mammites, c'est-à-dire d'infection de pis (des streptocoques pyogènes, des carynebactéries pyogènes et des staphylocoques). Comme il peut s'agir aussi de germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait (*Salmonella*, *Brucella*, et exceptionnellement *Listeria monocytogenes*, *mycobactérie*, *Bacillus anthracis* et quelque virus) (Guiraud, 2003).

I.4.2. Flore de contamination

La flore de contamination est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la traite jusqu'à la consommation. Le lait peut se contaminer par des apports microbiens divers: les fèces et les téguments de l'animal (coliformes, entérocoques, *Clostridium*, *Salmonella*...etc.), le sol (*Streptomyces*, *Listeria*, bactéries sporulés, ...etc.), l'air et l'eau : (flores diverses) (Guiraud, 2003).

II. Laits commercialisés

II.1. Laits de consommation

Le terme “Lait de consommation” désigne les différentes catégories de laits vendus à l’état liquide et solide. Ces laits sont présentés obligatoirement en emballages fermés jusqu’à la remise au consommateur (Cnera, 1981).

L’évolution des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l’élaboration d’une large gamme de lait de consommation qui se distinguent par leur composition, leurs qualités nutritionnelle et organoleptique et leur durée de conservation (Jeantet et al., 2008).

Selon la Communauté européenne (2004), les laits de consommation se différencient selon :

- **La teneur en matières grasses (MG) :** on distingue :
 - ⊗ **Le lait entier :** contient au moins 3,5% de M.G. La couleur rouge est la couleur qui représente le lait entier sur les conditionnements.
 - ⊗ **Le lait demi-écrémé ou partiellement écrémé :** Contenant au moins 1,5% et au plus 1,8% de M.G. La couleur dominante sur ses conditionnements est le bleu.
 - ⊗ **Le lait écrémé :** ne contient au maximum que 0,3% de M.G. La couleur dominante des emballages est le vert.
- **Le traitement thermique :** on distingue :
 - ⊗ **Le lait cru ;**
 - ⊗ **Le lait pasteurisé ;**
 - ⊗ **Le lait stérilisé :** lait chauffé pendant 15 à 20 minutes à une température de 115-120°C.
 - ⊗ **Le lait stérilisé UHT.**

II.2. Différents types de laits de consommation

II.2.1. Lait cru

Le lait cru est produit par la sécrétion de la glande mammaire d’une ou plusieurs vaches, brebis, chèvres ou bufflonnes. Le lait cru est recueilli à la ferme par traite mécanique ou manuelle. Il est destiné à la consommation humaine directement après la traite, il ne subit aucun traitement thermique (Multon, 2013).

La vente du lait cru est autorisée en France pour la consommation humaine. Sa production et sa commercialisation sont très contrôlées en raison des risques qu'il peut encore présenter pour la santé (Romain, 2007).

II.2.2. Lait pasteurisé

La pasteurisation a pour objectif la destruction de toutes les formes végétatives des micro-organismes pathogènes du lait sans altérer la qualité physicochimique et organoleptique de ce dernier (Harding, 1995).

Le lait pasteurisé, fabriqué à partir du lait cru ou du lait reconstitué, écrémé ou non, est un lait qui a subi un traitement thermique (pasteurisation) qui détruit plus de 90 % (jusqu'à 98 %) de la flore contenue dans le lait (notamment tous les germes pathogènes non sporulés) (Christian, 2001).

Le Journal Officielle de la République Algérienne (JORA, 1993) précise les conditions suivantes :

- Pour que le lait soit pasteurisé, il doit être soumis :
 - ⊗ Soit à une température de 63°C pendant une durée de 30min ;
 - ⊗ Soit à une température de 85°C pendant une durée de 15 à 20 secondes ;
 - ⊗ Soit encore instantanément à une température de 95°C.
- Le lait pasteurisé doit être conservé à une température inférieure ou égale à 6°C ;
- La date de péremption du lait pasteurisé conditionné est fixée, au plus, à 7 jours à compter de la date de fabrication
- La gamme des laits pasteurisés, est fixée comme suit :
 - ⊗ Lait entier pasteurisé : sa teneur en matières grasses est de 2.8 % minimum.
 - ⊗ Lait partiellement écrémé pasteurisé : sa teneur en matières grasses est de 1.5% à 2%.
 - ⊗ Lait écrémé pasteurisé : sa teneur en matières grasses est de 0.15 % au maximum.

II.2.3. Lait UHT

II.2.3.1. Définition

Le lait stérilisé UHT (Ultra Haute Température) est un lait traité par la chaleur à 135-150°C pendant 2 à 5 secondes et conditionné aseptiquement dans un récipient stérile, hermétiquement clos, étanche aux liquides, aux microorganismes et aux gaz (Leseur et Melik, 1999).

Le traitement UHT peut être direct ou indirect :

- **Traitement UHT direct « upérisation » ou « pulvérisation » :** C'est l'injection de la vapeur dans le produit. La vapeur de qualité alimentaire est injectée dans le lait préchauffé à 80°C, ou elle se condense en libérant sa chaleur latente d'évaporation. La dilution engendrée est corrigée lors du refroidissement par détente du mélange dans une chambre sous vide partiel (Romain, 2007). Cette dernière étape du procédé a également comme objectifs :
 - ⊗ De réduire très rapidement la température du produit et ainsi les réactions chimiques non désirables du lait ;
 - ⊗ D'enlever de l'eau pour rétablir la composition originale du produit ;
 - ⊗ D'enlever les substances volatiles de faibles poids moléculaire qui ont un effet non désiré sur la qualité du produit (Vignola, 2002).
- **Traitement UHT indirect :** Il n'y a aucun contact entre le lait et la vapeur. Le traitement s'effectue avec des échangeurs à plaques ou tubulaires (**Fig. 4**). Le facteur limitant du procédé concerne l'encrassement progressif du matériel par précipitation de complexes protéines/minéraux sur les parois de l'échangeur (Romain, 2007).

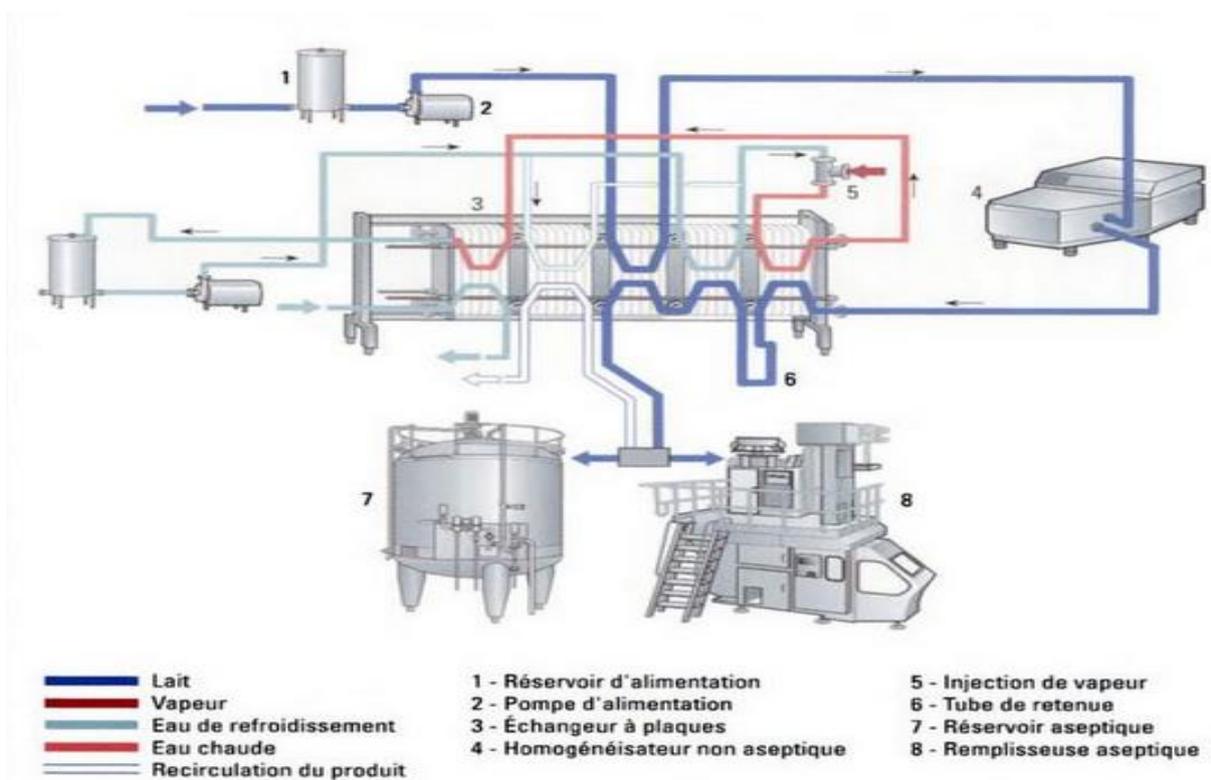


Fig. 4 : Système UHT indirect (Vignola, 2002)

II. 2.3.2. Processus de fabrication

a). Reconstitution : L'opération de la reconstitution du lait consiste à mélanger les poudres de lait écrémé et entier, avec de l'eau traitée portée à une température de 45°C (Romain , 2011).

b). Refroidissement : Après la reconstitution, le produit est ramené à une température entre 6 à 10°C et laissé mûrir pendant 2h au minimum pour assurer la stabilisation des protéines lactiques.

c). Traitement thermique : Cette étape rassemble plusieurs pré-étapes dans le but de préparer le lait pour le passage dans le système UHT.

✚ **Filtration :** Consiste à filtrer le lait à travers d'une membrane de porosité contrôlée. La filtration est réalisée dans le but de débarrasser le lait des impuretés physiques éventuelles apportées par la poudre de lait (Veisseyre, 1979).

✚ **Préchauffage :** Consiste à augmenter la température de lait pour le préparer au dégazage.

✚ **Dégazage :** Il a pour but d'éliminer les gaz contenus dans le lait, tel que le gaz carbonique, l'oxygène, l'azote...etc. à une température comprise entre 40°C et 45°C. La présence des gaz peut compromettre la qualité du lait, par oxydation de la matière grasse du lait par l'oxygène (Luquet, 1990).

✚ **Homogénéisation :** L'homogénéisation est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60°C dans un homogénéisateur. Elle a pour but de stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait par la réduction du diamètre des globules gras (Kesri, 2018). L'homogénéisation améliore ainsi la consistance du lait, accroît sa blancheur, et rend les lipides plus digestibles. Elle est effectuée à environ 70°C (Cheftel, 1992).

✚ **Stérilisation :** Le lait est traité à 135-150°C pendant 2 à 5 secondes (Romain, 2007). Un tel procédé permet la conservation du lait pendant 03 mois à température ambiante dans un emballage fermé.

d). Conditionnement : Le lait UHT est conditionné dans une zone stérile dans des récipients préalablement stérilisés (utilisation de H₂O₂ seul, combiné à l'air chaud ou avec un traitement UV) (Vierling, 2003 ; Vierling, 2004). Le matériel d'emballage se compose de polyéthylène, d'aluminium et de papier laminé (Vignola, 2002) (**Fig. 5**).

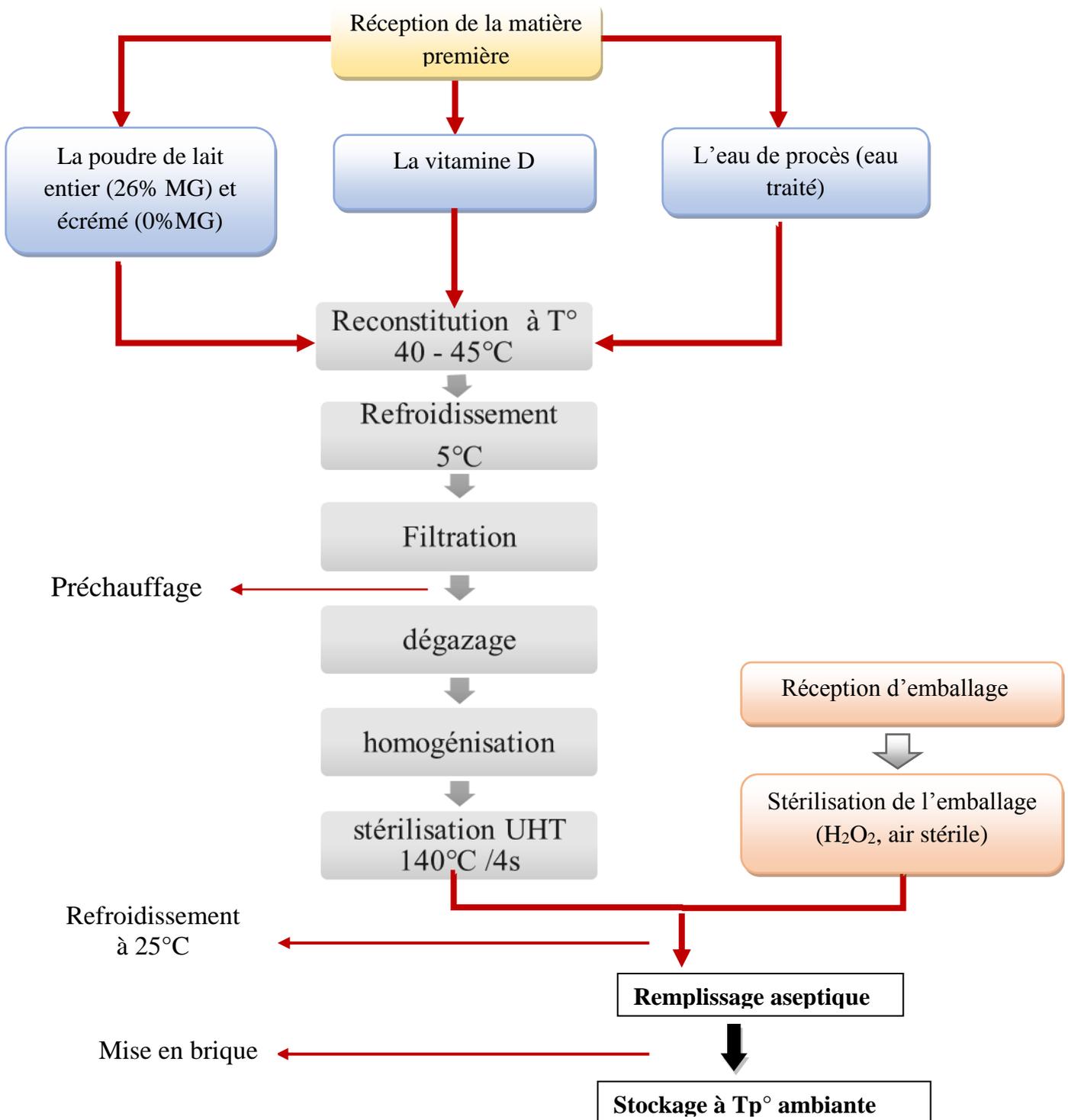


Fig. 5 : Diagramme de fabrication de lait UHT reconstitué selon l'Unité *Ramy milk company*.

II. 2.3.3. Avantages et inconvénients du traitement

a). Avantages : Ce traitement permet de mieux préserver les qualités nutritionnelle et organoleptique originelles de lait. Le traitement permet une conservation de la plupart des vitamines du lait qui sont peu détruites (au maximum 20 % des vitamines sont détruites lors du chauffage). Le traitement UHT limite la modification de la matière grasse, provoque une précipitation partielle des sels minéraux, dénature peu les protéines et améliore la digestibilité des protéines dans l'estomac (Gérard, 2001).

Le traitement UHT permet de détruire aussi bien les bactéries que les spores et d'inactiver un certain nombre d'enzymes, ce qui fait que le lait emballé se conserve plus longtemps (3mois au minimum) (**Tableau IV**). Une fois l'emballage ouvert, le lait ne se conserve toutefois que quelques jours au réfrigérateur (Vandercammen, 2011).

b). Inconvénients : le traitement peut modifier la composition du lait. En effet, au cours de stockage le lait traité par traitement UHT présente deux types d'instabilités :

— La formation des sédiments dont une couche de nature protéique.

— L'augmentation de la viscosité jusqu'à la formation éventuelle d'un gèle (Dagleach 1992, cités par Cayot et Lorient, 1998). Le traitement UHT ne parvient pas à inhiber totalement les activités de protéolyses dues à des protéases extracellulaires psychotrophes (Cayot et Lorient, 1998).

Tableau IV: Durée de vie du lait en fonction des traitements thermiques (Vandercammen, 2011)

	Types de traitements thermiques	Caractéristiques
Lait crus	Pas de traitement thermique ou de chauffages à plus de 4 C°	Il se conserve 48h avant l'ouverture au réfrigérateur
Lait pasteurisé	Chauffé à une température inférieure à 100°C puis refroidi rapidement	Il se conserve 7 jours au réfrigérateur avant ouverture.
Lait UHT	Chauffé à une température entre 130 et 150°C pendant 2 secondes et refroidi rapidement	Durée de conservation 1 à 4 mois à température ambiante
Lait stérilisé	Chauffé à une température entre 100 °C et 115°C pendant 20 minutes	Durée de conservation 1-à 6 mois à température ambiante
Lait en poudre	Déshydratation qui permet de réduire la teneur en eau à 5 %	Durée de conservation 2 ans à température ambiante

II.2.4. Lait concentré sucré

Les laits concentrés sucrés sont des laits qui peuvent être obtenus par élimination partielle de l'eau contenue dans le lait avec adjonction de sucre, ou par tout autre procédé aboutissant à un lait dont la concentration en solide soluble est environ le double de celle de lait frais (Codex 282, 1971).

Selon J.O.R.A N°68 de 15-10-1997, la dénomination de vente « lait concentré » doit être complétée selon le cas par :

- Entier, partiellement écrémé ou écrémé.
- Sucré ou non Sucré.

Le lait partiellement écrémé concentré sucré désigne un lait partiellement déshydraté additionné de saccharose et contenant, en poids, plus de 1% et moins de 8% de matières grasses laitières et plus de 24% d'extraits secs laitiers, et au minimum 34g de protéines de lait dans 100g de matière sèche dégraissée. Ils doivent être conditionnés dans des récipients étanches et livrés intacts aux consommateurs. Des additifs et/ou des vitamines peuvent être incorporés aux laits concentrés sucrés et non sucrés, dans les conditions autorisées par la réglementation en vigueur (J.O.R.A, 1997).

II.2.5. Laits aromatisés

Cette dénomination est réservée aux boissons stérilisées préparées à l'avance, constituées exclusivement de lait écrémé ou non, sucré ou non, additionnées des colorants généralement autorisés et de substances aromatiques naturelles qui peuvent être renforcées artificiellement (abricot, cacao, vanille, ananas, fraise, prune, cerise, framboise) (Vierling, 1999). Les laits aromatisés sont généralement stérilisés en récipients ou par traitement UHT. Ils peuvent être additionnés d'agar-agar, d'alginate et de pectines comme épaississants. (Leseur et Melik, 1999).

II.2.6. Laits fermentés

D'après Fredot (2006), la dénomination lait fermenté est réservée au produit laitier préparé avec des laits écrémés ou non, ou des laits concentrés ou en poudre écrémés ou non sous forme liquide, concentré ou en poudre. Ils pourront être enrichis avec des constituants tels que la poudre de lait ou les protéines de lait. Le lait subit alors un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation et estensemencé avec des microorganismes

caractéristiques de chaque produit. Ces microorganismes sont pour la plupart des probiotiques bénéfique pour la santé.

La fermentation de lait se fait par l'action de micro-organismes appropriés résultant la réduction du pH avec ou sans coagulation. Ces levains doivent être viables, actifs et abondants dans le produit à la date de durabilité minimale. Si le produit subit un traitement thermique après la fermentation, l'exigence portant sur la viabilité des micro-organismes ne s'applique plus (Codex 243-2003).

II.2.7. Laits en poudres

J.O.R.A. (1998) a défini le lait en poudre comme suite : le lait en poudre ou le lait déshydraté ou le lait sec c'est le produit solide obtenu directement par élimination de l'eau du lait, il se présente sous l'aspect d'une poudre de couleur blanche ou légèrement crème, homogène ne contenant pas d'impuretés, de grumeaux ni de parcelle colorés . Il est franc d'odeur et de saveur.

Le tableau suivant donne les différentes teneurs en matières grasse du lait en poudre.

Tableau V: Teneur des laits en poudre en matières grasses (% m/m) (FAO, 2010).

	Lait entier	Lait partiellement écrémé	Lait écrémé
Matière grasse laitière (% m/m)			
Minimum	26	>1,5	
Maximum	<40	<26	1,5
Eau maximum (% m/m)	5	5	5

III. Lait aromatisé

III.1. Définition

Le lait aromatisé est un lait constitué exclusivement de lait écrémé ou non, sucré ou non, additionné des colorants autorisés et de substances aromatiques naturelles qui peuvent être renforcées artificiellement (abricot, ananas, fraise, prune, cerise, framboise). Il peut être stabilisé par l'emploi des substances suivantes : agar-agar, alginates, carraghénates et pectines.

Parmi les laits aromatisés le lait chocolaté demeure toujours le plus populaire des boissons lactées aromatisées. C'est un produit qui varie dans l'intensité de l'arôme, la teneur en sucre et la viscosité en comparaison avec des laits d'autres arômes (Vignola, 2002). C'est une boisson lactée, à laquelle est additionné du cacao pendant le processus de fabrication. La composition d'un lait chocolaté est la suivante : lait demi écrémé (1 à 1.5 de MG), cacao (1.5 à 2 %), saccharose (5 à 6 %) et stabilisant : alginate, pectine, amidon (J.O.R.A, N°69, 1993).

III.2. Composition

III.2.1. Lait reconstitué et lait recombinaison

- **Lait recombinaison** : obtenu par mélange dans une eau convenable des différents composants du lait. Généralement les trois composants essentiels sont l'eau, la poudre de lait écrémé et la matière grasse laitière anhydre. Dans certains cas quelques adjuvants complémentaires sont utilisés (émulsifiants et stabilisants).

- **Lait reconstitué** : obtenu par la dilution dans une eau convenable d'une poudre de lait.

Selon J.O.R.A. (1993), le lait reconstitué est dit : écrémé, en cas d'utilisation de lait en poudre écrémé extra grade c'est à dire tirant moins de 1,25 % de matières grasses, entier, en cas d'utilisation de lait en poudre tirant au moins 26% de matières grasses. Le lait recombinaison est obtenu par mélange d'eau, de matière grasse et de lait en poudre écrémé extra grade titrant moins de 1.25 % de matière grasse.

III.2.1.1. Eau de reconstitution

L'eau est l'une des matières premières de tous les types de produits laitiers reconstitués et recombinaison. Selon Bylund (1995), Elle doit être une eau potable de bonne qualité, dépourvue de micro-organismes pathogènes et d'un niveau de dureté acceptable ($[CaCO_3] < 100 \text{ mg/l}$) (**Annexe III**). Une teneur excessive en matière inorganique menace l'équilibre des sels du produit reconstitué ou recombinaison qui, à son tour, pose des problèmes au niveau

des traitements thermiques (trop de cuivre ou de fer dans l'eau peut introduire des goûts atypiques à cause de l'oxydation de la matière grasse). Les niveaux maximaux recommandés sont par conséquent : 0,05 mg/l de Cu et 0,1 mg/l de Fe. Sur le plan microbiologique, elle ne doit contenir aucun germe pathogène dont *Escherichia coli*, les streptocoques fécaux et Les *Clostridium* Sulfito-Réducteurs (Möller, 2000).

III.2.1.2. Poudre de lait

Le lait en poudre est un produit alimentaire provenant de la déshydratation du lait. Il doit être utilisé exclusivement par les industries alimentaires, pour la préparation des produits devant subir une cuisson ou tout autre traitement thermique (J.O.R.A. N°94, 1998). Il doit être exempt de graisses étrangères, d'impuretés, d'agents neutralisants, de colorants et de toute substance nocive ou toxique (J.O.R.A. N°49, 2008).

Le lait en poudre industriel entier et écrémé doit contenir, au minimum, 34g de protéines de lait pour 100g d'extrait sec dégraissé, au maximum, 5 % d'eau et 0,15 % d'acide lactique. Il doit être additionné, lors du processus de fabrication d'amidon de maïs comme traceur à un taux de 0,5% de poudre de lait pour détecter le lait reconstitué (J.O.R.A, 2014). On distingue 2 types de poudre de lait selon leur teneur en matière grasse, la poudre de lait entier à 26% de MG et la poudre de lait écrémé à 0% de MG (maximum 1.5% de MG). Dans la quasi-totalité des cas c'est la poudre écrémée qui est beaucoup plus utilisée. En effet, la matière grasse contenue dans la poudre s'oxyde rapidement en présence d'air et communiquera un goût désagréable aux produits reconstitués.

III.2.2. Sucre

Le sucre blanc raffiné cristallisé contenant 99.99 % de saccharose est utilisé pour rehausser le goût.

III.2.3. Aromes

Les arômes sont encadrés au niveau communautaire par la directive 88-388 transposée en droit français par le décret 91-366 et son arrêté d'application du 9 juillet 91. Les arômes alimentaires sont officiellement définis dans cette réglementation comme un produit ou une substance destiné à être ajouté à une denrée alimentaire pour lui conférer une odeur ou un arôme, c'est-à-dire une perception par voie nasale ou retro-nasale et/ou un goût (perception par voie linguale). Ils sont exclus des arômes les substances qui ont exclusivement un goût sucré, acide ou salé parce qu'on retombe soit sur des produits alimentaires « générales » comme le sucre ou le sel soit sur des additifs réglementés par ailleurs, comme les acidifiants et les édulcorants.

➤ La poudre de cacao

On entend par « fèves de cacao » les graines de cacaoyer (*Theobroma cacao* ssp. *lineaus*) fermentées, séchées ou transformées en poudre par un procédé mécanique (J.O.R.A, n°87,1999). Le cacao de base prend différentes formes : poudre, sirop plus ou moins concentré, seul ou pré-mélangé au sucre et au stabilisant. C'est pourquoi les quantités recommandées pour les mélanges sont variables (Vignola, 2002).

III.2.4. Vitamines

Selon Vignola (2002), les vitamines sont des substances organiques indispensables en petites quantités au métabolisme d'un organisme vivant. Elles sont des précurseurs de coenzymes dans les réactions enzymatiques et elles sont impliquées dans de nombreuses fonctions biologiques (la croissance, la fourniture d'énergie aux cellules, la vision, ...etc.). Elles ne sont pas ou peu synthétisées par l'organisme humain.

Le lait aromatisé peut être enrichi par un Cocktail de vitamines ; des vitamines hydrosolubles (vitamine C et vitamines du groupe B : B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉ et B₁₂) et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E)

III.2.5. Additifs

Selon l'Union Européenne, on entend par le terme « additif alimentaire » toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi et habituellement non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive, et dont l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires, dans un but technologique au stade de leur fabrication, transformation, traitement conditionnement, transport ou entreposage. L'additif alimentaire est ajouté dans un but déterminé. Il doit être technologiquement utile et il ne doit pas modifier les qualités nutritionnelle, organoleptique et hygiénique de la denrée (les conservateurs, les gélifiants, les antioxydants, les acidifiants, les poudres à lever, les colorants, lesenzymes, ...etc.) (Hoellinger et al., 1998).

Les stabilisants ont pour but d'augmenter la viscosité et d'empêcher ainsi la sédimentation du cacao. Les plus utilisés sont l'alginate de sodium et la carraghénine (Vignola, 2002).

III.3. Processus de fabrication du lait aromatisé

Le processus de préparation se résume dans la figure suivante (**Fig. 6**). Généralement, on parle d'un lait partiellement écrémé auquel on ajoute les arômes, du sucre et des stabilisants (Vignola, 2002).

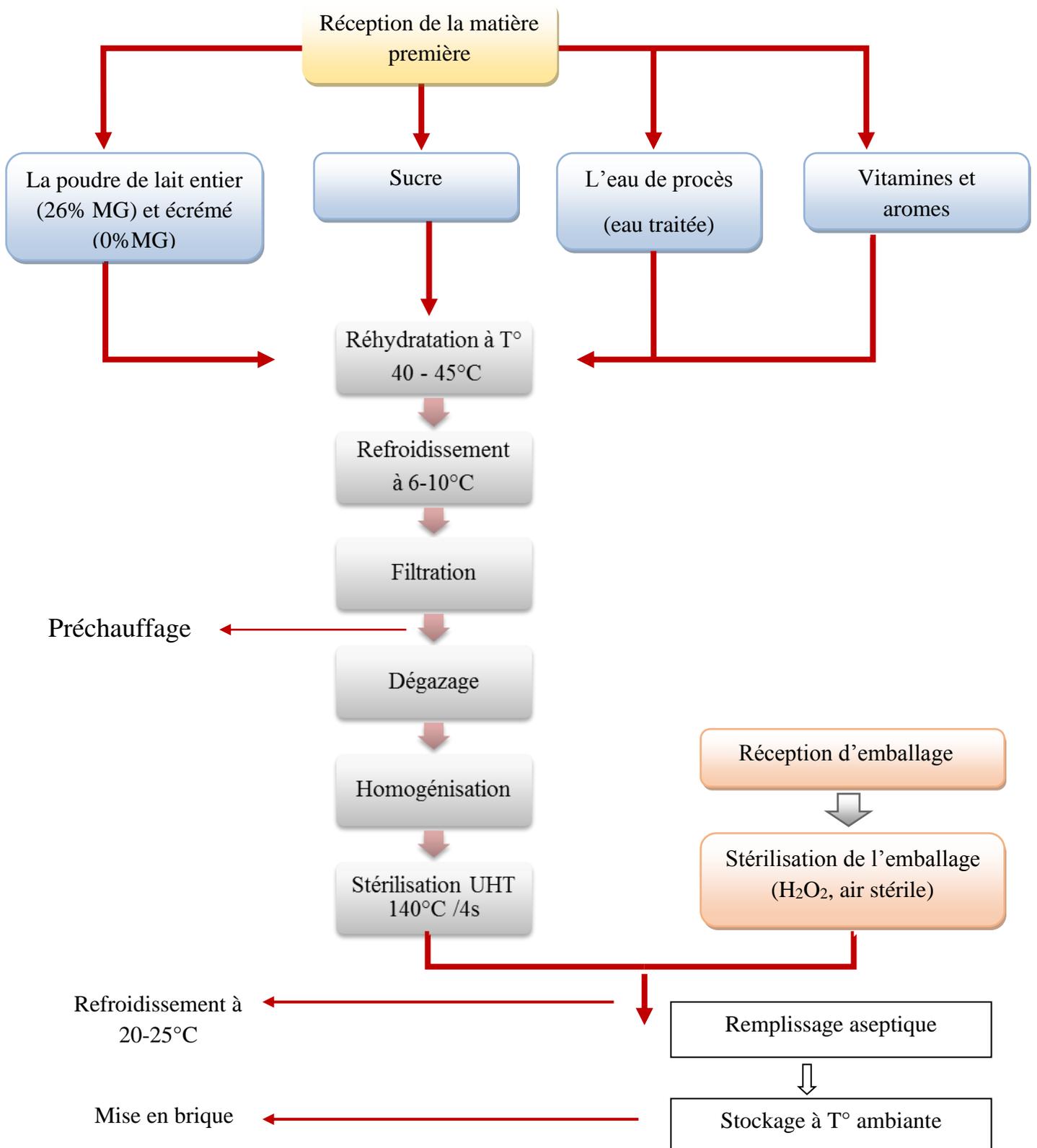


Fig. 6 : Diagramme de fabrication d'un lait aromatisé selon la laiterie « *Ramy*

Milk Company».

III.4. Valeur nutritionnelle

Les laits aromatisés sont aussi nutritifs que le lait nature, ils apportent eux aussi des éléments nutritifs essentiels à la croissance. Les laits aromatisés sont riches en protéines, en minéraux (calcium, potassium, zinc, sélénium, phosphore, magnésium) et en vitamines (A, D, B1, B2, B3, B5, B6, B9 et B12) (Anonyme, 2013). Ils contribuent au maintien d'une bonne santé des os et de l'organisme. Le tableau IV donne la valeur nutritionnelle moyenne du lait UHT chocolaté produit par l'unité *Ramy Milk company*.

Tableau VI: La valeur nutritionnelle moyenne du lait UHT chocolaté (pour un volume de 100 ml)(L'unité de *Ramy Milk Company*).

	Quantité (/100 ml)	Composés	Quantité (/100 ml)
la valeur énergétique	84 kcal / 356 kj	B ₃	2.40 mg
Glucides	10.5 g	B ₅	0.90 mg
Protéines	2.5 g	B ₆	0.21 mg
Lipides	1.6 g	B ₈	7.50 µg
Carbohydrates	7 g	B ₉	0.03 µg
les vitamines (/100ml)		B ₁₂	0.375 µg
A	0.12 mg	C	12 mg
B ₁	0.21 mg	D	0.75 µg
B ₂	0.165 mg	E	1.80 mg

III.5. Place de lait aromatisé dans l'alimentation

Les laits aromatisés sont des boissons de récupération idéale après une activité sportive intense ou une séance de musculation. Ils permettent à la fois la réhydratation du sportif, grâce à ses 85% d'eau, et la reconstitution des stocks de glycogène, grâce à ses différents glucides. Par ailleurs les protéines de hautes qualités des laits aromatisés permettent l'anabolisme musculaire (construction du muscle). Enfin la richesse en minéraux des laits aromatisés permet de refaire le plein après les pertes sudorales.

Les laits aromatisés contiennent moins de sucre au total qu'une quantité équivalente de jus de fruit non sucré. La consommation de ces laits n'augmente pas la consommation de sucre des enfants et combleraient plus facilement leurs besoins en calcium et autres nutriments. Ainsi, en plus de leurs goûts, les laits aromatisés sont bons pour la santé (Anonyme,2013).

Matériel et méthodes

Le présent travail a été réalisé à la fois à laiterie de *Ramy Milk Company* et au laboratoire de Biologie des Populations et des Organismes à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'UMBB. L'objectif du travail consiste à analyser la composition chimique et les paramètres physicochimiques d'un lait reconstitué et des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé) dans le but d'étudier : L'influence du traitement UHT sur la qualité d'un lait reconstitué aromatisé chocolaté et non aromatisé, l'influence de l'ajout de la poudre de cacao sur la qualité du lait et son potentiel antioxydant. Et en fin la stabilité des laits UHT chocolaté et non aromatisé au cours de stockage (30°C/90 jours, et 55°C/jours) dans le but de vérifier la conformité des résultats aux normes en vigueur d'assurance de la qualité.

La démarche expérimentale est résumée dans la figure 8.

I. Caractéristiques de la matière première

Les caractéristiques des matières premières : poudre de lait, poudre de cacao et l'eau de reconstitution sont données dans le tableau suivant (Tableau V) :

Tableau VII : Caractéristiques des matières premières et normes correspondantes internes (*Ramy milk Company*)

Paramètres	Eau de reconstitution		Poudre de lait				Poudre de cacao	
	Résultat	Norme	0%		26%		Résultat	Norme
			Résultat	Norme	Résultat	Norme		
pH	7.1	6.8-7.2	6.74	6.6-6.8	6.77	6.6-6.8	7.2	7,4 - 7,6
Acidité °D			14	Max 18	14	Max 18		
Titre Hydrométrique (TH) (°F)	13	0-15 °F						
Chlore libre (Cl) (mg/L)	0.1	<à 15						
Titre Alcalimétrique Complet (°F)	14	12-25						
Titre Alcalimétrique °F	0	<0.1						
Humidité %			4.27	<5	3.42	<5	4.01	≤5
Matière grasse			0.5	≤ 1,5	26%	26 - 40		
Lactose (%)			51.5	50-52	35.5	35-37		
Matières azotées (%)			35	34-37	28	27-29		
Couleur			Blanche	Blanche	Jaunâtre	Jaunâtre	Marron	Marron
Odeur			Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

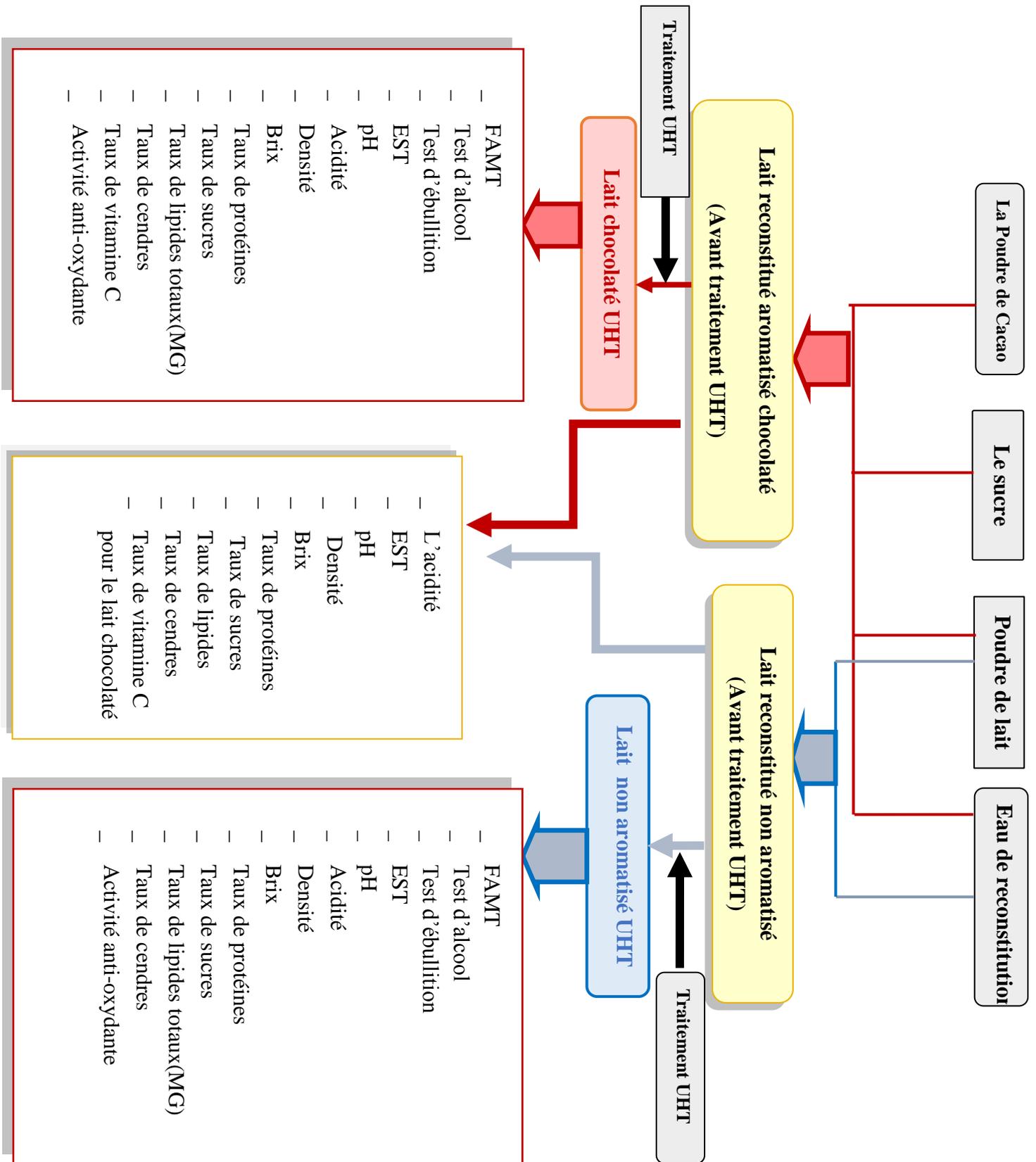


Fig 7 : Diagramme de la démarche expérimentale

II. Analyses physicochimiques

II.1. pH et acidité titrable

Le pH est la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit objet de la mesure. Le pH des laitse st mesuré à l'aide d'un pH mètre (Rejsek, 2002).

Le lait renferme de l'acide lactique qui est titré par une solution d'hydroxyde de sodium (0.1 N), en présence de quelques gouttes de phénol phtaléine comme indicateur coloré jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pale persistante (NF-V 04-206 AFNOR, 1999).L'acidité titrable est exprimée en degré dornic(0.1 g d'acide lactique/L) par rapport à l'acide lactique selon la formule suivante :

$$\text{Acidité} = N_b \cdot V_b \cdot M / V_a$$

Avec : N_b : Normalité de la solution d'hydroxyde de sodium (0.1 N).

V_b : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium (ml).

M : Masse molaire de l'acide lactique (90 g/mole).

V_a : Volume d'échantillon (ml).

II.2. Détermination de l'extrait sec total (EST)

C'est une dessiccation par évaporation d'un certain volume du lait suivi d'une pesée du résidu. Le taux d'EST est déterminé à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Cet appareil émet des radiations infrarouges qui permettent l'évaporation de l'eau contenu dans l'échantillon. Le poids de l'échantillon est contrôlé à l'aide d'une balance de précision intégrée. Le taux d'EST s'affiche en pourcentage sur l'appareil (AFNOR, 1980).

II.3. Détermination de la densité

La densité est déterminée à une température de 20 C°, au moyen du thermo-lactodensimètre mené d'une tige graduée (AFNOR, 1999).

II.4. Détermination de l'indice de réfraction ou le taux de solide soluble

Les solides solubles représentent l'ensemble de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les sels, les protéines et les acides carboxyliques (Messaid, 2008). Le taux de solides solubles, exprimé en degré Brix, est déterminé à l'aide d'un réfractomètre. Une goutte de lait diluée a été mise sur la plaque du refractomètre préalablement nettoyée avec de l'eau distillée et séchée. Le degré Brix a été lu directement sur l'échelle à l'intersection de la limite entre la frange claire et la frange foncée (AOAC, 1995).

II.5. Test de la stabilité

II.5.1. Test de stabilité du lait à l'alcool

Ce test permet de minimiser les risques de voir le lait déstabilisé et sédimenté dans les préemballages après traitement UHT. (J.O.R.A n° 35, 1998). Il consiste à mélanger dans un tube à essai un volume de lait et un volume d'éthanol. On tourne deux fois sans agitation. Si le mélange s'écoule sans laisser de traces le long des parois avec absence de précipité ou grumeaux pendant au moins une minute, le lait est dit normal. Dans le cas contraire, la stabilité du lait est douteuse (Odet et al., 1985 ; Guiraud, 1998).

II.5.2. Test de stabilité du lait à la chaleur ou test d'ébullition

La stabilité à l'ébullition est l'aptitude du lait à subir un traitement thermique sans coagulation ni floculation. On fait bouillir du lait pendant 10 minutes et voir s'il ya floculation ou non (Guiraud, 1998).

III. Analyses de la composition chimique

Pour les laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé) la composition chimique est analysée par les méthodes de dosage de routine détaillées ci-après.

III.1 Défécation des échantillons

Le lait est chargé de nombreuses substances (glucides, graisses et lipoides, acides aminés, acides organiques, sels minéraux, des corps réducteurs qui ne sont pas des glucides... etc.). Ces substances risquent de perturber le dosage des sucres. Il faut donc préalablement les éliminer ; C'est le but de la défécation (Hanover, 1964). La défécation des échantillons a été réalisée selon la méthode de Carrez (1908). 1 g de carbonate de calcium est mélangé avec 20 ml d'échantillon dilué à 1/100 et 20 ml d'eau. Après une agitation et un repos de 15 min. 1 ml de ferrocyanure de potassium à 15% et 1 ml d'acétate de zinc à 30% sont additionnés et la solution est ajustée à 100 ml avec de l'eau distillée puis filtrer.

III.2. Teneur en sucres totaux

La teneur en sucres totaux a été déterminée selon la méthode de Dubois et al. (1956). En présence de l'acide sulfurique et à chaud, les glucides sont déshydratés en dérivés du furfural qui se combinent facilement avec le phénol et donnent une coloration rose-saumon. Nous avons procédé de la manière suivante : à 1ml de phénol à 5% w/v, 1 ml de l'échantillon déféqué et dilué est ajouté. Le tout est homogénéisé par vortex puis additionné

de 5 ml d'acide sulfurique concentré. L'ensemble est incubé dans un bain marie à 100°C pendant 5 mn. A la sortie du bain marie, l'échantillon est stocké pendant 30 mn à l'obscurité et l'absorbance est mesurée à 490 nm. Les concentrations en sucres sont déterminées en se référant à la courbe standard de glucose (10 à 80 µg/ml) (Annexe I) et les résultats sont exprimés en mg Equivalent Glucose/100 ml de lait.

III.3. Teneur en protéines

Les protéines ont été dosées selon la méthode de Bradford (1976) qui repose sur un dosage colorimétrique basé sur le changement de la couleur du bleu de Coomassie après complexation avec les acides aminés aromatiques (tryptophane, tryosine et phénylalanine) et les résidus hydrophobes des acides aminés présents dans la ou les protéines. La forme anionique (liée) du colorant est bleue et possède un spectre d'absorption maximal estimé à 595 nm.

1ml de lait sont mélangés avec 5 ml de réactif de Bradford. Après 15 min de réaction, les absorbances sont mesurées à 595 nm contre un réactif témoin. Une courbe d'étalonnage est tabliée à partir d'une solution étalon de BSA (10 à 90 µg/ml) (Annexe I).

III.4. Teneur en cendres

La détermination des taux des cendres est basée sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de température élevée (500 ± 25 C°). Peser les creusets vides, ajouter 10 g de l'échantillon dans les creusets puis placer les dans un four à moufle pendant 3-5h à 550°C. A la sortie du four, placer les creusets dans un dessiccateur pour le refroidissement. Peser les creusets refroidis. Réchauffer les creusets à nouveau pendant une demi-heure ou plus. Répéter cette opération jusqu'à ce que le poids devienne constant (de couleur blanche ou blanc grisâtre) (AOAC, 2002).

III.5. Détermination de la matière grasse (méthode acidbutyrométrique de Gerber)

La séparation de la matière grasse du lait dans le butyromètre se fait par centrifugation après attaque des éléments du lait par l'acide sulfurique excepté la matière grasse. La séparation de cette dernière est favorisée par l'addition d'alcool iso amylique.

Introduire dans le butyromètre Gerber 10 ml d'acide sulfurique (98%), 11ml de lait à analyser et 1 ml d'alcool iso amylique. Boucher le butyromètre et mélanger par retournement successif (cinq à six fois) jusqu'à dissolution complète de la matière protéique. Afin d'obtenir

une bonne homogénéisation mettre le butyromètre dans une centrifugeuse pendant 5min. Le taux de matière grasse se lit directement sur la tige graduée du butyromètre en g/l (AFNOR, 1999).

III.6. Teneur en acide ascorbique

La vitamine C a été dosée pour le lait aromatisé chocolaté par la méthode iodométrique. La détermination de la quantité d'acide ascorbique contenue dans l'échantillon se fait grâce à un dosage indirect, où on oxyde l'acide ascorbique en acide déhydro-ascorbique par le diiode. Ensuite de cette première réaction, on dose l'excès de diiode n'ayant pas réagi, avec le thiosulfate de sodium. Par différence, on détermine alors, la quantité de matière en acide ascorbique de la solution initiale (Daumorie, 1999).

A un ml du lait on ajoute 5 ml d'une solution de diiode (10 mM), après agitation on ajoute quelques gouttes d'empois d'amidon. Une coloration bleu noir apparaît indiquant qu'il y a bien un excès de diiode. titrer avec une solution de thiosulfate (2.4 mM) jusqu'à disparition de la couleur bleu noir et noter le volume additionné. la teneur en vitamine C est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Vitamine C (g/L)} = [(2 * C_0 * V_0 - C_1 * V_1) / 2 * V] * 176.$$

Avec : C_0 : Concentration molaire de la solution de diiode (mol/L)

V_0 : Volume de la solution de diiode (ml).

C_1 : Concentration molaire de la solution de thiosulfate (mol/L)

V_1 : Volume de la solution de thiosulfate (ml).

V : Volume de l'échantillon (ml).

M : Masse molaire de l'acide ascorbique (176 g/mole).

VI. Activité anti-oxydant

Nous avons opté pour la méthode qui utilise le DPPH (diphénylpicryl-hydrazyl) comme un radical libre (RL) relativement stable. En présence des piègeurs de RLs, le DPPH ayant une couleur violette est réduit en un composé jaune, le diphénylpicryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sanchez-Moreno, 2002).

900 μ l du lait dilué ou de standard (vitamine C à la concentration de 1mg/ml) sont ajoutés à 900 μ l DPPH (0.2 mM, préparé dans du méthanol pur). Le mélange est laissé à

l'obscurité pendant 30 min et la décoloration par rapport au contrôle négatif, contenant uniquement la solution de DPPH (0.1mM), est mesurée à 517 nm (Brand-Williams et al., 1995). L'activité anti radicalaire est estimée selon l'équation ci-dessous :

Activité scavenger (%) = $[1 - (\text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle négatif}] \times 100$.

V. Analyse microbiologie

Pour les laits UHT (aromatisé et non aromatisé) nous avons recherché la flore totale aérobie mésophile (FTAM) par ensemencement en masse de 0.1 ml d'échantillon sur le milieu solide PCA (Plate Count Agar). Les boites ont été incubées à deux températures : à 22°C/72h et à 37°C/24-48h selon la norme J.O.R.A N°39 (2017). On prend en considération toutes les colonies comprises entre 30 à 300 UFC (Unité formant une colonie) et le résultat est exprimé en UFC/0.1 ml.

VI. Etude statistique

L'analyse statistique des résultats est réalisée au moyen du logiciel STATISTICA 5.5 et le degré de signification est pris à la probabilité $p \leq 0.05$. Nous avons procédé à une analyse de la variance à deux facteurs pour les résultats de stabilité au cours de stockage et à une analyse de la variance à un facteur pour le rest des résultats. Toutes les données représentent la moyenne des trois essais \pm écart type.

Résultats et discussion

I. Influence du traitement UHT sur la qualité du lait reconstitué

Les tableaux VIII et IX comparent les paramètres physicochimiques et la composition chimique des laits reconstitués et UHT blanc et chocolaté, respectivement. Les résultats montrent que le traitement UHT n'influence pas sur le taux d'EST, le taux de solides solubles, la densité et la teneur en matière grasse des laits reconstitués blanc et chocolaté demi écrémés. Par contre, il diminue significativement ($p < 0,05$) l'acidité et les teneurs en protéines, en sucres, en vitamine C (cas du lait chocolaté) et en cendres.

Tableau VIII: Paramètres physicochimiques et composition chimique de lait reconstitué et UHT non aromatisé

	Lait reconstitué blanc	Lait UHT blanc
Paramètres physicochimiques		
pH à 20°C	6,787±0,006 ^a	6,677±0,023 ^b
Acidité (°D)	14,025±0,000 ^a	14,000±0,000 ^b
EST (%)	10,597±0,164 ^a	10,520±0,040 ^a
Brix (%)	10,667±0,289 ^a	10,167±0,289 ^a
Densité	1,031±0,001 ^a	1,031±0,001 ^a
Composition chimique		
Protéines (mg E BSA/ml)	52,077±0,810 ^a	48,098±0,387 ^b
Sucres totaux (mg E Glu/ml)	40,747±0,068 ^a	33,827±0,155 ^b
Matière grasse (g/100 ml)	1,500±0,000 ^a	1,517±0,029 ^a
Cendres (g/100 g)	0,873±0,015 ^a	0,730±0,020 ^b

°D : Degré Dornic, mg E BSA : mg Equivalent Bovin Serum Albumine, mg E Glu : mg Equivalent Glucose. Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même ligne ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant: $a > b$.

Selon Elshabassy (2017), le chauffage ne semble pas modifier la qualité ni la quantité des graisses quand la technique appliquée au lait est la pasteurisation courte, instantanée, la stérilisation ou le processus UHT. Cela concorde les résultats d'El-Hadi et al. (2015), ces derniers constatent que le traitement UHT limite la modification de la matière grasse. Mottar, et Naudts (1979) rapportent également que la fraction lipidique n'est que peu ou pas influencée par un traitement thermique. Les acides gras importants pour la nutrition, en l'occurrence les acides gras inférieurs et les acides gras insaturés, ne sont pas modifiés. De plus, le traitement UHT n'entraîne pas de formation de produits de dégradation de la matière grasse, qui nuiraient à la valeur nutritive du lait. Une densité préservée au cours du traitement

veut dire que la quantité de matière grasse et de la matière sèche totale et soluble a été préservée. L'augmentation de la densité signifie que le lait est enrichi en matière sèche, une diminution de celle-ci traduit un enrichissement en matière grasse (Goursaut, 1985). A cet effet, le rapport taux de matière grasse et EST obtenu est respecté.

Tableau IX: Paramètres physicochimiques et composition chimique de lait reconstitué et UHT aromatisé chocolaté

	Lait reconstitué chocolaté	Lait UHT chocolaté
Paramètres physicochimiques		
pH à 20°C	6,723±0,015 ^a	6,683±0,006 ^b
Acidité (°D)	14,037±0,000 ^a	14,000±0,000 ^b
EST (%)	18,640±0,288 ^a	18,820±0,036 ^a
Brix (%)	18,000±0,000 ^a	18,333±0,577 ^a
Densité	1,069±0,001 ^a	1,070±0,001 ^a
Composition chimique		
Protéines (mg E BSA/ml)	46,253±0,585 ^a	43,253±0,585 ^b
Sucres totaux (mg E Glu/ml)	110,663±0,163 ^a	100,743±0,266 ^b
Matière grasse (g/100ml)	1,667±0,058 ^a	1,733±0,029 ^a
Cendres (g/100 g)	0,860±0,010 ^a	0,720±0,010 ^b
Vitamine C (g E AA/L)	7,650±0,017 ^a	7,330±0,017 ^b

°D : Degré Dornic, mg E BSA : mg Equivalent Bovin Serum Albumine, mg E Glu : mg Equivalent Glucose, g E AA : g Equivalent Acide Ascorbique. Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même ligne ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant: $a > b$.

Les résultats montrent que le pH des laits analysés varie entre 6,677±0,023 à 6,787±0,006 et entre 6,683±0,006 à 6,787±0,006, pour les laits blancs et chocolatés, respectivement. Selon Vignola (2002), le pH d'un lait normal se situe entre 6.6 et 6.8, ce qui corrobore avec nos résultats. Un pH au voisinage de la neutralité sauvegarde la qualité organoleptique du lait et sa valeur nutritionnelle. Le pH nous renseigne indirectement sur la stabilité du lait et celle de ses micelles de caséines (Mathieu, 1998). Selon Chiftel (1977), à pH normal du lait, les caséines ont un fort excès de charges négatives. Les fortes répulsions électrostatiques empêchent le rapprochement des micelles et permettent une homogénéité du lait et donc une stabilisation de son émulsion.

L'abaissement du pH lors du traitement UHT peut être expliqué par trois réactions pouvant survenir à des températures élevées : l'oxydation thermique du lactose en acides

organiques (50% de l'abaissement du pH), l'hydrolyse du phosphate organique (phosphosérines) (30 %), et enfin la précipitation du phosphate de calcium tricalcique et le relâchement concomitant d'ions H^+ (20 %) (Singh, 2004).

Les résultats montrent également que les teneurs en protéines sont influencées par le traitement UHT. Ce dernier provoque une perte minimale de l'ordre de 6,48% pour le lait reconstitué blanc et de 7,64% pour le lait reconstitué chocolaté. Selon El-Hadi et al. (2015), le traitement UHT s'accompagne d'une faible dénaturation des protéines qui s'accompagne d'une amélioration de la digestibilité de ces dernières, ce qui fait que cet aliment est de bonne qualité nutritionnelle. Selon Elshabassy (2017), la chaleur altère surtout les protéines solubles ; la caséine étant plus résistante et ne coagulant qu'après un chauffage à 125°C pendant une heure. Le traitement UHT direct provoque une perte de 40 à 60% de protéines solubles tandis que le traitement UHT indirect provoque une perte de 60 à 80%. Vignola (2002), rapporte que le traitement thermique dénature la β -lactoglobuline, ce qui entraîne une libération des groupements sulfhydriles volatiles (SH^-) responsables du goût prononcé de cuit; leur propriété de groupements réducteurs servira ensuite à retarder l'oxydation du lait lors de l'entreposage.

Les données des tableaux VIII et IX montrent aussi une baisse dans les teneurs en sucres des laits après le traitement UHT. La perte est de l'ordre de 8,96% pour le lait chocolaté et de l'ordre de 16,98% pour le lait blanc. Cette diminution des teneurs en sucre peut s'expliquer selon Deeth et al. (2003) par la réaction de Maillard (interaction des substances réductrices avec les acides aminés, les amines ou les protéines). Selon Elshabassy (2017), cette réaction intervient entre le lactose et la β -lactoglobuline et aussi entre le lactose et les caséines. La perte en lysine suite à cette réaction est de l'ordre de 2 à 4% dans le cas du traitement UHT. La perte en lactose peut s'expliquer également par l'isomérisation de ce dernier. D'après De Block et al. (1996), lors du traitement thermique UHT, le lactulose est formé par isomérisation du lactose catalysée par des groupes amino libres de la caséine ; ce qui justifie son abaissement.

Les données expérimentales révèlent également que le traitement UHT diminue la teneur en cendres. La perte est de l'ordre de 16,38% pour le lait blanc et de 16,28% pour le lait chocolaté. Selon Gérard (2001), le traitement UHT provoque une précipitation partielle des sels minéraux ; il diminue la fraction de calcium et de phosphore solubles (FAO, 1995).

Les effets du réchauffement sur la valeur nutritionnelle du lait peuvent aussi être jugés d'après les pertes en vitamines. Le tableau IX illustre la perte moyenne en vitamine C

correspondant au traitement thermique du lait, dont il est question ici. Les résultats montrent que le traitement UHT provoque une perte de 4,2% en vitamine C pour le lait aromatisé chocolaté. Mottar et Naudts (1979), rapportent que les vitamines liposolubles A, D et E sont relativement thermostables, la riboflavine hydrosoluble (B2) l'est également. D'autres vitamines hydrosolubles telles que la thiamine (B1), la pyridoxine (B6), la cyanocobalamine (B12), l'acide folique (B9) et la vitamine C sont thermosensibles. Selon Elshabassy (2017), le traitement UHT provoque une perte de 5 à 30% de vitamine C, de 5 à 20 % d'acide folique et de cobalamine, de 0 à 20% de thiamine et de 10% de pyridoxine.

II. Etude comparative des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé)

Le tableau X illustre les paramètres physicochimiques, la composition chimique et la qualité microbiologique des laits UHT aromatisé chocolaté et non aromatisé. Les résultats montrent une conformité aux normes internes, cela confirme la bonne qualité microbiologique et physicochimique du produit fini (laits UHT blanc et chocolaté).

Tableau X: Paramètres physicochimiques, composition chimique et qualité microbiologique des laits UHT aromatisé chocolaté et non aromatisé (blanc)

Paramètres physicochimiques	Lait UHT chocolaté		Lait UHT blanc	
	Résultats	Norme interne	Résultats	Norme interne
pH à 20°C	6,683±0,006 ^a	6.6-6.8	6,677±0,023 ^a	6,5 à 6,7
Acidité (°D)	14,000±0,000 ^a	14-16	14,000±0,000 ^a	14 -18
EST (%)	18,820±0,036 ^a	18.6±0.1	10,520±0,040 ^b	10,5 à 10,7
Brix (%)	18,333±0,577 ^a	18±0.1	10,167±0,289 ^b	10±0.1
Densité	1,070±0,001 ^a	1.068-1.071	1,031±0,001 ^b	1,030-1,033
Stabilité à l'alcool	Négatif		Négatif	
Stabilité à l'ébullition	Négatif		Négatif	
Composition chimique	Résultats	Norme interne	Résultats	Norme interne
Protéines (mg E BSA/ml)	43,253±0,585 ^b	-	48,098±0,387 ^a	
Sucres totaux (mg E Glu/ml)	100,743±0,266 ^a	-	33,827±0,155 ^b	
Matière grasse (g/100ml)	1,733±0,029 ^a	1.5-2.	1,517±0,029 ^b	1,5- 2
Cendres (g/100 g)	0,720±0,020 ^a	0.8±0.1	0,730±0,020 ^a	0.8±0.1
Vitamine C (g EAA/L)	7,330±0,017		Nd	
Qualité microbiologique	Résultats	Norme interne	Résultats	Norme interne
FTAM (UFC/0,1 ml)	Absence		Absence	

^oD : Degré Dornic, mg E BSA : mg Equivalent Bovin Serum Albumine, mg E Glu : mg Equivalent Glucose, g E AA : g Equivalent Acide Ascorbique, Nd : Non déterminé, FTM : Flore Totale Mésophile. Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même ligne ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant: $a > b$.

L'étude comparative des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé) montre que les deux types de laits ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) du point de vue acidité et teneur en cendres. Le lait UHT chocolaté s'avère significativement ($P < 0,05$) plus dense et plus riche en sucre, en matière grasse, en EST et en solide solubles que le lait UHT blanc. Par contre il semble être significativement ($P < 0,05$) plus pauvre en protéines.

La richesse en sucre, en matière grasse, en EST, en solide soluble et la densité du lait UHT chocolaté peut s'expliquer par la différence de composition des deux laits (l'ajout de cacao et de sucre surtout pour le lait chocolaté). Selon J.O.R.A, N°69 (1993), le lait chocolaté est formulé de lait demi écrémé (1 à 1.5 de MG), de cacao (1.5 à 2 %), de saccharose (5 à 6 %) et des stabilisants : alginate, pectine, amidon. L'ajout de ces ingrédients augmente la teneur en sucres totaux et en matière grasse, ce qui va en faveur de la densité, de l'EST et de solide soluble. D'après Goursoud (1985), la densité du lait est liée à sa teneur en matière sèche. L'augmentation de la densité signifie que le lait est enrichi en matière sèche, une diminution de celle-ci traduit un enrichissement en matière grasse et appauvrissement en matière sèche. La densité élevée du lait UHT chocolaté est argumentée également par l'ajout des stabilisants.

D'après le tableau X, la teneur en protéines du lait UHT chocolaté représente 89,5% des teneurs en protéines du lait UHT blanc. Cette différence de teneur peut être expliquée selon Arts et al. (2001), Arts et al. (2002) et Porter (2006), par l'engagement des protéines dans des liaisons avec les composés phénoliques présents dans la poudre de cacao ce qui s'oppose avec leur disponibilité et entrave leur quantification.

L'ensemble des résultats des tests de stabilité effectués sur le produit fini (chocolaté et blanc) montre une résistance des laits au traitement thermique et une bonne stabilité à l'alcool.

Concernant les résultats de stabilité à l'alcool ; l'absence d'une éventuelle coagulation indique que le lait n'a subi aucune altération microbienne.

Pour le test de stabilité à l'ébullition ; les résultats montrent qu'il n'y a pas une coagulation apparente, cela s'explique par la stabilité du lait et sa résistance au traitement thermique effectué. Selon Guiraud (1998), le lait commence à coaguler à partir d'une acidité supérieure à 21°D. Sachant que la valeur d'acidité obtenue pour les deux types de lait UHT (blanc et chocolaté) est de 14°D (tableau X), ceci explique la stabilité de ces laits dans les tests à l'alcool et à l'ébullition.

Les laits UHT (Blanc et chocolaté) sont de bonne qualité microbiologique avec une absence totale de FTAM. Ce résultat est déjà confirmé par les tests de stabilité. Selon Guiraud (2003), un lait altéré par un développement microbien présente des flocons de protéines précipitées, cela est facilement mis en évidence par le test à l'alcool.

III. Etude du potentiel antioxydant des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé)

L'activité anti-oxydante a été évaluée par la méthode du DPPH. La **Fig. 8** donne les valeurs moyennes du pouvoir scavenger du DPPH des laits UHT étudiés (aromatisé chocolaté et non aromatisé). Les résultats montrent que le potentiel antioxydant du lait chocolaté est significativement ($p < 0,05$) plus élevé que celui du lait non aromatisé mais significativement inférieur ($p > 0,05$) à celui de la vitamine C (1mg/ml). L'activité anti-radicalaire du lait chocolaté est 96% supérieure à celle du lait non aromatisé et 8,8% inférieur à celle de la vitamine C.

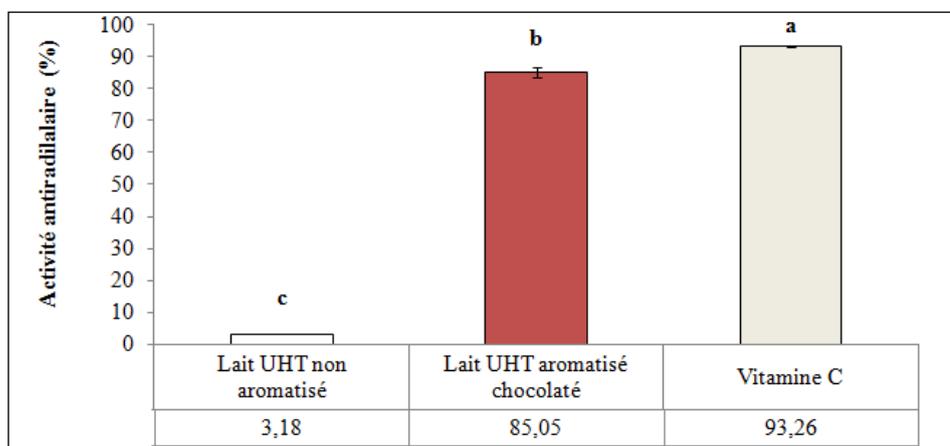


Fig. 8 : Représentation graphique du pouvoir scavenger du DPPH des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé) et de la vitamine C à la concentration 1mg/ml,

DPPH : 1,1-diphenyl 1-2-picrylhydrazyl, Les valeurs portant les mêmes lettres ne montrent pas des différences significatives ($P > 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant: $a > b > c$.

Un antioxydant peut être défini comme toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats (Berger, 2006). Les antioxydants peuvent agir en

empêchant la formation de radicaux libres ou en les piégeant ou en chélatant les métaux qui sont des pro-oxydants.

Nos résultats montrent que le lait non aromatisé possède une activité anti-oxydante discrète. Cette activité est peut être due aux protéines du lait. Pihlanto (2006) rapporte que les protéines du lait et les peptides générés par la digestion des protéines du lait auraient des activités anti-oxydantes.

L'activité anti-oxydante élevée du lait chocolaté est peut être due à la présence de la vitamine C et la richesse de la poudre de cacao en polyphénols connus pour leur activité anti-oxydante élevée. Porter (2006) rapporte que la poudre de cacao contient 2 % de polyphénols. Les polyphénols du cacao sont principalement des flavanols, des anthocyanes et quelques rares des dérivés hydroxycinnamiques. Les flavanols dominent nettement ; ils représentent à eux seuls 90 % des polyphénols du cacao. Ce sont essentiellement des procyanidines : le monomère est la (-)-epicatechine, les dimères sont la procyanidine B2 et la procyanidine B5, et le trimère est la procyanidine C1. Selon Bardoulat (2005), L'activité anti-oxydante démontrée pour ces composés pourrait aussi être utile aux autres antioxydants moins puissants présents dans le cacao tels que les vitamines E et C. Les polyphénols du cacao sont plus nombreux que ceux du thé vert, du thé noir et du vin rouge. Les activités anti-oxydantes de ces derniers sont classées par l'ordre décroissant suivant : cacao > vin rouge > thé vert > thé noir.

L'activité anti-oxydante très prononcée de la vitamine C par rapport au lait chocolaté qui contient de la vitamine C, des protéines du lait à pouvoir antioxydant et des composés phénoliques issus de la poudre de cacao peut être expliquée par la formation des liaisons entre les polyphénols et les protéines du lait qui diminue le pouvoir antioxydant du mélange (Arts et al., 2001 ; Arts et al., 2002).

IV. Etude de stabilité des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé)

Les laits stérilisés UHT aromatisé et non aromatisé, stockés à deux températures et durant deux temps différents (30°C pendant 90 jours et 55°C pendant 15 jours), sont comparés à leurs équivalents datés d'un jour de stockage à température ambiante. D'après les résultats obtenus (Tableau XI), on constate une stabilité des paramètres physicochimiques

(EST, Brix, densité et acidité) après la période de stockage pour les deux types de laits (chocolaté et blanc). On ne constate également aucune variation dans la teneur en vitamine C et en matière grasse. Nous remarquons que les résultats obtenus sont conformes aux normes attribuées par la laiterie *Ramy Milk Company* (Tableau X, page 45).

Tableau XI : Paramètres physicochimiques, composition chimique et qualité microbiologique des laits UHT aromatisé chocolaté et non aromatisé après le stockage

	Lait aromatisé chocolaté			Lait non aromatisé		
Paramètres physicochimiques						
Paramètres	1 ^{er} jour	30°C/90 jours	55°C/7jours	1 ^{er} jour	30°C/90 jours	55°C/15jours
pH à 20°C	6,723±0,015 ^a	6,787±0,066 ^a	6,787±0,066 ^a	6,677±0,023 ^b	6,697±0,029 ^b	6,677±0,006 ^b
Acidité (°D)	14,000±0,00 ^a	13,663±0,577 ^a	13,667±0,577 ^a	14,000±0,000 ^a	14,000±0,000 ^a	13,667±0,577 ^a
EST (%)	18,820±0,036 ^a	18,743±0,107 ^a	18,707±0,015 ^a	10,520±0,040 ^b	10,537±0,023 ^b	10,510±0,111 ^b
Brix (%)	18,333±0,577 ^a	18,333±0,577 ^a	18,333±0,577 ^a	10,167±0,289 ^b	10,167±0,289 ^b	10,167±0,289 ^b
Densité	1,070±0,001 ^a	1,069±0,001 ^a	1,067±0,002 ^{ab}	1,031±0,001 ^c	1,031±0,000 ^c	1,031±0,001 ^c
Stabilité à l'alcool	Négatif			Négatif		
Stabilité à l'ébullition	Négatif			Négatif		
Composition chimique						
Composés	1er jour	30°C/90 jours	55°C/15jours	1er jour	30°C/90 jours	55°C/7jours
Protéines (mgE BSA/ml)	43,253±0,585 ^c	42,825±0,418 ^c	41,450±0,229 ^d	48,098±0,387 ^a	49,150±0,583 ^a	46,875±0,600 ^b
Sucres totaux (mg E Glu/ml)	100,743±0,266 ^a	100,397±0,007 ^b	70,361±0,657 ^c	33,827±0,155 ^d	30,843±0,135 ^e	27,140±0,193 ^f
Matière grasse (g/L)	1,703±0,029 ^a	1,700±0,000 ^a	1,700±0,000 ^a	1,517±0,029 ^b	1,500±0,000 ^b	1,500±0,000 ^b
Cendres (g/100 g)	0,720±0,020 ^a	0,710±0,020 ^c	0,645±0,003 ^e	0,730±0,020 ^a	0,713±0,002 ^b	0,650±0,001 ^d
Vitamine C (g EAA/L)	7,330±0,017 ^a	7,330±0,010 ^a	7,320±0,010 ^a	Nd		
Qualité microbiologique						
FTM (UFC/0,1 ml)	Absence			Absence		

°D : Degré Dornic, mg E BSA : mg Equivalent Bovin Serum Albumine, mg E Glu : mg Equivalent Glucose, g E AA : g Equivalent Acide Ascorbique, Nd : Non déterminé, FTM : Flore Totale Mésophile. Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même ligne ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant: $a > b > c > d > e > f$.

D'autre part, on constate un effet de température sur les autres composés chimiques des laits aromatisé et non aromatisé. On note une diminution significative ($p < 0,05$) des taux de cendre et de protéines après un stockage à 55°C pour les deux types de laits alors que pour le taux de sucre, la diminution est significative après les deux périodes de stockage (30°C et 55°C). La diminution de ce dernier est proportionnelle à l'augmentation de température. Nous remarquons que malgré l'instabilité des teneurs en ces composés les laits UHT gardent leurs conformités aux normes exigées par la laiterie *Ramy Milk Company* (Tableau X, page 45).

Le suivi microbiologique est effectué sur les germes totaux du lait stérilisé U.H.T. stockés à deux conditions différents (30°C pendant 90 jours et 55°C pendant 15 jours) et confirmé par les tests spécifiques (test d'alcool, test de chaleur). Les résultats obtenus montrent l'absence totale des germes totaux dans les deux types de laits. Ce qui indique qu'il n'y a pas une influence de température sur la stabilité du lait ainsi que la bonne conduite du traitement U.H.T. et son efficacité. Les résultats concernant les deux tests spécifiques montrent que les tests de chaleur et d'alcool sont négatifs ; les deux types de lait (aromatisé et non aromatisé) ne présentent ni de précipitation, ni de floculation, ni de coagulation, ce qui révèle que le lait UHT analysé est stable à la chaleur.

Selon Deeth et al. (2003), lors du traitement UHT du lait et au cours du stockage ultérieur à la température ambiante, plusieurs changements se produisent et affectent la qualité et la durée de conservation du produit final. Les changements incluent la dénaturation des protéines de lactosérum, les interactions protéine-protéine et lactose-protéine et l'isomérisation du lactose en lactulose. Ce qui explique la perte en protéines des laits étudiées durant les deux conditions de stockage.

La diminution de la teneur en cendre au cours du stockage à 55°C peut s'expliquer selon Pougheon (2001) par une diminution du calcium soluble qui passe dans la phase micellaire et s'insolubilise avec l'augmentation de température et inversement, l'abaissement de la température entraîne une solubilisation partielle du calcium micellaire.

Conclusion

Notre travail au niveau de l'unité *Ramy Milk Company* est porté sur l'étude de:

- L'influence du traitement UHT sur la qualité d'un lait reconstitué aromatisé chocolaté et non aromatisé (blanc);
- L'influence de l'ajout de la poudre de cacao sur la qualité du lait et son potentiel antioxydant.
- La stabilité des laits UHT chocolaté et blanc au cours de stockage (30°C / 90 jours, et 55°C / 15 jours) dans le but de vérifier la conformité des résultats aux normes en vigueur d'assurance de la qualité.

Les résultats issus de ce travail montrent que le traitement UHT n'influence pas sur le taux d'EST, le taux de solides solubles, la densité et la teneur en matière grasse des laits reconstitués blanc et chocolaté demi écrémés. Par contre, il diminue significativement ($p < 0,05$) l'acidité et les teneurs en protéines, en sucres, en vitamine C (cas du lait chocolaté) et en cendres.

L'étude comparative des laits UHT (aromatisé chocolaté et non aromatisé) montre que les deux types de laits ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) du point de vue acidité et teneur en cendre. Le lait UHT chocolaté s'avère significativement ($P < 0,05$) plus dense et plus riche en sucre, en matière grasse, en EST et en solide solubles que le lait UHT blanc. Par contre il semble être significativement ($P < 0,05$) plus pauvre en protéines. Les résultats montrent une conformité aux normes internes, cela confirme la bonne qualité microbiologique et physicochimique du produit fini.

Les données expérimentales montrent également que le potentiel antioxydant du lait chocolaté est significativement ($p < 0,05$) plus élevé que celui du lait non aromatisé, l'augmentation est de 96%. Ce ci peut être due à la présence de la vitamine C et la richesse de la poudre de cacao en polyphénols connus pour leur activité anti-oxydante élevée.

L'étude de stabilité ne montre aucune variation dans les paramètres physicochimiques (EST, Brix, densité et acidité) et les teneurs en vitamine C et en matières grasses après un stockage de 90 jours à 30°C et 15 jours à 55°C pour les deux types de laits (chocolaté et blanc). D'autre part, on constate un effet de température sur les autres composés chimiques. On note une diminution significative ($p < 0,05$) des taux de cendre et de protéines après un stockage à 55°C pour les deux types de laits alors que pour le taux de sucre, la diminution est

significative après les deux périodes de stockage (30°C et 55°C). La diminution de ce dernier est proportionnelle à l'augmentation de température. Toute fois, malgré l'instabilité de certains paramètres les laits UHT gardent leurs conformités aux normes exigées par la laiterie *Ramy Milk Company*. Le lait UHT présente aussi une bonne qualité microbiologique au regard de l'absence de germes aérobie mésophiles dans tous les échantillons analysés après l'incubation à 30°C et 55°C.

Les résultats concernant les deux tests spécifiques montrent que les tests de chaleur et d'alcool sont négatifs ; les deux types de lait (aromatisé et non aromatisé) ne présentent ni de précipitation, ni de floculation, ni de coagulation, ce qui révèle que le lait UHT analysé est stable à la chaleur. Les résultats obtenus confirment la bonne conduite du traitement UHT qui rend le produit stable même à des températures extrêmes de conservation. Concernant la qualité physicochimique du lait U.H.T., celle-ci est également conforme aux normes en vigueur. Elle est révélatrice d'une bonne maîtrise du processus technologique de fabrication. Celle-ci se traduit par la mise sur le marché d'un lait de bonne qualité même après son entreposage à des températures élevées.

Il serait intéressant de continuer le travail par l'étude:

- D'autres laits aromatisés (fraise, Abricot, cocktail,...etc.) et l'étude de l'influence d'un arôme synthétique sur la qualité du lait et son potentiel antioxydant ;
- De la stabilité des laits UHT (aromatisé ou non) après ouverture de récipient et le suivi de la qualité nutritionnelle et du développement microbien ;
- De l'impact du changement de température et de la prolongation du stockage sur la qualité organoleptiques des laits UHT aromatisé et non aromatisé

Références bibliographiques

- _ ALAIS,C. (1984). Science du lait : principes et techniques laitiers. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris : 814
- _ AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait, Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 : 600
- _ AOAC. (1995). Official methods of analysis (16th Ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists
- _ AOAC. (2002). Official Methods of Analysis.17 th Ed. Gaithersburg, USA: 480.
- _ AVESARD. (1980). Les laits reconstitués. Edition : APRIA. Paris : 36.
- _ BARDOULAT.M. (2005). Le chocolat, du plaisir à la santé : de la fève au chocolat, tous les bienfaits du cacao, Edition Alpen : 38 -39.
- _ BRADFORD, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. (254p).
- _ BYLUND.G. (1995). Dairy Processing Handbook, Lund, Sweden, Tetra Pak.
- _ CAYOT, P. et LORIENT,D. (1998). Structure et technologie des protéines du lait, Arilait Recherches, Tac & Doc.
- _ CHEFTEL., (1992). Introduction a la biochimie et la technologie des aliments :48 ,50 (371 p)
- _ CHEFTEL, JC et CHEFTEL, H. (1977). Introduction à la biochimie et la technologie des aliments.Ed: Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- _ CHRISTIAN J.M., (2001). Le lait pasteurisé, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, Paris.
- _ CNERNA., (1981), National de Coordinations des Etudes et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation, Lait de consommation-Conférence de presse du 5 novembre 1981, Paris.
- _ CROSSLEY. E. L., 1966. Le lait sec. Hygiène du lait.- Genève : O.M.S.(351p).

- DE BLOCK,J.; MERCHERS, M.; VAN RENTERGHEM, R. Et MOERMANS, R. (1996). Evaluation of two methods for the determination of lactulose in milk. *Int. DAIRY J*: 217-222.
- DEBRY G., (2001). *Lait, nutrition et santé*, Tec et Doc, Paris : 21 (566 pages).
- DUBOIS, M. (1956). Colorimetric Method for determination of Sugars and related Substances. *Analytical chemistry*:28, 350-356.
- DEETH, H.; DATTA, N. et IAN, A.et CAMERON, P., (2003). Modelling the effects on milk of UHT treatment and subsequent storage, *Chemical Engineering, U.Q.* page 53-58.
- EL-HADI Djamel, AZZOUZAkila et CHACHOUA Fadila., (2015). ÉTUDE DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DEUX TYPES DE LAITS RECONSTITUÉS (PASTEURISÉ ET STÉRILISÉ), *Revue Agrobiologia*. volume 5(2) : 47.
- ELSHABASSY O.,(2017). Stabilité du lait à la chaleur. *Ingénierie*.
- FAO/OMS. (1995). Application de l'analyse des risques dans le domaine des normes Alimentaires.Rapport de la consultation mixte d'expert FAO/OMS, Genève, Suisse.
- FAO.(2010). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine- Lait de consommation*.
- FREDOT .E. (2005). *Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*, Tec et Doc, Lavoisier:10-14 (397 p).
- FREDOT. E. (2006). *Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*, Tec et Doc, Lavoisier : 25 (397 pages).
- GOURSAUD.J. (1985). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans *Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre*. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- GORBANA.M.S. et IZZELDIN.O.M., (1997). Mineral content of camel milk and colostrum.Donnéestirées de Université Guelph, Ontario.(2001) ; Tetra Pak Processing System, 1995 ; CDAQ,1993.
- GRAPPIN, R.; Pochet, S.(1999). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* Collection FAO: Alimentation et nutrition n° 28. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome (Italie) ,1995.
- GUIRAUD .J.(1998). *Microbiologie alimentaire*. Ed DUNO, Paris.

-
- _ GUITAUD.(2003). Méthode d'analyse en microbiologie alimentaire. In : Microbiologie Alimentaire. Paris
 - _ GOSTA.B.(1995). Les composants du traitement du lait. Le lait en poudre. In : manuel de transformation du lait. Ed. Tetra Pack processing system AB. Sweden: 442-375-384.
 - _ HARDING. F. (1995). Milk quality, Blackie academic et professional: 113(166 p).
 - _ HOELLINGER ,H.; GÉRARD,B.;CATHERINE,C.; PHILIPPE,G.; HUBERT,L.;PHILIPPE,M.; PAULE,M.;HERVÉ,N.;GÉRARD,P.;ROBERT,R.; GEORGES DE SAINT-BLANQUAT.; CLAIRE,S.;PHILIPPE,V. (1998).Dossier Scientifique De L'ifn N° 10 les additifs.(129 p).
 - _ JEAN,C., et DIJON,C. (1993). Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.
 - _ JEANTET,R.; CROGUENNEC,T.;MAHAUT,M., SCHUCK P. et BRULE G., (2008) Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-14-17 (185 pages).
 - _ REJSEK.(2002). Analyse des eaux.
 - _ JENNESS.R.(1986). Lactational performance of various mammalian species. J dairy Sci.
 - _ JENSEN.R.. (1995) Handbook of milk composition-General description of milks,Academic Press,Inc:3 (919pages)
 - _ JUILLARD, V.C.; FOUCAUD, M.;DESMAZEAUD et J. RICHARD., (1996). Le lait.
 - _ JEAN CHRISTIAN.M.(2001). Le lait pasteurisé, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, Paris.
 - _ KESRI-YOUNSI Farroudja.(2018). évaluation environnementale de l'industrie agroalimentaire par application de la méthodologie analyse de cycle de vie, thèse de Doctorat: 67(180).
 - _ LESEUR R., et MELIK N.(1999). Lait de consommation In LUQUEE F.M, Lait et produits laitiers vache brebis chèvre, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
 - _ LUQUET. F M.(1986). Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre, T3., qualité, énergie et tables décomposition). Ed. Technique et Documentation. Paris
 - _ LUQUET.F.M.;BONJEAN et LINCZOWSKI. Y., (1985). Le lait de la mamelle à la laiterie in lait.Life and Flavor of Ultrapasteurized Milk. Journal of Dairy Science Vol.
 - _ LUQUET F.M. (1990). Lait et produit laitiers : Transformation et technologie. Ed. Techniques et documentation, Paris. (396p)

-
- _ MOTTAR J et NAUDTS M. (1979). Some observations on the differences between UHT milk and in-container sterilized milk. Memo Group B 21, Dairy Federation International.
 - _ MAHAUT, M.;JEANTET,R.;BRULÉ,G. et SCHUCK ,P.(2005). Les produits industriels laitiers. 2éme Tirage. Ed. Lavoisier : 2-7.
 - _ MAHANT M.; JEANTET,R., BRULÉ,G. et SCHUCK,P.(2000). Les produits industriels laitiers.Edition : Tec et Doc-Lavoisier : 15.
 - _ MATHIEU. J. (1999). Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
 - _ MESSAID.H. (2008). Optimisation du processus d’immersion –réhydratation du système dates sèche- jus d’orange. Thèse de magistère en Génie Alimentaire .Université .M’hamedBouguara. Boumerdés.(74 p).
 - _ MILLER, G. D. J.K.;JARVIS et L. D .McBEAN.,(2000). Handbook of dairy food and nutrition,2° edition, Boca Raton, National Dairy Council CRC Press LLC.
 - _ MÖLLER.S.(2000). La reconstitution du lait. Ed. Sodiaal. Ivry-sur-seine.
 - _ MULTON.J.(2013). Temple Henri, ViruegaJean-luc ,lavoisier, traité de droitalimentaire français, européen et international : 876 (919 p).
 - _ NEWSTEAD, D F.; PATERSON,G.;ANEMA,S G.; COKER,C J et WEWALA,A R. (2006). Plasmin activity in direct-steam-injection U.H.T-processed reconstituted milk Effects of preheattreatm. International Dairy Journal.16:573-579.
 - _ ODET,G. ;CERF,O. ; CHEVILLOTTE,J. ;DOUARD ,D. ; GILLIS,J.C. ;HELAIN,E. et LIGNAC, J.(1985). La maitrise de la qualité du lait stérilisé U.H.T. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris :94(201p).
 - _ PIHLANTO.A. (2006). Antioxidative peptides derived from milk proteins MTT Agrifood Research Finland, Food Research, FIN-31600 Jokioinen, Finland Received 12 September 2005; accepted 3 May 2006.
 - _ PIVETEAU, P.(1999). Le lait N° 97 :28 -29.
 - _ POINTURIER H., (2003). La gestion matière dans l’industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France : 64 (388 p).

-
- POUGHEON,S et GOURSAUD,J. (2001). Le lait caractéristique physicochimiques In DEBRYG. Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).
 - PORTER L.L.(2006). Benefits of Cocoa Polyphenols. The manufacturingconfectioner, American Cocoa Research Institute.
 - REGSEK. (2002). Analyse des eaux.
 - REUMONT P. (2009). Licencié Kinésithérapie.
 - RHEOTEST. M. (2010). Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK .Produits alimentaires et aromatisants.
 - ROMAIN. J., (2007). Science des aliments. Lavoisier.
 - ROMAIN.J.(2011).génie des procédés appliqué à l'industrie laitière, 2 e édition, lavoisier : 174 (193 p).
 - SANCHEZ-MORENO.C.(2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. International Journal of Food Science and Technology :8, 121-137.
 - SINGH.H.(2004). Heat Stability of milk. International Journal of Dairy Technology: 111-119
 - THIEULIN,G. et VUILLAUME,R. (1967). Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des oeufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73(388 p).
 - VANDDERCAMMEN.M..(2011). Quel Lait choisir Crioc centre de recherche et d'information des organisations de consommateurs.
 - VEISSEYRE.R.(1979).Technologie du lait : constitution. Récolte, traitement et transformation du lait. Edition : la maison rustique.
 - VIERLING. E. (1999). Aliment et boisson-science des aliments, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, France :11(270 p).
 - VIERLING.E.(2003). Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine :11(270 p).
 - VIGNOLA. C.L. (2002). Science et technologie du lait —Transformation du lait, École polytechnique de Montréal,ISBN: 29-34 (600 pages).
 - YAKHLEF,H.;MADANI ,T.; GHOZLANE ,F et BIR,B.(2010).Rôle du matériel animal et de l'environnement dans l'orientation des système d'élevage bovins en

Algérie ;in : (la filière lait en Algérie).communication aux 8ème Journées des Science Vétérinaire,18et 19 avril .Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire D'Alger

– AFNOR., 1980. Recueil des normes françaises. Laits et produits laitiers

– AFNOR. 1999. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode acidobutyrométrie).In : « lait et produits laitiers – volume 1- lait » :162.

– AFNOR. (1999). Lait et produit laitiers. Volume I : lait. Edition : AFNOR.

– Codex Alimentarius (1971). Lait et produit laitiers.2 ème édition.

– Codex Alimentarius (2003).Norme Codex pour les laits fermentés.

– Le règlement de la Communauté européenne (CE), (2004).

– **J.O.R.A N° 18 de 30 mars 2014**

– **J.O.R.A N°39 de 02 juillet 2017**

– **J.O.R.A N°68 de 15 octobre 1997**

– **J.O.R.A, n°87 de 21 novembre 1999**

– **JORA N° 49 le 03 septembre 2008**

– **JORA N° 94 le 16 décembre 1998**

– **JORA N°69 le 27 octobre 1993**

Références électroniques

– Anonyme. (2013). (<http://dietetique-pour-le-bien-etre-et-la-performance.over-blog.com/article-le-lait-aromatise-une-autre-facon-de-deguster-son-lait-115285856.html>) (Consulté le 10 juin 2019).

Université Guelph, Onterio., (2000).<http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/>

Annexe II: Présentation de l'organisme d'accueil

L'unité *Ramy Milk Company* est une entreprise privée Fondée en 2015. Elle est spécialisée dans la production du lait et ses dérivés ainsi que les jus de fruits à différents volumes. Elle se situe dans la zone industrielle de la commune d'El Harrach, rue n°03 El Biar dans la Wilaya d'Alger.

L'unité est un seul bâtiment de trois étages :

-1^{er} étage : comporte un magasin de la matière première et des bureaux

-2^{ème} étage : regroupe quatre ateliers :

- ❖ Atelier de préparation : salle de poudrage : où se réalise la reconstitution du lait.

La poudre de lait est ajoutée par un entonnoir dans des tanks d'eau de process.

- ❖ Atelier de stockage : où se fait la maturation du lait à température basse de 6°C

- ❖ Atelier de process : -où se fait le traitement thermique par UHT

- ❖ Atelier de conditionnement : où elle se fait la vérification de l'emballage par le test bleu (teste retamine) et la soudure des briques (teste d'activation).

-3^{ème} étage : Atelier de traitement des eaux

L'unité est dotée de trois stations CIP (*Cleaning-in-Place*) pour le nettoyage des conduites et installations à savoir :

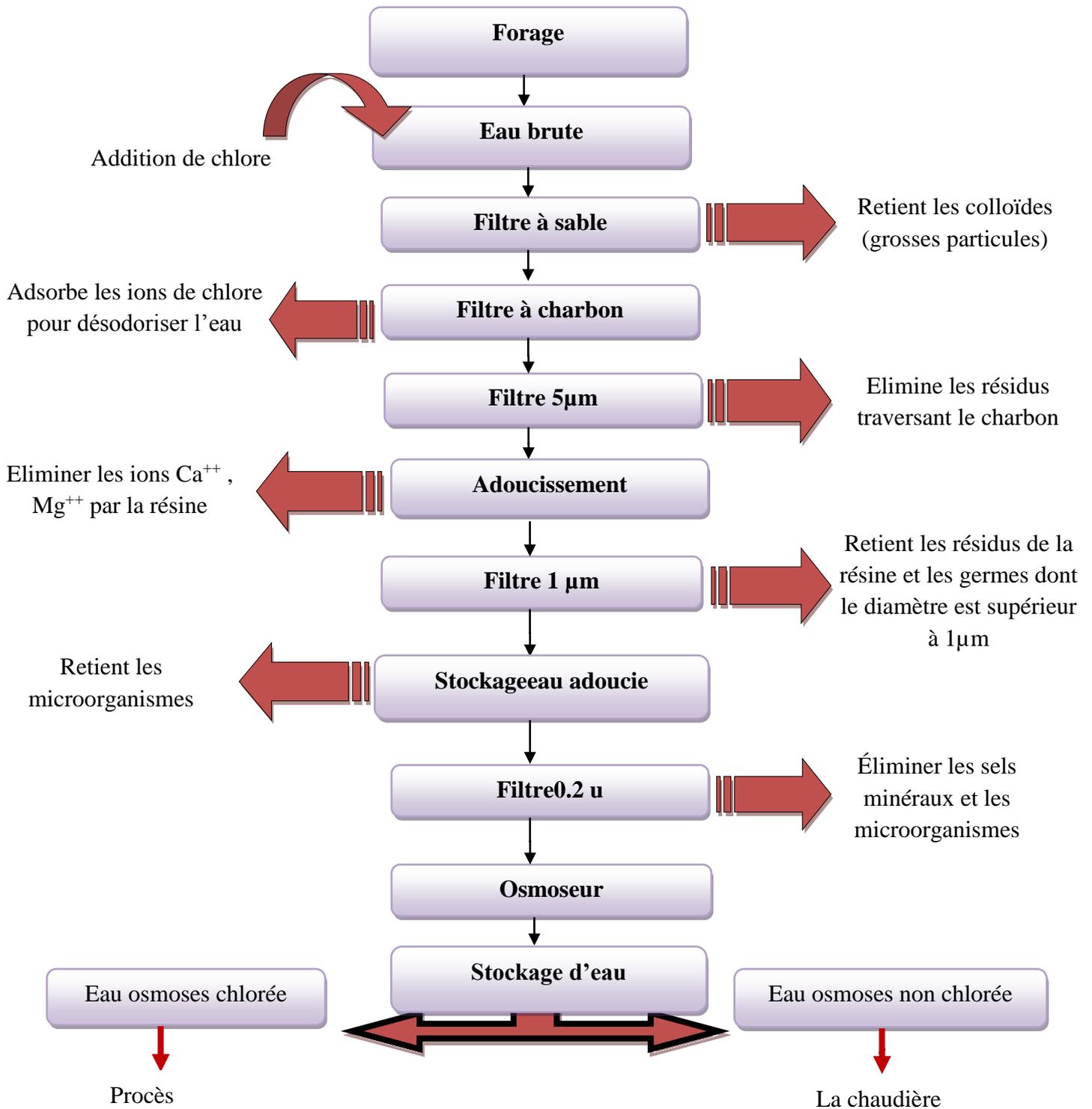
- ❖ Une station destinée pour le nettoyage de la salle de poudrage ainsi que les tanks de stockage.

- ❖ La deuxième est destinée uniquement pour le nettoyage du compartiment UHT.

- ❖ La troisième sert à nettoyer les deux conditionneuses plus les tanks aseptiques.

Une chaudière, le poste transformateur, la bache à eau brute, bache à eau de lutte contre incendie et le poste de sécurité se trouvent à l'extérieur du bâtiment.

Annexe III: Diagramme de traitement des eaux de forage dans la station de *Ramy Milk Company*.



ملخص

تهدف دراستنا إلى دراسة تأثير درجة حرارة عالية جدًا على جودة الحليب المعاد تشكيله (نكهة الشوكولاتة وغير المعطرة)، وتقييم الإمكانيات الفيزيائية والكيميائية الحيوية ومضادات الأكسدة لنوعين من حليب (نكهة الشوكولاتة وغير المعطرة) مصنعة من منتجات الألبان في شركة رامي للحليب، تليها دراسة ثبات أثناء تخزينها في درجات حرارة مختلفة، وهي: 30 درجة مئوية لمدة 90 يومًا و 55 درجة مئوية لمدة 15 يومًا. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن علاج يقلل بشكل طفيف من الحموضة ومحتوى الرماد والسكر والبروتين وفيتامين ج في الحليب المعاد تشكيله. تشير البيانات التجريبية أيضًا إلى أن احتمال مضادات الأكسدة في حليب الشوكولاتة أعلى بدرجة كبيرة من الحليب غير المعطر. يمكن تفسير ذلك من خلال وجود فيتامين ج و ثراء مسحوق الكاكاو في البوليفينول المعروف بنشاطه العالي المضادة للأكسدة. ذو جودة ميكروبيولوجية جيدة فيما يتعلق بغياب الجراثيم الهوائية عند 30 درجة مئوية، في جميع العينات التي تم تحليلها بعد الحضانة عند 30 درجة مئوية و 55 درجة مئوية؛ وكذلك نتيجة سلبية للاختبارات المختلفة التي أجريت (اختبار الكحول واختبار الحرارة). هذه النتائج تخبرنا عن حسن سلوك مما يجعل المنتج مستقرًا حتى في درجات حرارة التخزين القصوى. فيما يتعلق بالجودة الفيزيائية والكيميائية لحليب، فإنه يتوافق أيضًا مع المعايير المعمول بها

الكلمات المفتاحية: الحليب المنكه، حليب الشوكولاته، الثبات.

Résumé

Notre étude vise à étudier l'influence du traitement UHT (Ultra Haute température) sur la qualité de lait reconstitué (aromatisé chocolaté et non aromatisé), évaluer la qualité physico-chimique, microbiologique et le potentiel antioxydant de deux types de lait UHT (chocolaté et non aromatisé) fabriqué à la laiterie *Ramy Milk Company*, suivi par une étude de stabilité durant leurs conservations à différentes températures à savoir: 30°C pendant 90 jours et 55°C pendant 15 jours. Les résultats obtenus montrent que le traitement UHT diminue légèrement l'acidité et les teneurs en cendres, en sucres, en protéines et en vitamine C du lait reconstitué. Les données expérimentales montrent également que le potentiel antioxydant du lait chocolaté est significativement ($p < 0,05$) plus élevé que celui du lait non aromatisé. Ce ci peut être expliqué par la présence de la vitamine C et la richesse de la poudre de cacao en polyphénols connus pour leur activité anti-oxydante élevée. Le lait U.H.T. présente une bonne qualité microbiologique au regard de l'absence de germes aérobies à 30°C, dans tous les échantillons analysés après incubation à 30°C et 55°C ; ainsi qu'un résultat négatif des différents tests effectués (test d'alcool et test de chaleur). Ces résultats nous renseignent sur la bonne conduite du traitement U.H.T. qui rend le produit stable même à des températures extrêmes de conservation. Concernant la qualité physico-chimique du lait U.H.T., celle-ci est également conforme aux normes en vigueur.

Mots clés : Lait aromatisé, lait chocolaté, UHT, Stabilité.

Abstract

Our study aims to study the influence of UHT (Ultra -High Temperature) treatment on the quality of reconstituted milk (flavored chocolate and unflavoured), evaluate the physicochemical, microbiological and antioxidant potential of two types of UHT milk (chocolate and unflavoured) manufactured at Ramy Milk Company dairy, followed by a stability study during their storage at different temperatures, namely: 30 ° C for 90 days and 55 ° C for 15 days. The results obtained show that the UHT treatment slightly reduces the acidity and the ash, sugar, protein and vitamin C contents of the reconstituted milk. The experimental data also show that the antioxidant potential of chocolate milk is significantly ($p < 0.05$) higher than that of unflavoured milk. This can be explained by the presence of vitamin C and the richness of the cocoa powder in polyphenols known for their high antioxidant activity. U.H.T. has a good microbiological quality with regard to the absence of aerobic germs at 30 ° C, in all samples analyzed after incubation at 30 ° C and 55 ° C; as well as a negative result of the various tests carried out (alcohol test and heat test). These results tell us about the good behavior of U.H.T. which makes the product stable even at extreme storage temperatures. Regarding the physicochemical quality of U.H.T. milk, it also complies with the standards in force.

Key words: Flavored milk, chocolate milk, UHT, Stability.