

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2018

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

MEGUELLATI Khalil Abou Djihad

Thème

Essai de fabrication d'une crème végétale à base d'huile de palmiste alternative à la crème fraîche laitière.

Soutenu le : 01 /juin / 2018

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>M : ADRAR N.</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme: MEDBOUA C.</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>M : RAI A.</i>	<i>MAB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>
<i>M : ACHIR R.</i>		<i>ABIA FOOD</i>	<i>Co-promoteur</i>

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciement

Je tiens à remercier en premier lieu **DIEU** le tout puissant de m'avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Un grand merci à Monsieur **ACHIR RABAH**, directeur du laboratoire ABIA FOOD, Co-promoteur de mon mémoire, à qui j'exprime mon remerciement pour son implication dans ce travail qui aurai jamais pu aboutir sans ses nombreux conseils.

Je tiens à remercier Madame **MEDBOUA CHAFIAA**, la promotrice de ce mémoire, pour avoir encadrée ce travail. Je tiens à vous remercier pour votre disponibilité, votre aide précieuse, vos conseils, votre rigueur scientifique, et vos précieux conseils qui ont fait progresser ce travail

Je tiens à exprimer ma respectueuse reconnaissance à Mr **ADRAR**, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de mes profonds remerciements.

Mes reconnaissances vont également à Mr **RAI**, qui m'a fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail. Veuillez accepter mes plus vifs remerciements pour votre présence dans ce jury et soyez assuré de tout mon respect et de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier le gérant de l'industrie ABIA FOOD Mr **BOUKIR**, et sans oublier le personnel du laboratoire (**DALIDA**, **NAWAL**, **HOURIA** et **YASMINE**) pour leur aide et leurs conseils.

Dédicace

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études ;

A mon très cher frère SMAIL, pour son appui et son encouragement ;

A mes chères sœurs (MESSAOUDA, HOURIA, FATIMA et ZINEB) pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral ;

A toute ma famille et amis (e) pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire ;

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible.

Merci d'être toujours là pour moi.

Liste des abréviations

AGI : acide gras insaturé ;
AGS : acide gras saturé ;
AGT : acide gras trans ;
AW : activité de l'eau ;
CFL : crème fraîche lactée ;
D : degré Dornic ;
DAG : Di-acylglycerols ;
DG : diglycéride ;
DLC : date limite de consommation ;
E/H : émulsion eau dans l'huile ;
EMB : gélose éosine bleu de méthylène ;
Eq.g : équivalent gramme ;
EST : extrait sec total ;
FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations ;
g : gramme ;
H/E : émulsion de l'huile dans l'eau ;
HLB : balance hydrophile lipophile ;
Hm : humidité ;
ISO : Organisation internationale de normalisation ;
JORA : journal officiel de la République Algérienne ;
MAG : mono-acylglycerols ;
Max : maximum ;
MDG : mono – di glycéride ;
MG : matière grasse ;
MGL : matière grasse lactée ;
MGLA : matière grasse lactée anhydre ;
MGV : matière grasse végétale ;
MRS : Man, Rogosa et Sharpe ;
p/p : particule par million ;
Pa.s : Pascal seconde unité de viscosité ;
PDE : poudre de lait écrémé ;
PDL : poudre de lait ;
pH : potentiel hydrogène ;
R : chaîne aliphatique ;
rpm : rotation par minute ;
S-1 : second -1 ;
TAG : triacylglycerols ;
Tr : tour ;
UHT : Ultra Haute Température ;
H/E : émulsion huile dans l'eau ;

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition moyenne de la crème fraîche à 30% de matière grasse	04
Tableau 2. Températures optimales de croissance des bactéries lactiques.	08
Tableau 3. Conservation des différents types de la crème.....	10
Tableau 4. Teneurs en acides gras des graisses concrètes (en pourcentage des acides gras totaux)	15
Tableau 5. Comparaison quantitative des propriétés inter-faciales des émulsifiants et des protéines.....	21
Tableau 6. Utilisation courante des émulsifiants en fonction de leur HLB.....	22
Tableau 07. Les résultats et les normes de recherche d' <i>E. coli</i> et <i>Enterobacter</i>	32
Tableau 8. Les résultats et les normes de recherche de <i>Leuconostoc</i> et <i>Lactobacillus</i>	34
Tableau 09. Les résultats et norme du pH	40

Liste des figures

Figure 1. Distribution granulométrique des globules de graisse du lait dans les laits, déterminée par microscopie.	05
Figure 2. Diagramme de fabrication de la crème fraîche épaisse et liquide.....	09
Figure 3. Feuillage d' <i>Elaeis guineensis</i> , palmier à huile.....	16
Figure 4. Structure générique d'un acide gras, où R est une chaîne aliphatique.....	19
Figure 5. Structures des glycérides, où R peut être n'importe quelle chaîne aliphatique	19
Figure 6. Représentation schématique de l'adsorption d'un émulsifiant.....	20
Figure 7. Représentation schématique ou orientation d'une molécule d'émulsifiant à une interface huile-eau.	23
Figure 8. Les étapes de préparation de la crème végétale.....	28
Figure 9. Les étapes de détermination de l'extrait sec total.....	30
Figure 10. Les étapes de colorations des lipides.....	31
Figure 11. Protocole de l'acidité titrable.....	30
Figure 12. Mode d'emploi de viscosimètre	34
Figure 13. Résultats de recherche d' <i>E. coli</i> et <i>Enterobacter</i> ; a: crème végétale b: crème fraîche laitière.....	35
Figure 14. Aspect macroscopiques des souches de <i>Lactobacillus</i> lors de l'isolement.....	36
Figure 15. Le taux de l'EST des deux crèmes.....	37
Figure 16. Le taux d'humidité des deux crèmes, lait cru et crème avant pasteurisation....	38
Figure 17. Le taux de l'humidité des deux crèmes.....	39
Figure 18. Photo prise sur microscope pour le test de coloration des lipides ; a : CV avec l'huile a émersion x100 ; b : CFL avec l'huile a émersion x100 ; c : CV avec rouge soudan x40, d : CFL avec rouge soudan x40.....	40
Figure 19. Résultats de virage de couleurs après titrage.	44
Figure 20 Evolution de la viscosité apparente de crème végétale en fonction du gradient de vitesse (Boucle 64) et la température.....	46
Figure 21 Evolution de la viscosité apparente de crème fraîche laitière en fonction du gradient de vitesse (Boucle 64) et la température.....	47
Figure 22. Structure de l'acide laurique (C12 :0).	48

Sommaire

Liste d'abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux

Chapitre I : crème fraîche laitière

Introduction	01
I.1. Historique	03
I.2. Crème fraîche laitière	03
I.2.1. Définition	03
I.2.2. Composition.....	04
I.2.3. Catégories des crèmes laitières	05
I.2.3. Technologie de la crème laitière	07
I.2.4. Influence de la température et pH sur le produit	08
I.2.5. Refroidissement et conditionnement	09
I.2.6. Conservation des différents types de crèmes	09
I.2.7. Altération de la crème fraîche	10

Chapitre II : les crèmes végétales

II.1. Les huiles végétales	13
II.1.2. Différents classes des huiles	14
II.2. Huile de palmiste	16
II.2.1. Botanique de la plante palmier	16
II.2.2. Le genre palmier à huile (<i>elaeis</i>)	16
II.2.3. Description de la noix	16
II.3. Caractères physico-chimiques de l'huile	17
II.3.1. Caractères organoleptiques de l'huile de palmiste	17
II.4. Caractérisation des crèmes végétales déshydratés :	17
II.4.1. Granulométrie	17
II.4.2. Rhéologie	18
II.4.3. Stabilité	18
II.5. Chimie des huiles utilisées	18
II.6. Emulsifiants	20
II.6.1. Définition	20
II.6.2. Utilisation	22
II.6.3. Rôle	23

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Description de l'entreprise	24
III.2. Description du produit	24
III.3. Matériel	25

III.3.1. Equipements et petits matériels de laboratoire	25
III.3.2. Milieu de culture et réactif	25
III.3.3. Formule de la crème fraiche végétale	25
III.3.4. Mode opératoire.....	26
1) Les critères de choix des ingrédients	26
2) Préparation de la poudre	27
3) Préparation de la crème fraiche.....	27
III.4. Analyses microbiologiques (de conformité)	28
III.4.1. Préparation des dilutions	28
III.4.2. Recherche des coliformes totaux et thermo-tolérants (<i>Escherichia coli</i>)	28
III.4.3. Recherche des bactéries lactiques	29
III.4.3.1. La recherche des <i>Lactobacillus</i>	29
III.5. Analyse physico-chimique	29
III.5.1. Détermination de l'extrait sec	29
III.5.2. Détermination du taux d'humidité	30
III.5.3. Contrôle de l'homogénéité	30
III.5.4. Coloration des lipides	30
III.5.5. Détermination du pH	31
III.5.6. Détermination de l'acidité titrable	32
III.5.7. Etudes rhéologiques des crèmes	32

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Résultats d'analyses microbiologiques	33
IV.1.1. Recherche des coliformes totaux et thermo-tolérants (<i>Escherichia coli</i>).....	33
IV.1.2. Recherche des bactéries lactiques.....	34
IV.2. Résultats d'analyses physico-chimiques	35
IV.2.1. Détermination de l'extrait sec total (EST)	36
IV.2.2. Détermination du taux d'humidité	37
IV.2.3. Contrôle de l'homogénéité	38
IV.2.3.1. Auto-oxydation des lipides	40
IV.2.4 Détermination du pH	41
IV.2.5. Détermination de l'acidité titrable	42
IV.2.6. Acidité de la crème végétale	43
IV.2.7. Etudes rhéologiques des crèmes	44
IV.2.7.1. Paramètres liés à la formulation	45

Conclusion

Références bibliographique



Introduction



Introduction

Le marché mondial des crèmes est très contrasté selon les pays. La diversité des situations provient de deux facteurs importants: les habitudes alimentaires et le niveau de vie des populations. La branche des crèmes fait partie des industries agroalimentaires et plus précisément du secteur lait et dérivés (Pottier, 2005).

L'essentiel des matières premières est issu de secteurs contrôlés, mais certaines de ces dernières peuvent venir directement de la production agricole, il sera alors nécessaire de mettre en place des mesures de surveillance pour l'achat des matières premières et des ingrédients, on s'adressera de préférence à des fournisseurs certifiés capables de garantir la qualité microbiologique de leurs produits (Belaud *et al.*, 2001).

Au XX^{ème} siècle, le développement de la prophylaxie, joint à la sélection de plus en plus scientifique des espèces les plus performants ont apporté des progrès considérables dans le rendement laitier. Les vaches des Etats-Unis s'élève à presque 17 fois ce que les vaches en Afrique, ce qui explique les taux élevés d'importation de poudre de lait dans les pays en voies de développement (Pottier, 2005).

En Algérie, la production nationale est très loin des besoins du secteur lait et dérivés car l'Algérie est le premier consommateur du lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par an (Kirat, 2007). Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, il apporte la plus grande part de protéines d'origine animale. Acteur clé de l'industrie agro-alimentaire, la filière Lait connaît une croissance annuelle de 8%. Avec un taux de collecte inférieur à 15%, cette filière reste, cependant, fortement dépendante de l'importation de poudre de lait (Belaud *et al.*, 2001).

A cause de la rareté du lait et ces drivées et en raison de leurs capacités d'acidification et hydrolyse, activités liantes et texturants, certains ingrédients (émulsifiants, phosphate mono sodique stabilisant) et matière grasse végétale (MGV) sont utilisés dans la fabrication des crèmes végétale qui remplace avec succès les crèmes fraiche laitières sur le plan économique diététique.

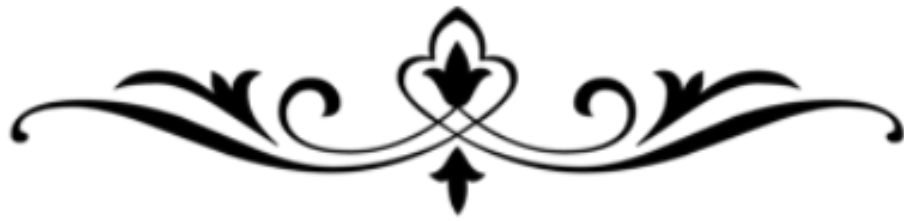
Les crèmes végétales apparaissent de plus en plus aujourd'hui comme une alternative aux crèmes laitières et ce, pour répondre aux besoins des marchés de plus en plus dynamiques et

Introduction

spécifiques, en termes de fonctionnalités attendues des crèmes. L'objectif de ce travail est de faire le point sur l'état des connaissances actuelles sur les crèmes, en se focalisant particulièrement sur la crème fraîche non laitière ou si nous pouvons l'appeler végétale.

Cette étude est composée de deux parties, une revue bibliographique sur les crèmes fraîches laitières (CFL) et un autre pour la crème végétale (CFNL), puis une partie pratique principalement basée sur l'essai de fabrication d'une crème végétale totalement déshydraté similaire au crème fraîche laitière.

Une étude comparative du comportement et les propriétés d'acidification biologique dans la CFL et physique dans la CFNL totalement déshydraté, et les paramètres de formulation et de procédé qui influencent les principales propriétés physico-chimiques des crèmes sont discutés.



Chapitre I :
Crème fraîche laitière



Les produits laitiers sont hétérogènes tant du point de vue de leur composition, que du point de vue de leur fabrication. Certains produits issus du lait n'appartiennent pas aux produits laitiers au sens strict, c'est le cas de la crème (fraîche) et du beurre qui appartiennent dans leurs usages aux corps gras, dans ce chapitre nous allons faire une petite approche sur la crème fraîche laitière et sa relation avec la composition du lait et surtout la matière grasse laitière.

I.1. Historique

La crème fut appréciée très tôt par de nombreux peuples, tant par les populations nomades d'Asie que les celtes ou les vikings. La crème fraîche, en Europe, ce fut d'abord une spécialité française, elle était servie sur les tables médiévales notamment pour accompagner les fromages frais. (Cathy et Valentine, 2011).

Au XVIII^{ème} siècle, sous le règne de Louis XIV, la crème donna lieu à une innovation majeure attribuée au célèbre cuisinier Vatel. Il fut l'intendant de Fouquet à Vaux le Vicomte puis du grand Condé au château de Chantilly (Cathy et Valentine, 2011).

Pendant longtemps, l'utilisation de la matière grasse butyrique est restée limitée à la fabrication de la crème, du beurre et de quelques produits dérivés. Vers le milieu du XX^e siècle, sous l'évolution des besoins, des techniques et des réglementations, de nouveaux produits sont apparus: huile de beurre, beurre allégé, spécialités à tartiner additionnées ou non de matière grasse d'origine non laitière, etc. (FAO, 2010)

I.2. Crème fraîche laitière

I.2.1. Définition

La crème est le produit laitier fluide plus ou moins riche en matière grasse qui se présente sous la forme d'une émulsion de type grasse dans le lait écrémé et qui a été obtenue en la séparant physiquement du lait (Codex Alimentarius Commission, 2003).

Selon Jeantet *et al.*, (2008) la dénomination crème est réservée au lait contenant au moins 12 à 30 g de matière grasse provenant exclusivement du lait pour 100 g de poids total. La dénomination crème légère est réservée au lait contenant entre 12g inclus et 30g non inclus de matière grasse provenant exclusivement du lait pour 100 g de poids total.

La norme CODEX (2017) donne des définitions bien précise pour chaque type de crème et crèmes préparées, chaque appellation est différente a l'autre :

- **La crème reconstituée** est la crème obtenue par la reconstitution des produits laitiers avec ou sans l'addition d'eau potable (totalement déshydraté) et avec les mêmes caractéristiques de produit fini.
- **La crème recombinaison** est la crème obtenue par la recombinaison des produits laitiers avec ou sans l'addition d'eau potable et avec les mêmes caractéristiques de produit fini.
- **Les crèmes préparées** sont les produits laitiers obtenus en soumettant la crème, la crème reconstituée et/ou la crème recombinaison à des traitements et des procédés appropriés pour obtenir les propriétés caractéristiques de crème.

I.2.2. Composition

Les apports essentiels de la crème fraîche sont constitués par les lipides et la vitamine A. Elle fournit également une quantité intéressante de calcium et de vitamine D (Jeantet *et al.*, 2008) (tableau 1).

La valeur nutritionnelle de la crème dépend de la teneur lipidique : plus la crème contient de graisses, moins elle contient de lactose, de minéraux et de protéines mais plus elle contient de plus la vitamine A et des carotènes. La crème contient environ deux fois plus de vitamines liposolubles que le lait, mais à peine moins de vitamines hydrosolubles. La crème épaisse (surie) contient des aldéhydes et des cétones à l'origine de son goût particulier, ainsi que de l'acide lactique (8 g/litre environ) (FAO, 2010).

Tableau 1. Composition moyenne de la crème fraîche à 30% de matière grasse (Jeantet *et al.*, 2008)

Composition	Teneur (en %)
Eau	59
Matière grasse	30
Lactose	3.1
Protéine	2.3
Minéraux	0.5
Calcium	90mg.100 g ⁻¹

Les lipides du lait sont sécrétés sous la forme d'assemblages colloïdaux appelés globules de graisse du lait. Les procédés technologiques utilisés dans l'industrie laitière, par ex. les traitements thermiques et mécaniques (pompage et homogénéisation) peuvent affecter la

structure et la composition des composants laitiers et altérer leurs propriétés technologiques et nutritionnelles (Christelle *et al.*, 2015).

Les lipides sont sécrétés dans le lait sous la forme d'entités sphériques d'environ 4 à 5 μm de diamètre appelées globules gras du lait (Figure 1 A et B), enveloppées par une membrane biologique appelée membrane de globules gras du lait. Ces assemblages colloïdaux sont des véhicules naturels pour les triacylglycérols (TAG: $\sim 98\%$ p/p de lipides laitiers totaux), des nutriments liposolubles (caroténoïdes et vitamines) et d'autres molécules biologiquement actives (p. Ex. Phospholipides, cholestérol, protéines... etc) (Christelle *et al.*, 2015).

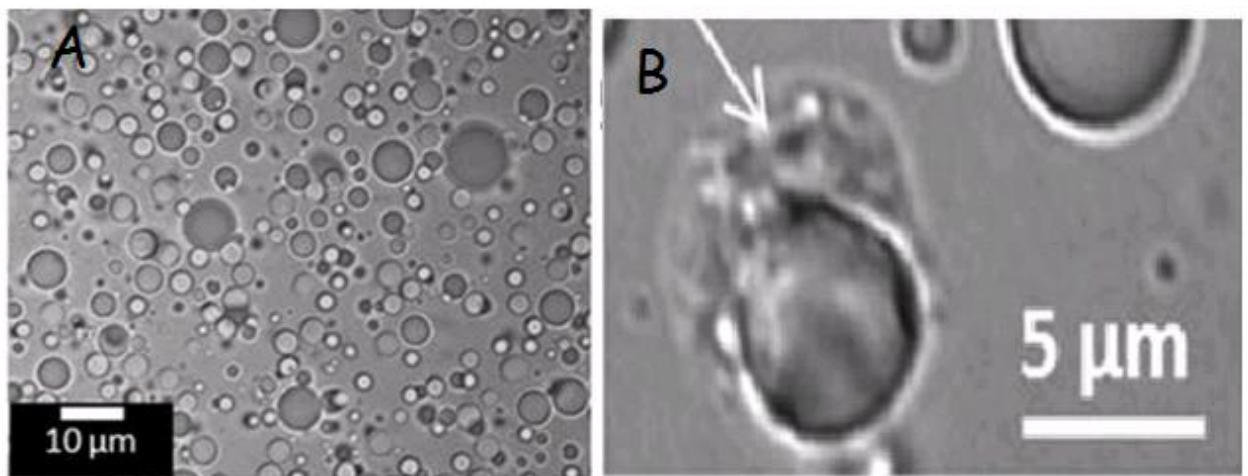


Figure 1. Distribution granulométrique des globules de graisse du lait, déterminée par microscopie (Christelle *et al.*, 2015).

I.2.3. Catégories des crèmes lactières

Il existe généralement deux catégories de crèmes : les crèmes de consommation utilisées directement en cuisine, et les crèmes de transformation destinées à la fabrication du beurre et d'autres produits (FAO, 2010).

Premièrement les crèmes de consommation : Nous déterminant les crèmes selon leur richesse en matière grasse, selon le traitement thermique et leur est appliqué et selon les traitements spécifiques liés à leurs utilisations (Jeantet *et al.*, 2008).

❖ Selon la teneur en matière grasse

- a- Crème à 12 % au moins de matière grasse ou Crème légère : Une crème légère peut être liquide ou épaisse, elle doit être obligatoirement pasteurisée ou stérilisée (Everett, 2007).

b- Crème à 30 % au moins de matière grasse : Elle est le plus souvent pasteurisée et maturée après un ensemencement par les streptocoques lactiques. L'acidité développée apporte une protection contre d'autres germes qui pourraient être dangereux (Saarela *et al.*, 2000).

❖ **Selon le traitement thermique appliqué**

a- Crème crue : C'est une crème qui n'a subi aucun traitement de pasteurisation ou de stérilisation. Fruit direct de l'écémage, elle est refroidie et stockée à +6°C (Lubin, 1998). La mention « crue » est obligatoire sur l'étiquetage (Lubin, 1998). Elle est souvent chargée en germes douteux ou dangereux (Sina, 1992).

b- Crème pasteurisée : La crème fraîche désigne une crème n'ayant subi que le traitement de pasteurisation et conditionnée sur le lieu de production dans un délai de 24 heures (Vierling, 1999).

c- Crème Ultra Haute Température (UHT) : La crème UHT est stérilisée par un traitement thermique de 140 à 150°C durant quelques secondes, puis rapidement refroidie et scellée en conditionnement aseptique, étanche et stable jusqu'à la date limite de consommation (Everett, 2007).

❖ **Selon les traitements spécifiques liés à leurs utilisations**

a- Crème fouettée : La crème à fouetter est la crème liquide, la crème reconstituée et/ou recombinaison qui est destinée à être fouettée. (Sina, 1992).

b- Crème Chantilly : La crème Chantilly est une crème fouettée contenant au moins 30 % de matière grasse et n'ayant fait l'objet d'aucune autre addition que de saccharose (sucre mi-blanc et sucre blanc) et éventuellement de matières aromatisants naturelles (Vierling, 1999).

c- Crème sous pression : La crème sous pression est pasteurisée ou stérilisée (Vierling, 1999), elle est conditionnée avec le protoxyde d'azote pur qui assure le foisonnement et la conservation (Vierling, 1999).

Deuxièmement les crèmes de transformation : Les crèmes destinées à la transformation, notamment à la fabrication du beurre, subissent divers traitements de préparation (normalisation, désacidification) destinés à améliorer les conditions technologiques et la qualité des produits fabriqués (FAO, 2010).

I.2.3. Technologie de la crème laitière

a) Ecrémage centrifuge

Quelle que soit l'utilisation de la matière grasse, celle-ci est d'abord séparée du lait au cours de l'opération d'écémage qui donne deux produits: le lait écémé et la crème. La crème est constituée simplement du lait concentré en matière grasse à environ 10 fois (lait entier: 35 g / kg ; crème: 350 g / kg). Son état physique n'est pas modifié de même que la composition du liquide (lait écémé) dans lequel sont dispersés les globules gras. La concentration en matière grasse est obtenue par écémage spontané ou centrifuge (Lubin, 1998). L'écémage du lait est réalisé dans les écèmeuses centrifuges et hermétiques (Jeantet *et al.*, 2008).

L'écémage centrifuge provoque en même temps une épuration; les impuretés telles que les poils, les poussières et la terre, ainsi que les grosses micelles de caséines et les microorganismes se rassemblent sur les parois du bol où elles forment une boue (Jeantet *et al.*, 2008).

La crème ainsi obtenue est liquide et douce puisque sa teneur en acide lactique est encore faible, mais selon qu'on la prélève plus ou moins au centre de l'axe de rotation, elle sera plus ou moins riche en matières grasses (Lecerf, 2014).

b) Pasteurisation

La crème contient plus de bactéries par millimètre que le lait dont elle provient, ces bactéries étant entraînées en grand nombre avec les globules gras lors de l'écémage. De plus, l'efficacité de la pasteurisation diminue avec la richesse en matière grasse (Drider *et al.*, 2009). Mise à part pour les crèmes crues, la pasteurisation consiste en un traitement thermique à haute température qui se fait entre 80 et 90°C pendant 15 à 20 secondes tout en préservant les qualités organoleptiques de la crème (Lubin, 1998). Selon Wilbey (2002), elle provoque ainsi:

- ✓ Une destruction des germes pathogènes et de la plupart des germes saprophytes ;
- ✓ Une destruction des lipases qui sont des facteurs de rancissement ;
- ✓ La formation de composés sulfurés réducteurs qui s'opposent à l'oxydation des lipides ;
- ✓ La maîtrise ultérieure de la maturation lactique de la crème.

c) Maturation

Une protéase à sérine, de type de tryprine, qui est principalement impliquée dans la maturation de protéine sécrétées mais n'intervient pas directement dans la dégradation des protéines du lait (Dridier *et al.*, 2009).

Les crèmes pasteurisées peuvent être maturées en présence de bactéries lactiques mésophiles à savoir *Lactococcus lactis subsp*, *Leuconostoc mesenteroides subsp* et *Lactobacillus acidophilus* (Jeantet, et al. 2008), acidifiantes, aromatiques et parfois épaississantes utilisées à 0,5 % (Dridier et al, 2009). La maturation rend la crème, plus aromatique par la transformation du citrate en diacétyle par les *Leuconostoc*, et lui confère une meilleure protection par production d'acide lactique (Jeantet *et al.*, 2008).

I.2.4. Influence de la température et du pH sur le produit

La phase de maturation se déroule pendant une durée de 12 à 18 heures à une température comprise entre 12 et 22°C. Les bactéries lactiques se composent d'espèces mésophile, dont la température optimale de croissance est proche de 30°C, et d'espèces thermophiles dont la température optimale est proche de 42°C (Dridier *et al.*, 2009). Le tableau 2 indique les valeurs de température optimale de croissance des principaux genres de bactéries lactiques (Dridier *et al.*, 2009).

Tableau 2. Températures optimales de croissance des bactéries lactiques (Dridier *et al.*, 2009).

Genre ou espèce	Températures optimales
<i>Leuconostoc</i>	22-30°C
<i>Lactococcus</i>	27-32°C
<i>Lactobacillus (Mesophiles)</i>	30-35°C
<i>Streptococcus thermophilus</i>	42-43°C
<i>Lactobacillus (thermophiles)</i>	40-45°C

Le pH du milieu influence fortement la croissance des bactéries lactiques, les valeurs du pH optimal de croissance sont généralement comprises entre 6 et 6,5 pour les lactocoques,

leuconostocs et *Streptococcus thermophilus*, et entre 5,5 et 6,0 pour les lactobacilles (Dridier *et al.*, 2009).

L'acidification entraîne la déstabilisation progressive des micelles de caséines qui, en association avec les globules gras homogénéisés, conduisent à un épaississement de la crème. Les modifications les plus significatives, dont l'accroissement de la viscosité, apparaissent pour des pH inférieurs à 5 (Jeantet *et al.*, 2008).

I.2.5. Refroidissement et conditionnement

Après maturation, la crème est refroidie et conditionnée, puis elle est stockée en chambre froide (6°C) et commercialisée (Fredot, 2005).

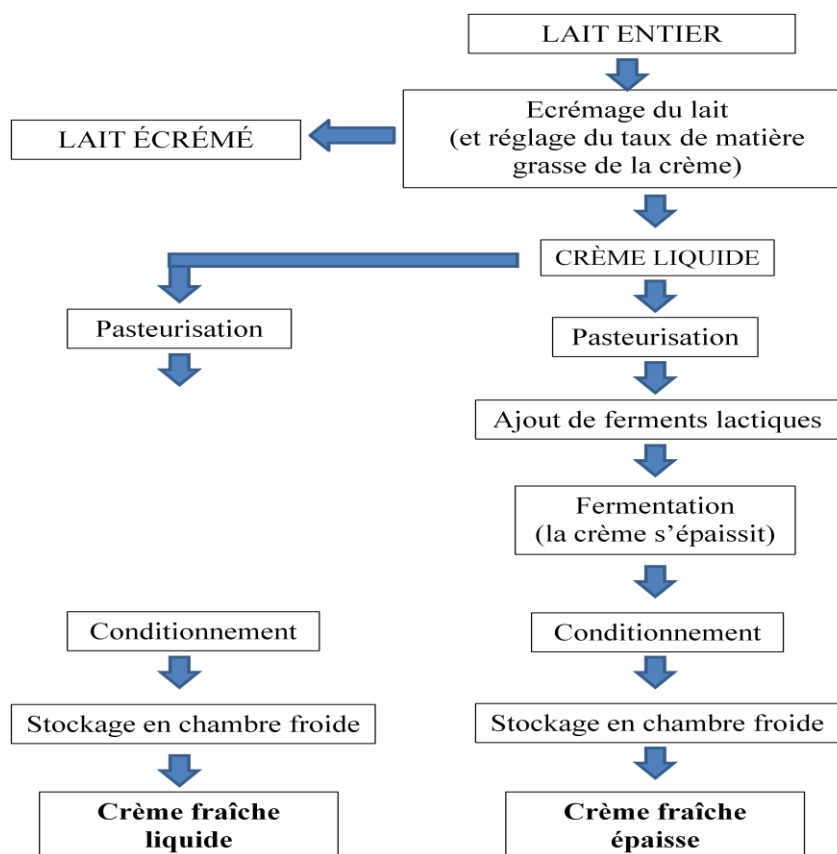


Figure 2. Diagramme de fabrication de la crème fraîche épaisse et liquide (Cathy *et al.*, 2011)

I.2.6. Conservation des différents types de crèmes

Il existe 3 traitements thermiques possibles d'une crème, aboutissant à 4 dénominations :

- Crème crue : aucun chauffage au cours de la vie du produit ;
- Crème fraîche : pasteurisation flash en sortie d'écumeuse ;

- Crème UHT : pasteurisation flash en sortie d'écumeuse puis stérilisation à Ultra Haute Température en fin de fermentation ;
- Crème stérilisée : stérilisation classique après conditionnement.

La date limite de consommation des différentes crèmes est variable (tableau 3), selon la charge microbienne qui suit le traitement thermique appliqué et aussi selon l'ajout des ferments lactiques qui jouent un rôle important dans la conservation des produits laitiers (Alais *et al.*, 2008).

Tableau 3. Conservation des différents types de la crème (Alais *et al.*, 2008).

Type de crème	DLC (après la date de conditionnement)	Stockage (avant ouverture)	Conservation (après ouverture)
Crème crue	7 jours	4-6°C	-6 °C Consommation dans les 48 heures
Crème fraîche liquide	15 jours		
Crème fraîche épaisse	30 jours		
Crème stérilisée	3 mois	Endroits frais (≤ 18 °C)	
Crème stérilisée UHT	8 Mois		

I.2.7. Altération de la crème fraîche

La crème fraîche est un produit alimentaire qui renferme plusieurs nutriments tels que les protéines, les glucides, les vitamines liposolubles et surtout la matière grasse en plus de sa teneur élevée en eau (59%), ce qui la rend sujette à différents types d'altérations : microbienne, enzymatique et physicochimique (Everett, 2007).

- **Altération microbienne :** La crème peut contenir tous les germes rencontrés dans le lait, même elle peut véhiculer les bactéries pathogènes (Everett, 2007). La contamination du lait et des produits laitiers par les germes pathogènes peut être d'origine endogène et elle fait alors suite à une excrétion mammaire de l'animal malade. Elle peut aussi être d'origine exogène, il s'agit alors d'un contact direct avec des troupeaux infectés ou d'un apport de l'environnement (eaux, personnel) (Drider *et al.*, 2009).

Plusieurs types de microorganismes peuvent être des agents de dégradation. Tout d'abord, les bactéries lactiques peuvent entraîner une acidité très forte. Les coliformes et les entérobactéries peuvent entraîner un mauvais goût. Les bactéries lipolytiques détruisent et oxydent la matière grasse, entraînant le rancissement de la crème. Les bactéries protéolytiques peuvent dégrader les caséines. Les germes psychrophiles interviennent aussi en raison du stockage au froid. En fin les levures et les moisissures peuvent provoquer des altérations du goût (moisi, âcre, malté, caramélisé) (Drider *et al.*, 2009). Certaines espèces de levures comme *Torula cremoris*, *Candida pseudotropicalis* et *Torulopsis sphaerica* peuvent se développer dans la crème fraîche en provoquant l'apparition des odeurs fruitées (Corrieu *et al.*, 2008).

Une altération de la qualité hygiénique de la crème fraîche met en cause la santé du consommateur. Cette altération est généralement invisible, elle est due à un développement de microorganismes pathogènes responsables d'intoxications alimentaires de gravités diverses. Ces germes pathogènes libèrent des toxines (exotoxines) qui rendent la crème dangereuse à consommer même si le microorganisme responsable n'est plus vivant dans le produit. Certains microorganismes présentent eux-mêmes un danger pour le consommateur. C'est le cas des entérobactéries qui fabriquent des endotoxines (Drider *et al.*, 2009).

Une altération de la qualité marchande de la crème modifie ses caractéristiques surtout organoleptiques (rancissement, altération du goût), cette altération bien que dangereuse pour le consommateur, rend la crème non commercialisable. La défaillance de la technologie mise en œuvre pour la stabilité physiologique du produit est la cause principale de cette altération (Genkina *et al.*, 2001).

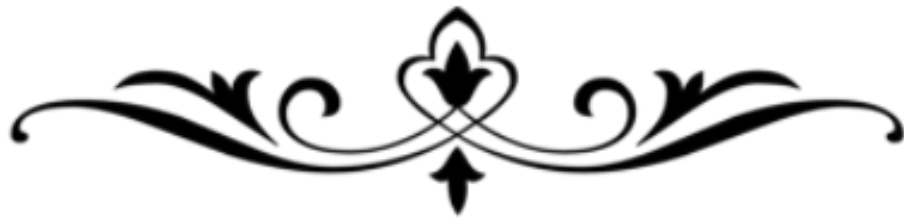
➤ **Altération enzymatique**

La protéolyse est une dégradation enzymatique des protéines par les enzymes protéolytiques ou protéases. Ces dernières sont des enzymes qui catalysent l'hydrolyse des liens peptidiques de protéines et produisent des protéoses, des peptones, des peptides ou même des acides aminés selon le degré d'hydrolyse (Christelle *et al.*, 2015). Dans le lait et les produits laitiers, la protéolyse a deux origines principales: bactérienne ou native. Les protéases microbiennes, sont souvent thermorésistantes, sécrétées par les bactéries psychrotrophes (Lubin, 1998).

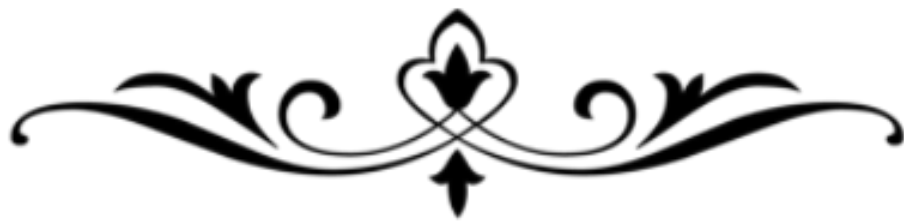
La lipolyse est une réaction enzymatique de dégradation de la matière grasse qui se traduit dans le lait par une augmentation de la teneur en acides gras libres (Christelle *et al.*,

2015). La lipolyse est due, le plus souvent, à l'action d'enzymes présents dans les produits laitiers eux mêmes. Ce sont les lipases naturelles du lait qui dégradent la matière grasse. Au stade final de leur action, elles décomposent les glycérides en glycérol et acides gras. La dégradation est souvent partielle avec production des mono et diglycérides intermédiaires. Ces derniers sont responsables de l'amertume décelée dans les produits laitiers. Le défaut « rance » apparaît lorsque des acides gras sont libérés (acide butyrique) (Alais *et al.*, 2008).

Les lipases microbiennes, sont secrétées par certaines espèces bactériennes, appartenant à la flore psychrotrophe, en générale, du groupe *Pseudomonas fluorescensputida*. Elle est capable de se développer si la température n'est pas assez bien contrôlée au dessus de 4°C. Ces lipases sont capables d'agir à basse température et sont thermorésistantes contrairement aux germes qui les produisent (Dridier *et al.*, 2009).



Chapitre II :
Les crèmes végétales



Le développement du domaine des crèmes laitières reconstituées a ouvert de nouvelles possibilités dans la formulation des crèmes, et plus particulièrement celle de la naissance du concept des crèmes végétales. Les crèmes végétales sont des produits similaires aux crèmes laitières dont la matière grasse laitière (MGL) est remplacée par la matière grasse végétale (MGV) et l'effet des ferments lactiques remplacé par d'autres substances chimiques tout en respectant la santé de client.

Diverses définitions ont été proposées pour définir les crèmes, bien que les termes lipides, graisse et huile soient souvent utilisés de manière interchangeable dans l'industrie alimentaire pour désigner un certain type de structure moléculaire.

En général, les lipides sont des molécules qui contiennent une proportion significative d'hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques. Les lipides peuvent également être définis comme les divers composés organiques mous ou semi-solides comprenant les esters glycéridiques d'acides gras et les composés associés tels que les hydrocarbures (acides gras, détergents et émulsifiants), et les acylglycérols (mono-, di- et les triacylglycérols), (Hartel *et al.*, 2018).

Cette étude a permis de faire le point sur l'influence des différents paramètres de formulation et de procédé sur les propriétés physico-chimiques des crèmes végétales, par une modification de l'apport en graisses, en remplaçant une partie des graisses laitières par des graisses végétales riches en acides gras. Il apparaît que les conditions d'émulsification, le choix des ingrédients (type d'huile ou plutôt matière grasse) utilisés dans la formulation, ainsi que la température, influencent sur les caractéristiques de nos crèmes.

II.1. Les huiles végétales

Les huiles végétales alimentaires représentent une vaste famille de corps gras dont les usages culinaires sont multiples, mais leur utilisation en tant qu'ingrédient par l'industrie agroalimentaire ne doit pas être occultée. Comme tous les aliments (lipidiques), les huiles végétales ont une double fonction (Lecerf, 2011):

- Nutritive, sources d'acides gras divers, mais aussi de vitamines et de molécules diverses;
- Hédonique, conférant sapidité aux aliments et plats qu'elles accompagnent.

Le décret exécutif n° 17-101 publié au Journal officiel N° 16 de la République Algérienne Démocratique et Populaire, fait à Alger le 6 Jomada Ethania 1438 correspondant au 5 mars

2017 (extrait 107-301) fixant les listes de différents types d'investissement autorise l'extraction et l'utilisation des huiles d'origine végétale et huiles végétales brutes .

Dans l'industrie des crèmes végétales (crème culinaire ou crème de cuisine) nous utilisons les huiles (huile de coco, huile de colza, huile de palm, etc.) pour rehausser le goût, aromatiser et colorer les aliments. D'autre part, ces derniers possèdent des profils de composition chimique différents permettant de les utiliser comme agents naturels de conservation des aliments (Lecerf, 2011).

On distingue, selon leur point de fusion, déterminant leur solidité à température ambiante (Lecerf, 2011):

- Les huiles fluides, majoritaires;
- Les huiles solides hydrogénées, ou graisses concrètes: huile ou graisse de palme, de palmiste issue du palmier à huile, de coprah issue de la noix de coco, et beurre de cacao.

Typiquement, la différence entre une graisse et une huile est celle d'un état physique à température ambiante. Une graisse est solide (ou semi-solide) à température ambiante, alors qu'une huile est liquide. Cependant, cette règle générale n'est pas toujours respectée car la température ambiante varie largement dans le monde entier et le terme graisse est souvent utilisé pour désigner les lipides de tout type (Hartel *et al.*, 2018).

Les graisses et les huiles proviennent de diverses sources, y compris les animaux (saindoux, suif, etc.), les ruminants (par exemple la graisse de lait), les animaux marins (huiles de poisson) et les sources végétales (Lecerf, 2011). Les huiles provenant de sources microbiennes deviennent également de plus en plus importantes dans l'industrie alimentaire. Les plus importants dans la fabrication des crèmes sont les graisses végétales, bien que la matière grasse du lait (bovine) joue également un rôle important (Hartel *et al.*, 2018).

II.1.2. Différents classes des huiles

Parmi les plus courantes, se distinguent plusieurs huiles (Lecerf, 2011):

- a- **Les huiles à teneur élevée en acide oléique (oméga 9):** Notamment l'huile d'olive, de colza... Certaines sont donc à la fois riches en acide linoléique et en acide alpha-linolénique (soja), ou en acide oléique et en acide alpha-linolénique (colza).
- b- **Les huiles à teneur élevée en acides gras saturés,** dont l'huile de palmiste, de coprah... qui sont riches en acide gras à chaînes moyennes.

Les huiles végétales se définissent essentiellement par leur composition en acides gras. Aucune ne contient un seul type d'acides gras : il s'agit toujours d'une association complexe. Les huiles végétales n'ont cependant pas une composition fixe, car elles varient selon les arrivages, la génétique et la culture des plantes (Lecerf, 2011).

Le tableau 4 présente la teneur en acides gras des graisses concrètes. Elles sont issues:

- du palmier à huile et aboutissent à deux types d'huile, l'huile de palme obtenue à partir de la chair du fruit, alors que l'huile de palmiste est dérivée de sa noix, ou amande (kernel en anglais);
- de la noix de coco, fruit du palmier cocotier, à partir du coprah (pulpe blanche provenant du lait de coco), de la noix de karité, et enfin des fèves de cacao dont est tiré le beurre de cacao.

Tableau 4. Teneurs en acides gras des graisses concrètes (en pourcentage des acides gras totaux) (Lecerf, 2011).

	Palmiste	Coprah	palme
Acides gras saturés	82	94	44-55
Acide gras à chaînes moyenne			
– Acide laurique	47,5	47,5	0
– Acide myristique	16,5	18,1	0,5 – 2
– Acide palmitique	8,5	8,8	39,3 – 47,5
– Acide stéarique	2,4	2,6	3,5 – 6,0
Acides gras mono-insaturé	15 – 16	6,2	38 – 45
- Acide oléique	15,3	6,2	36 – 44
Acides gras polyinsaturés	2,5 – 2,4	1,6	9 – 12
– Acide linoléique – Acide alpha-linolénique	0,1	-	< 0,5

Il est intéressant de noter la présence en quantité importante d'acides gras à chaînes moyenne dans l'huile de palmiste et coprah (utilisation de l'huile de palmiste dans la production de notre crème végétale ABIA FOOD®), ce qui lui confère une digestibilité élevée car les étapes de constitution des micelles, d'hydrolyse lipasique et de passage lymphatique sont court-circuitées pour ces acides gras, directement absorbés sous forme de triglycérides (Lecerf, 2011).

L'huile de palmiste est utilisée dans les formulations pour la margarine et les huiles de cuisson, étant particulièrement utile pour les graisses de biscuit, et les crèmes végétales (Cornelius, 1977).

II.2. Huile de palmiste

II.2.1. Botanique de la plante palmier

Les palmiers, définis comme « principes plantarum » par linné, à cause de leur port majestueux et leur épaisse couronne de feuilles (figure 3), représentent une des plus grandes familles d'angiospermes monocotylédones et comprennent environ 2500 espèces, réunies en 215 genres.



Figure 3. Feuillage d'*Elaeis guineensis*, palmier à huile (Dupont et Guignard, 2015).

II.2.2. Le genre palmier à huile (*Elaeis*)

Le terme génétique dérive du grec *elaia* = olive, en raison des fruits riches en huile. Le genre *Elaeis* est composé de plusieurs espèces dont: *E. dybowskii* Hua, *E. macrophyla* A. chevalier, *E. guineensis* Jacq. C'est d'*Elaeis guineensis* Jacq que nous avons tiré notre huile de palmiste dérivée de sa noix, ou amande (Dupont et Guignard, 2015).

II.2.3. Description de la noix : La noix est une drupe avec un mésocarpe charnu et huileux, elle est longue de 2-3cm, de couleur rougeâtre. La noix de palme contient la graine ou amande ou palmiste, la graine contient 43 à 51% d'huile.

Drupe : c'est un fruit charnu; l'épicarpe ou exocarpe est une pellicule; le mésocarpe est pulpeux, l'endocarpe dur et lignifié est le noyau qui renferme la graine.

II.3. Caractères physico-chimiques de l'huile

II.3.1. Caractères organoleptiques de l'huile de palmiste

L'huile de palmiste est de couleur blanc-jaunâtre ; c'est une huile douce avec une saveur agréable qui dégage une odeur semblable à celle du coco.

a- Les propriétés physiques

L'huile de palmiste a une consistance solide et crémeuse au dessous de 20°C. Elle fond vers 34 et 35°C.

Elle est insoluble dans l'eau et soluble dans les solvants organiques. La chaîne carbonée de ces acides gras est de plus de 10 atomes de carbone ce qui explique la consistance solide de l'huile de palmiste à température ambiante.

b- Utilisation

Les graines d'*Elaeis guineensis Jacq* fournissent une huile végétale de qualité très prisée, elle est utilisée dans divers buts : Utilisation à but alimentaire (sous forme de margarine de beurre végétale d'huile partiellement hydrogénée), utilisation en cosmétique (huile pour les cheveux) utilisation thérapeutique (la prévention des manifestations de déficit de la vitamine A) .

II.4. Caractérisation des crèmes végétales déshydratés :

II.4.1. Granulométrie

Comme dans toute émulsion, la taille des gouttelettes dispersées (granulométrie) est un paramètre clé de la caractérisation des crèmes car il présente un impact non négligeable, d'une part, sur d'autres propriétés physico-chimiques telles que la rhéologie et la stabilité, et d'autre part, sur les propriétés sensorielles telles la texture et la couleur des crèmes, comme le suggèrent les travaux de McClements (1999).

La mesure de la taille des gouttelettes lipidiques présentes dans les crèmes peut s'effectuer à l'aide de différentes techniques telles que la microscopie, la diffraction laser, l'extinction ultrasonique, etc. (Anihouvi *et al.*, 2012). Les facteurs pouvant influencer la granulométrie des crèmes incluent aussi bien les paramètres liés à la formulation que ceux liés au procédé d'émulsification (Hartel *et al.*, 2018).

II.4.2. Rhéologie

La détermination des propriétés rhéologiques des produits alimentaires est d'une grande importance car elle permet de prévoir leur comportement mécanique non seulement au cours des différentes étapes de l'élaboration de l'aliment, mais également au cours de son stockage. En outre, les propriétés rhéologiques sont à l'origine des comportements perçus lors de l'évaluation sensorielle de la texture. La rhéologie des crèmes est mesurée au moyen de viscosimètres (Anihouvi *et al.*, 2012).

II.4.3. Stabilité

Plusieurs études ont mis en évidence les mécanismes traditionnels de déstabilisation physique des émulsions dans les crèmes aussi bien végétales que laitières (Granger *et al.*, 2005b)

Les agents stabilisants sont habituellement utilisés dans la formulation des crèmes pour augmenter la viscosité des crèmes et donc leur stabilité. Ceci à travers l'augmentation de la viscosité de leur phase aqueuse

II.5. Chimie des huiles utilisées

L'élément de base des graisses naturelles est la chaîne aliphatique ou hydrocarbure, une molécule organique composée d'atomes de carbone liés les uns aux autres (et les molécules d'oxygène et d'hydrogène) dans une chaîne (Anihouvi *et al.*, 2012).

A/ Les acides gras

Les acides gras sont des molécules d'hydrocarbure avec un acide carboxylique à une extrémité, comme le montre la figure 6. Les acides gras se distinguent par la nature de la chaîne carbonée par la longueur de la chaîne, le degré d'insaturation ou l'orientation des doubles liaisons insaturées. Les acides gras peuvent avoir des longueurs de chaîne différentes, composées de nombres de carbone de 4 à 22 (Bockisch *et al.*, 1998).

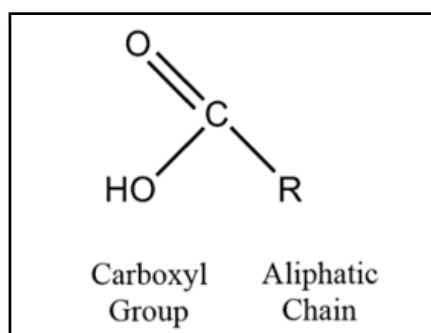


Figure 4. Structure générique d'un acide gras, où R est une chaîne aliphatique (Bockisch *et al.*, 1998).

La graisse de lait contient une large gamme d'acides gras, de 4 à 20 atomes de carbone. La graisse de lait est quelque peu unique parmi les graisses naturelles en raison de la teneur assez élevée en acides gras à chaîne courte (C4-C8). Les graisses végétales, telles que l'huile de palmiste, contiennent principalement des acides gras à moyenne chaîne (C8 ou C16). Les graisses végétales utilisées dans l'industrie des crèmes sont souvent classées en fonction de la composition prédominante en acides gras (Hartel *et al.*, 2018) .

B/ Glycérides

Bien que les acides gras libres soient les constituants principaux des lipides, on les trouve principalement estérifiés à une molécule de glycérol sous la forme de glycérides. La molécule de glycérol forme l'épine dorsale de la glycéride et contient un, deux ou trois acides gras, chacun étant estérifié à l'un des atomes de carbone du glycérol (figure 5). Bien que souvent appelés mono-, di- et triglycérides, ceux-ci sont plus correctement appelés mono-, diacylglycérols (Hartel *et al.*, 2018).

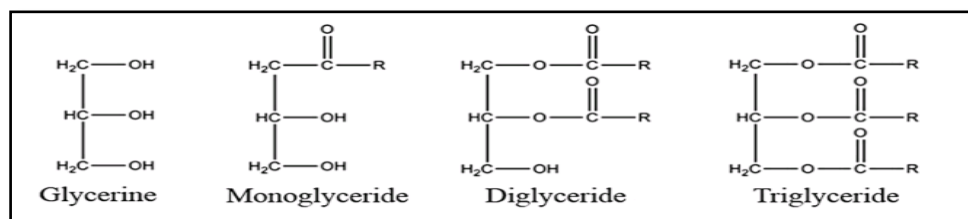


Figure 5. Structures de glycérides, où R peut être n'importe quelle chaîne aliphatique (Hartel *et al.*, 2018).

Après raffinage, la plupart des graisses naturelles sont principalement des triacylglycérols (TAG), contenant entre 95% et 99% de TAG avec seulement quelques pour cent d'autres lipides (Hartel *et al.*, 2018).

Les acides gras saturés représentent environ 80 - 82% de la composition de l'huile de palmiste et 94% de la composition de l'huile de coprah (tableau4). Cependant, les autres AG, en particulier ceux ayant des points de fusion plus bas, jouent un rôle important dans les propriétés physico-chimiques (Hartel *et al.*, 2018).

C/ D'autres lipides

Bien que les TAG soient les principaux composants d'importance dans les graisses naturelles, les composants mineurs peuvent parfois être importants pour les propriétés physico-chimiques de la graisse. Les lipides mineurs comprennent les acides gras libres, les mono- et diglycérides, les stérols et les phospholipides, entre autres. Ces composants peuvent potentiellement influencer le comportement polymorphe et les vitesses de cristallisation à travers leurs interactions à la surface du cristal (Hartel *et al.*, 2018).

Étant donné que ces lipides mineurs tendent également à être plus polaires que le TAG, ils peuvent également avoir des propriétés tensio-actives qui influencent les propriétés rhéologiques des graisses (Hartel *et al.*, 2018).

II.6. Emulsifiants

II.6.1. Définition

Les émulsifiants, ou agents tensio-actifs, sont largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire parce qu'ils servent à de nombreuses fins de la promotion de l'émulsification dans les caramels à la réduction de la viscosité des chocolats, les émulsifiants procurent des avantages substantiels dans les produits de confiserie et les technologies de transformation (Lecerf, 2011).

Les émulsifiants alimentaires sont principalement des ester partiels de polyols et d'acides gras ou d'acides organiques hydrosolubles, obtenus par trans-estérifications entre triglycérides et glycérol. Ils peuvent être utilisés comme agent émulsifiant et moussant. Protéines et émulsifiants sont à la fois moussants et émulsifiants, leurs comportements respectifs aux interfaces sont sensiblement différents (figure 6) (Suman *et al.*, 2009).

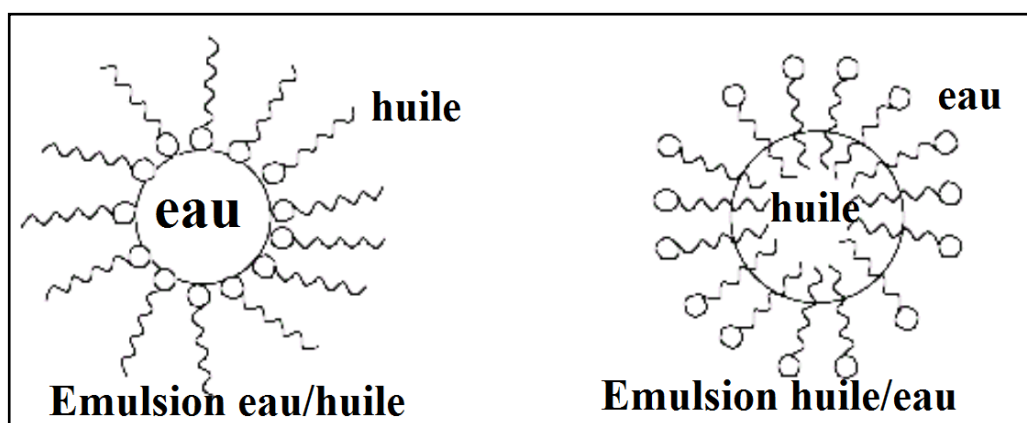


Figure 6. Représentation schématique de l'adsorption d'un émulsifiant (Suman *et al.*, 2009).

Les principales différences de propriétés inter-faciales entre émulsifiants et protéines sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 5. Comparaison quantitative des propriétés inter-faciales des émulsifiants et des protéines (Suman *et al.*, 2009).

Propriétés interfaciales	Emulsifiants	Protéines
Quantité adsorbée (mg.m ²)	1-2	2-3
Adsorption	Reversible	Difficilement réversible
Affinité à l'interface	Faible	Forte
Epaisseur du film	40	4
Elasticité de surface du film	Faible	Forte
Viscosité	Faible	Forte
Taille des bulles d'air dans la mousse	Grande	Petite

Contrairement aux protéines du lait qui sont hydrosolubles, l'efficacité d'un émulsifiant est avant tout liée à sa différence de solubilité entre la phase liquide et la phase organique. La stabilité de tout agent tensioactif est caractérisé par sa balance hydrophile-lipophile ou HLB. (Hartel *et al.*, 2018). La valeur de la HLB peut être calculée en utilisant la relation suivante :

$$HLB = 7 + \sum \text{nombre de groupes hydrophiles} - \sum \text{nombre de groupe lipophiles}$$

En pratique, ce paramètre est défini comme un rapport massique sur la molécule considérée:

$$HLB = \frac{\text{Masse de la partie hydrophile}}{\text{masse totale}} \times 20$$

Les valeurs de la HLB de chaque émulsifiant s'échelonnent entre 1 et 20. Une valeur faible de la HLB indique un émulsifiant lipophile, tandis qu'une HLB élevée traduit un comportement hydrophile (Hartel *et al.*, 2018).

La HLB est généralement utilisé pour définir la gamme d'utilisation pratique de l'émulsifiant (tableau 6)

Tableau 6. Utilisation courante des émulsifiants en fonction de leur HLB (Labbafi, 2006).

HLB	Application
1-4	Dispersant de la matière grasse
3-6	Formation d'émulsions E/H
7-9	Mouillants rapides
8-13	Formation d'émulsions H/E
13-15	Détergents
15-18	Solvant des matières grasses

II.6.2. Utilisation d'émulsifiants dans les crèmes

Un émulsifiant est une molécule qui a à la fois des composants hydrophobes (hydrophobes ou hydrophiles, parfois appelés lipophiles) et hydrophiles (aimant l'eau) sur la même molécule. En tant que molécule capable de faire le pont entre les phases aqueuse et huileuse, un émulsifiant peut conférer une stabilité à deux phases qui ne se mélangeraient normalement pas ensemble. (Hartel *et al.*, 2018)

Une visualisation très simple d'une molécule d'émulsifiant est montrée à la figure 10. La partie hydrophile de la molécule est attirée vers la phase aqueuse tandis que l'aspect lipophile de la molécule est attiré vers la phase huileuse. Ainsi, l'émulsifiant se trouve à une interface huile-eau avec le groupe hydrophile (aimant l'eau) du côté aqueux et le groupe lipophile (affectant les lipides) du côté pétrole de l'interface. Ce faisant, l'émulsifiant réduit la tension inter-faciale de l'interface huile-eau (Hartel *et al.*, 2018).

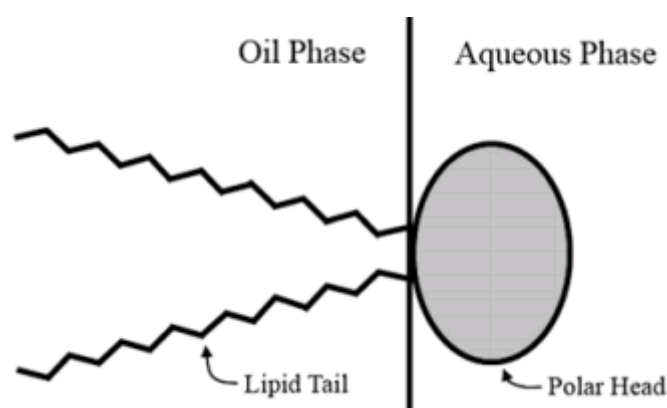
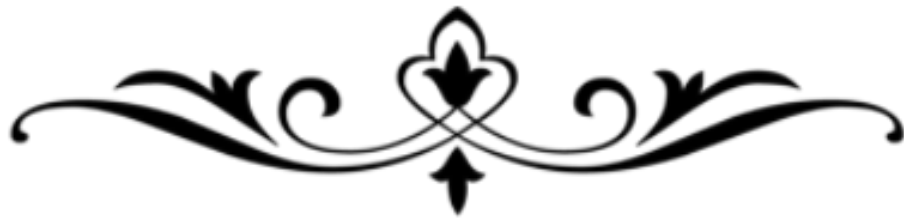


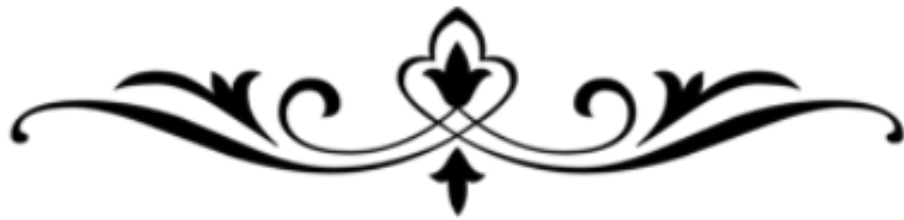
Figure 7. Représentation schématique ou orientation d'une molécule d'émulsifiant à une interface huile-eau (Hartel *et al.*, 2018).

II.6.3. Rôle

Les émulsifiants jouent plusieurs rôles importants dans les crèmes, ils jouent un rôle essentiel dans le contrôle de la viscosité du produit. De plus, les émulsifiants peuvent agir comme inhibiteurs de prolifération de bactéries (Hartel *et al.*, 2018).



Chapitre III :
Matériels et méthodes



Nous avons démontré dans la partie bibliographique les différences entre une crème fraîche laitière et une crème végétale, l'émulsion de la crème n'est pas proportionnelle à la matière grasse qu'elle contient. Bien au contraire, la crème végétale est à une valeur énergétique proche de la crème fraîche laitière, et peut être mieux si on en consomme modérément finalement l'impact de cholestérol sera soit nul soit extrêmement faible soit même meilleur que avec d'autres corps gras.

Notre travail a été réalisé au sein de l'entreprise ABIA FOOD, en particulier dans le laboratoire de microbiologie et chimie. La partie pratique permis de faire le point sur la manière de fabrication des crèmes végétales et l'influence des différents paramètres de formulation et de procédé sur les propriétés physico-chimiques des crèmes, en se focalisant particulièrement sur la crème végétale tout en comparant avec une crème fraîche laitière trouvé sur le marché Algérien.

Le but de ce travail est :

- Rechercher la possibilité de produire la crème en utilisant une huile végétale hydrogénée;
- Essayez de trouver une recette qui contient le moins d'additifs alimentaire;
- Tenter de créer un système stabilisant pour la crème végétale qui les rendre alternative a la crème fraîche laitière.

III.1. Description de l'entreprise

La société *ABIA FOOD*® nous a proposé un sujet dans le domaine biotechnologie (biotechnologie alimentaire, agroalimentaire). Le domaine des crèmes végétales est devenu en quelques années une partie importante pour les entreprises, aussi bien du point de vue économique, sanitaire et technologique.

Le SARL *ABIA FOOD*® situé au Village Oulhcilili, commune d'Ighram, Daira d'Akbou, wilaya de Bejaia, actif dans le domaine agroalimentaire plus précisément produits alimentaires spécialisés (gros) cacao (importation, gros) et alimentation: additifs, arômes, levures (fabrication, gros) et fabrication des différents crème déshydraté (crème glacé, crème chantilly, crème foutée ... etc).

III.2. Description du produit

La crème végétale *ABIA FOOD*® est un produit étudié pour toutes préparations de cuisine qui nécessitent d'une recette qui puisse rendre l'ensemble le plus similaire au crème laitière que possible. On parle de crème à base d'une matière grasse végétale, de stabilisants et

surtout d'émulsifiants, qui vont d'incorporer bien les différents ingrédients sans risquer leur séparation après la cuisson et sans que les additifs apportent un goût trop marqué.

La crème *ABIA FOOD*[®] est aussi un produit avec gras végétal hydrogéné, dont l'industriel doit donc maîtriser les multiples paramètres physico-chimiques pour proposer une crème de grande qualité sanitaire, organoleptique et nutritionnelle.

III.3. Matériel :

III.3.1. Equipements et petits matériels de laboratoire

Les principaux équipements et matériels de laboratoire utilisés dans le cadre de ce travail sont listés ci-dessous.

- Balance de précision, *Precisa*[®] JB 12000C (portée = 2100 g sensibilité = 0,1 g), (Suisse);
- Agitateur magnétique *Stuart*[®] : Max 2000 rpm , utilisation jusqu'à 450°C, (UK);
- Etuve *Memmert* (Allemagne);
- pH-mètre *HANNA*[®] HI 2210 avec des électrodes combinées (États-Unis);
- Dessiccateur *Precisa*[®] XM60 : Précision 0,1mg/0,001% (Suisse);
- Viscosimètre *Brookfield*[®] programmable séries DV2T EXTRA ; Affichage des paramètres suivants: viscosité, température, contrainte et taux de cisaillement, % torsion, vitesse/mobile ; Gamme de vitesse: 0,1 à 200 tr/min ; Précision : +/-1% (Canada).
- Microscope optique
- Verrerie: fiole conique de 100 ml, pipette jaugée de 10 ml, burette graduée de 25 ml, bécher.
- Petits matériels: spatule,

III.3.2. Milieux de culture et réactif

- gélose EMB;
- Gélose MRS;
- Rouge soudan;
- phénolphtaléine ;

III.3.3. Formule de la crème fraîche végétale

La formulation de base des crèmes végétales, est composée de:

=> Phase grasse (huiles végétales): elle dépasse rarement 60% du poids total de l'émulsion H/E, dans notre crème la matière grasse végétale a 70% (huile de palmiste) ;

=> Poudre de lait environ 20% ;

=> Des émulsifiants (E471);

=> Tensioactifs dont le choix repose sur le type d'émulsion;

=> Agents conservateurs antimicrobiens (obligatoires);

=> Agents conservateurs antioxydants (parfois);

=> Aromatisants (souvent);

=> Améliorants;

=> Sel.

Après plusieurs essais, nous allons trouver les concentrations souhaitées pour notre crème végétale, en raison de la confidentialité du produit, nous ne pouvons pas donner les concentrations de chaque ingrédient, mais nous avons mentionné la formule standard.

III.3.4. Mode opératoire

1) Les critères de choix des ingrédients :

- Critères de choix de matière grasse végétale:

L'écrasante majorité des émulsions laitière est formulée à partir de matière grasse laitière. Cette dernière est principalement composée de triglycérides (environ 96 – 99% selon l'origine) qui sont des triesters d'acides gras saturés et insaturés, se qui est présent dans l'huile de palmiste et coprah. La présence de quantité importante d'acides gras à chaînes courte et moyenne (tableau 3) dans ces deux dernières huiles est le premier caractère qui nous a permis de les choisir comme alternative à la grasse laitière.

- Critère de choix d'émulsifiant

Les émulsifiants alimentaires sont principalement des ester partiels de polyols et d'acides gras ou d'acides organiques hydrosolubles, obtenus par trans-estérifications entre triglycérides et glycérol. Ils peuvent être utilisés comme agent émulsifiant et moussant (Everett, 2007).

On distingue les émulsifiants non ioniques et des émulsifiants ioniques qui peuvent être chargés positivement ou négativement (cationique ou anionique). Les plus utilisés dans les produits laitiers sont les mono- et di-glycérides d'acides gras « E471 » qui peuvent être saturés ou partiellement insaturés et qui sont également parmi les moins coûteux, ainsi que les esters lactiques de mono-glycérides (Suman, 2009).

- Critère de choix de stabilisant

Divers stabilisants (agar, xanthane, etc.) sont employés dans la formulation des émulsions H/E, mais ce sont les carraghénanes qui sont les plus utilisés dans les crèmes, soit seuls, soit en mélange avec d'autres hydrocolloïdes (caroube, xanthane, etc.).

2) Préparation de la poudre

Les différents constituants de la formulation sont pesés à l'aide d'une balance appropriée (balance analytique), bien équilibrée et préalablement calibrée, on pèse dans un récipient toute la poudre.

3) Préparation de la crème fraîche

Au niveau de laboratoire où on prépare de petites quantités, la fabrication est habituellement réalisée dans des casseroles.

Nous pesons les ingrédients de faible concentrations (Améliorants, sel, agents conservateurs...) puis les concentrations élevées (huile de palmiste et PDL) afin d'éviter l'erreur dans la balance (figure 8 a). Uniformisé les granules à l'aide d'un tamis (tamisage) et Nous mélangeons les ingrédients dans un sac fermé afin que nous puissions créer un mélange homogène (figure 8 b).

Nous pesons 100g de la poudre préalablement préparée dans 303 ml d'eau on porte le mélange à ébullition (la température peut atteindre les 90°C) avec mélange continu (figure 8 c). Après la préparation on verse la crème dans le flacon à proximité d'un bec benzène (figure 8 d).

Au niveau industriel où les quantités à produire sont plus importantes, une agitation suffisamment intense est nécessaire pour obtenir des ingrédients bien mélangés.

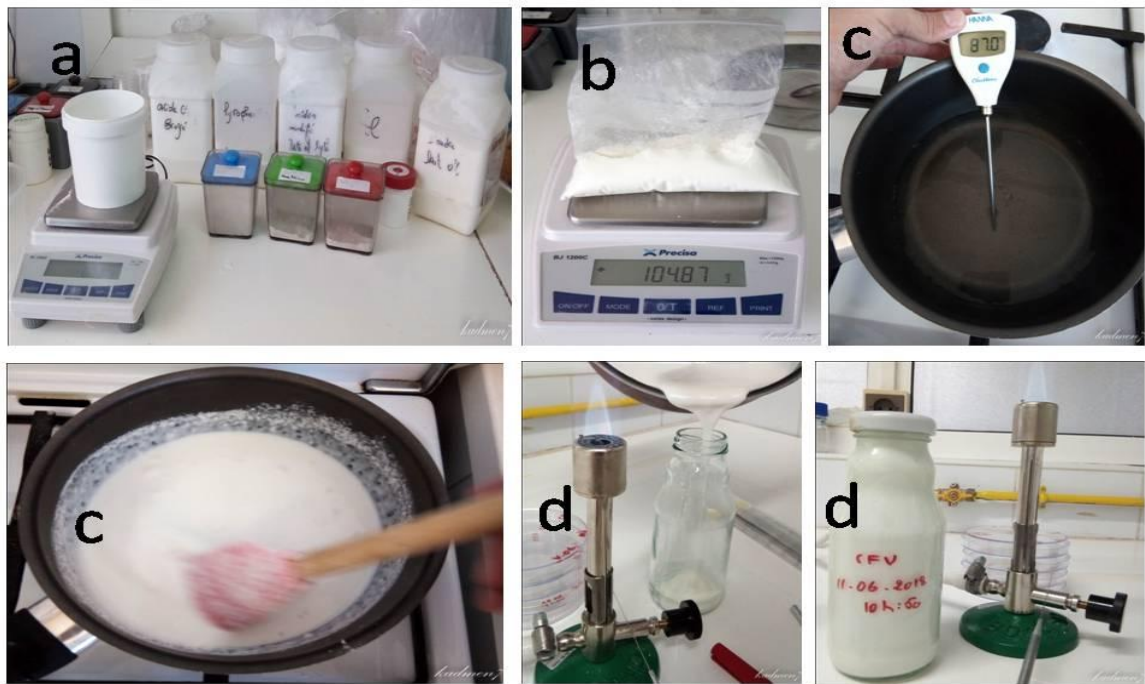


Figure 8. Les étapes de préparation de la crème végétale.

III.4. Analyses microbiologiques (de conformité)

III.4.1. Préparation des dilutions

Les dilutions décimales sont préparées en mélangeant 1ml de la crème avec 9 ml d'eau peptonée stérile à 0,1%.

III.4.2. Recherche des coliformes totaux et thermo-tolérants (*Escherichia coli*)

La gélose EMB (gélose éosine bleu de méthylène) est utilisée pour isoler et identifier les *Escherichia coli* et *Enterobacter*, ainsi que les bactéries intestinales à Gram négatif dans les produits pharmaceutiques, les produits laitiers et les autres produits alimentaires.

❖ Mode d'emploi

- Refroidir et maintenir le milieu à 44-47°C;
- Bien agiter de façon à oxyder le bleu de méthylène et assurer la mise en suspension homogène du précipité;
- Couler en boîtes de Petri stériles;
- Laisser solidifier sur une surface froide;
- Faire sécher les boîtes à l'étuve, couvercle entrouvert;
- Ensemencer en stries l'inoculum;
- Incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

III.4.3. Recherche des bactéries lactiques

III.4.3.1. La recherche des *Lactobacillus*

La gélose MRS (de De Man, Rogosa et Sharpe) est utilisée pour la culture et le dénombrement des *Lactobacillus* dans les produits laitiers et les autres produits alimentaires. Ce milieu permet de cultiver des germes à croissance ralentie tels que *Lactobacillus brevis* et *Lactobacillus fermentum*. D'après la norme NF ISO 15214 pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles, la gélose MRS doit être utilisée à pH 5,7 (J.O.R.A, 2017).

❖ Mode d'emploi

- Refroidir et maintenir le milieu à 47°C;
- Transférer 1 ml du produit à analyser et de ses dilutions décimales dans des boîtes de Petri stériles;
- Couler 15 ml de milieu;
- Homogénéiser parfaitement;
- Laisser solidifier sur une surface froide;
- Placer les boîtesensemencées dans les conditions spécifiées dans le mode opératoire choisi;
- Incuber à 30 ou 37°C pendant 2 à 5 jours selon le germe recherché.

III.5. Analyse physico-chimique

Ces analyses sont les points principaux de notre recherche a cause de quelque paramètres, premièrement parce que le produit fini est déshydraté ($AW=0$) donc y'a pas un développement de la flore bactérienne, deuxièmement la granulométrie des particules joue un rôle essentiel dans la viscosité de notre produit, et les paramètres physico-chimiques comme le pH améliorent énormément la stabilité de produit souhaitée.

III.5.1. Détermination de l'extrait sec

Dessiccateur *Precisa*® XM60 : Précision 0,1mg/0,001%

❖ Mode d'emploi

- Mettez l'appareil en mode pesée, vous pouvez définir la pesée de l'échantillon avec précision (0.001) (figure 9 a);
- Préparez toujours un seul échantillon pour la prise de mesure, dans notre cas on met 1g de la crème;

- Répartissez l'échantillon en couche mince et uniforme sur la coupelle aluminium afin d'obtenir des résultats (figure 9 b);
- Avec l'analyseur d'humidité, la température de dessiccation se règle à un niveau plus bas que celui requis par la méthode de dessiccation en armoire (figure 9 c).

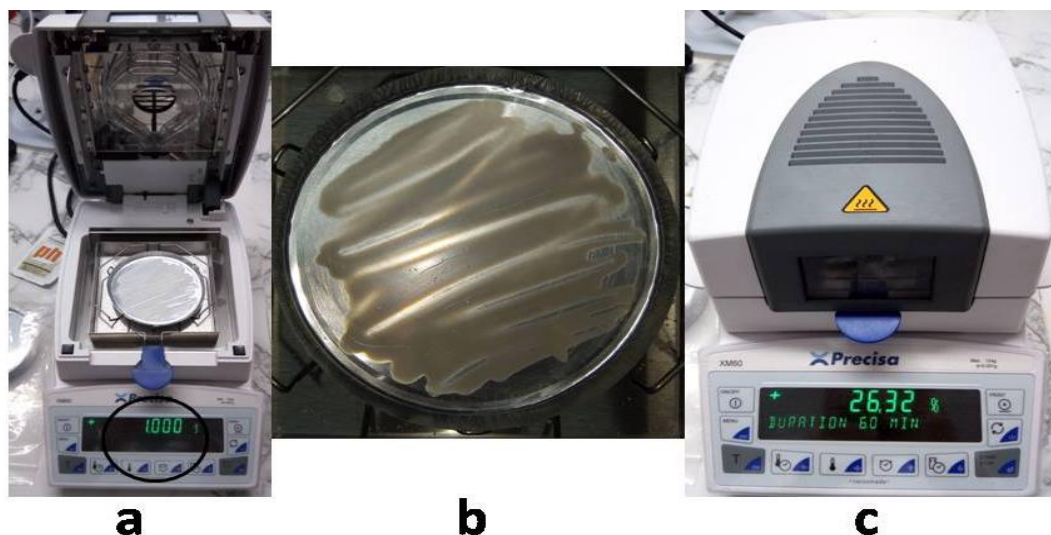


Figure 9. Les étapes de détermination de l'extrait sec total.

III.5.2. Détermination du taux d'humidité

L'analyseur d'humidité présente deux menus principaux : le menu de configuration et le menu d'application. Le menu de configuration vous permet de définir les paramètres spécifiques à l'appareil et l'agencement du protocole de dessiccation. Pour cela, vous pouvez utiliser soit la configuration de base préprogrammée en usine, soit définir et sauvegarder une configuration utilisateur adaptée à vos besoins particuliers. Le taux d'humidité (Hm) est calculé selon la formule suivante :

$$Hm = 100 - EST$$

III.5.3. Contrôle de l'homogénéité

Ce paramètre est étudié macroscopiquement ou d'un microscope, de la distribution granulométrique de l'émulsion.

III.5.4. Coloration des lipides

Pour mettre en évidence la proportion d'huile dans ces deux crèmes, on utilise un colorant spécifique aux lipides (Rouge soudan), constituants des matières grasses.

❖ Mode d'emploi

- Dépôt d'une petite quantité de crème sur une lame de verre ;
- Prélèvement de Rouge Soudan III, colorant spécifique aux lipides (Figure 10 a);
- Dépôt d'une goutte de colorant sur la goutte de crème (Figure 10 b);
- La lamelle de verre est positionnée de telle manière qu'un de ses bords touche l'ensemble du liquide (Figure 10 c);
- La lamelle de verre est déposée sur le liquide à observer (Figure 10 d);
- L'observation au microscope (x40) nous permet de relever le résultat du montage entre lame et lamelle des deux crèmes et du colorant.

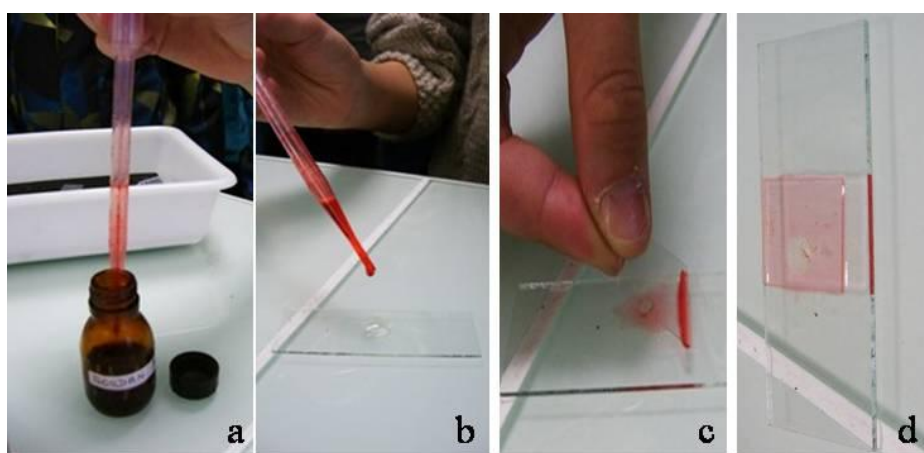


Figure 10. Les étapes de colorations des lipides.

III.5.5. Détermination du pH

Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance, il est déterminé à partir de la quantité d'ions H^+ contenu dans l'échantillon. Le résultat d'une mesure du pH est défini par les quantités d'ions H^+ et OH^- présents dans l'eau.

Elle est effectuée, grâce à des réactions colorées ou à l'utilisation de pH-mètres directement sur l'émulsion ou après dilution (à environ 10 %) dans de l'eau distillée. Elle est importante parce que le pH influence la stabilité des émulsions.

La mesure du pH a été réalisée avec un pH-mètre HANNA HI 2210 en introduisant directement les deux sondes (pH et température) dans les échantillons (crèmes fraîches laitière et crème végétale) à une température de 20 à 25°C.

III.5.6. Détermination de l'acidité titrable

Principe

La détermination de l'acidité par cette méthode consiste à mettre en solution une prise d'essai (environ 100ml) de la crème neutralisée par une solution d'hydroxyde de potassium en présence de phénolphtaléine.

❖ Mode d'emploi

- Peser 10g de la crème dans un petit bécher avec l'ajout de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine;
- Solubiliser avec de l'eau distillée ;
- Faire le titrage à l'aide de la solution de la soude caustique à 0,1N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle,
- Noter le volume de chute de la burette.

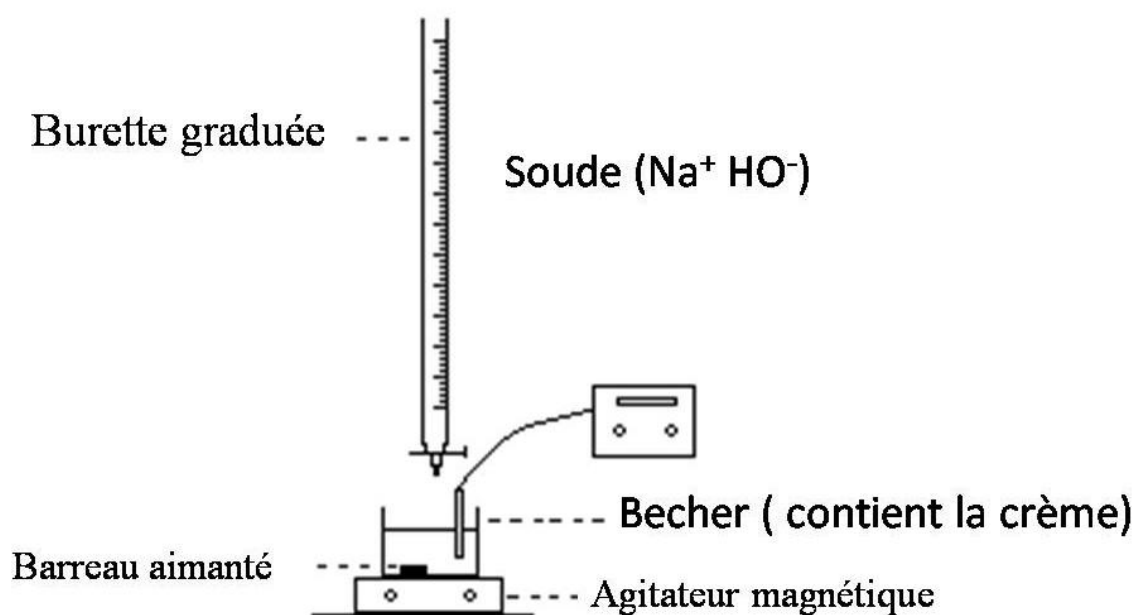


Figure 11. Protocole de l'acidité titrable.

Calculer l'acidité de la crème végétale selon la loi suivante:

$$A\% = (N \times V \times \text{Eq.g acide acétique} / 100) / p \times 100$$

Où :

- A: acidité exprimée en %,
- N: normalité du NaOH utilisé (0.1 N),

- V (ml): volume du NaOH utilisé, (0.3 pour la crème fraîche lactière et 0.7ml pour la crème végétale)
- Eq.g : équivalent grammes de l'acide acétique (256 g/mole),
- p : masse de la prise d'essai en g. (p=10g)

❖ **Méthode Dornic**

Nous allons doser l'acidité d'une crème fraîche selon la méthode Dornic. C'est-à-dire qu'il réalise le titrage à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) à $0,111 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, appelée soude Dornic. Il prélève 10g de la crème fraîche lactière, y ajoute deux gouttes de phénolphthaléine et verse la soude Dornic goutte à goutte en agitant le mélange, jusqu'à obtenir une couleur rose pâle. Le volume de soude versée est alors de $2,1 \pm 0,1 \text{ mL}$.

Pour déterminer l'acidité de la crème lactière il faut déterminer son acidité Dornic. Elle a utilisé une solution d'hydroxyde de sodium telle que :

$$C1 = 0,111 \text{ mol/L}$$

et à l'équivalence, elle a versé $V1 = 2,1 \text{ mL}$.

III.5.7. Etudes rhéologiques des crèmes

L'étude rhéologique a été utilisée pour caractériser toutes les préparations qui étaient homogènes (stables sans séparation de phases) au moment de la réalisation (0 jour) mais aussi, pour étudier l'évolution de la consistance des crèmes au cours de la conservation.

a. Description de Viscosimètre

Le viscosimètre utilisé est le plus polyvalent de la gamme *Brookfield*® (figure 12 a) avec un écran tactile, une sonde de température incluse, affichage de plusieurs paramètres et un interface USB pour un pilotage possible du viscosimètre et export des données vers un programme de tests personnalisés avec le logiciel PG Flash inclus.

En option : logiciel RheocalcT pour l'analyse et impression des données, multiple superpositions des graphiques, modèles mathématiques.

❖ **Mode d'emploi**

- On cherche la sonde adéquate pour chaque crème (figure 12. b);

- On met la crème dans un récipient de 250ml spéciale (figure12 c) la préparation était remuée manuellement à l'aide d'une spatule lame de manière circulaire et cela pendant 2 minutes afin d'obtenir un échantillon homogène et représentatif;
- Régler les paramètres (température, contrainte et taux de cisaillement, % torsion, vitesse/mobile ...etc) et le cylindre interne (Spindle 64) était ensuite plongé dans la préparation;
- Lancer le viscosimètre a analyser la crème ou lancer le logiciel RheocalcT dans le cas de viscosimètre lié à l'ordinateur (figure12 d);
- Enregistrer les résultats de viscosité dans la mémoire de viscosimètre ou dans une mémoire externe.

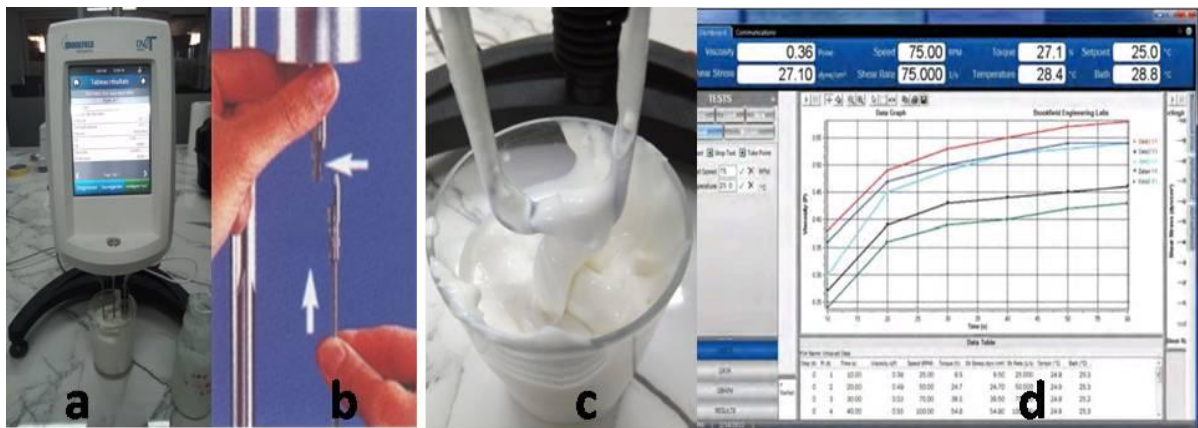
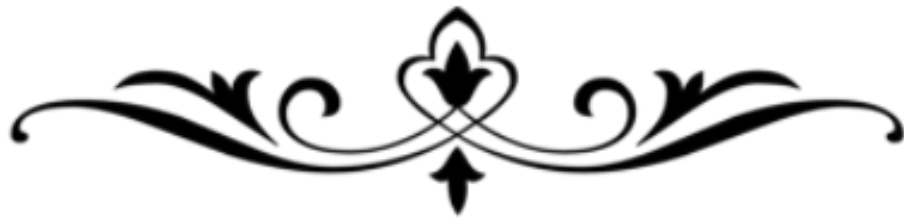
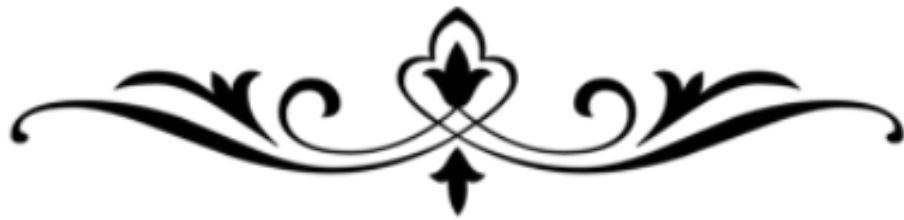


Figure 12. Mode d'emploi de viscosimètre



Chapitre IV :
Résultats et discussion



IV.1. Résultats d'analyses microbiologiques

IV.1.1. Recherche des coliformes totaux et thermo-tolérants (*Escherichia coli*)

Le milieu EMB est très utilisé pour l'isolement des coliformes. Ce milieu contient deux colorants, l'éosine et le bleu de méthylène qui inhibent la majeure partie de la flore Gram+ (sauf Streptocoques). Bien que les Entérobactéries lactose - puissent s'y développer, la culture des Entérobactéries lactose + y est favorisée (Dridier *et al.*, 2009).

Les résultats retrouvés sur milieu EMB après 24h à 37°C sont représentés dans la figure suivante :

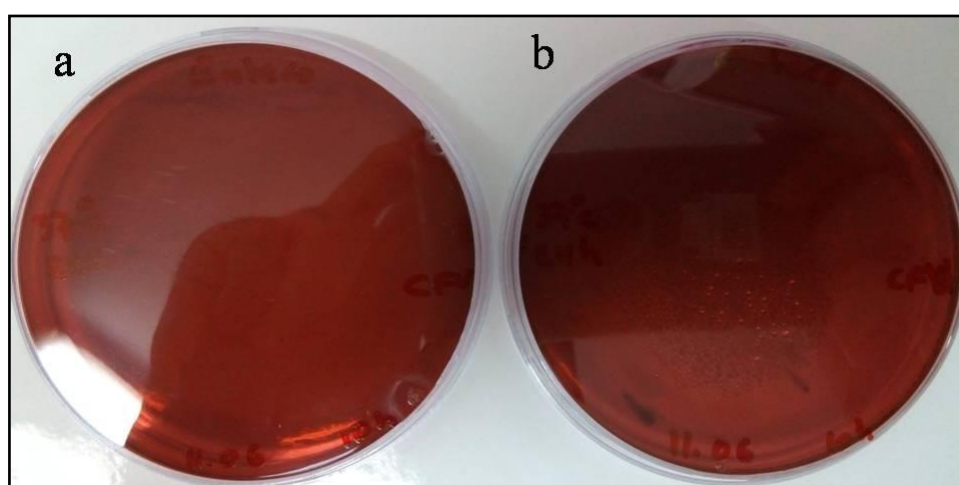


Figure 13. Résultats de recherche d'*E. coli* et Enterobacter ; a: crème végétale b: crème fraîche laitière.

Les résultats montrent que y'a pas de colonies violettes : *E. coli* ni de colonies grisâtres: *Salmonella*, *Shigella*. La première recherche à 37°C sur milieu EMB, montre l'absence de ces bactéries dans les deux crèmes fraîches laitière et végétale.

Une absence de coliformes totaux et fécaux a été enregistrée dans les deux crèmes analysées, ceci est conforme aux normes Algériennes relatives au crèmes de cuisines (sans spécifications particulières) qui tolèrent un taux de 10 UFC/g pour les coliformes totaux et 1 UFC/g pour les coliformes fécaux (J.O.R.A., 2017).

Cependant dans les normes Européennes (Codex alimentarius, 2017), le type de lait ou le type de matière grasse utilisé dans la fabrication des crèmes fraîche et végétale est mentionné obligatoirement et les normes diffèrent selon ces spécifications.

Les deux crèmes analysés présentent une bonne qualité hygiénique, qui serait le résultat du traitement thermique subit (UHT pour la crème fraîche laitière et pasteurisation à 95°C pour la crème végétale) et l'addition d'agents conservateurs : sorbate de potassium (antioxydant) et d'autres additifs alimentaires : acide citrique (régulateur d'acidité)

IV.1.2. Recherche des bactéries lactiques

D'après les testes de recherche nous avons confirmé la présence des bactéries lactiques dans la crème fraîche laitière (Figure 14).



Colonie grisâtre et brillante de *Lactobacillus*

Figure 14. Aspect macroscopiques des souches de *Lactobacillus* lors de l'isolement.

Le taux de la flore lactique était de 10^{-6} , 10^{-7} UFC /g (J.O.R.A, 2017). Cependant, dans la crème végétale analysée, l'absence de cette flore a été constatée. L'absence de la flore lactique serait due à l'augmentation de l'acidité (phénomène de post-acidification), soit aux conditions de réfrigération ($<6^{\circ}\text{C}$) ou aux ruptures de la chaîne de froid.

Aucune réglementation ne préconise une charge de flore lactique spécifique aux fromages frais, la perte de viabilité de la flore lactique au cours de la réfrigération est généralement réduite (Ray, 1996).

Pour la crème végétale, l'absence des bactéries lactiques due d'abord, à l'utilisation de poudre de lait lyophilisée qui est exempte de ces derniers contrairement à celle préparée avec de lait cru. En plus, la préparation de la crème se fait sous des températures très élevées allant jusqu'à 95°C , qui a un effet bactéricide.

Tableau 8. Les résultats et la norme de recherche de *Lactobacillus*

Germe recherché	Mode opératoire	Expression des résultats	Produit concerné	Référence
<i>Lactobacillus</i>	Deux boîtes du milieu MRS sontensemencées et incubées à 30°C 24h à 72h.	Dénombrement des boîtes, dont le nombre est compris entre 30 et 300 et faire la moyenne à la fin	Crème fraîche laitière	10^{-6} , 10^{-7} UFC JORA N° : 39 (2 juillet 2017)

IV.2. Résultats d'analyse physico-chimiques

En raison de la composition chimique diversifiée, il est souvent difficile de caractériser (et d'analyser) de façon précise la composition en TAG des graisses naturelles. Une façon de caractériser les graisses naturelles consiste à séparer TAG en fonction du nombre d'acides gras insaturés qu'elles contiennent (Hartel *et al.*, 2018).

L'huile de palmiste et le l'huile de cacao, par exemple, contiennent une forte concentration de TAG avec un seul acide gras insaturé alors que les huiles d'arachide et de soja contiennent une teneur élevée en TAG avec deux ou même trois acides gras insaturés (dont certains peuvent même être polyinsaturés) (Hartel *et al.*, 2018). C'est cette différence de composition qui conduit à des différences dans les propriétés physico-chimiques. Pour cette raison, nous allons étudier l'analyse physico-chimique en profondeur.

IV.2.1. Détermination de l'extrait sec total (EST)

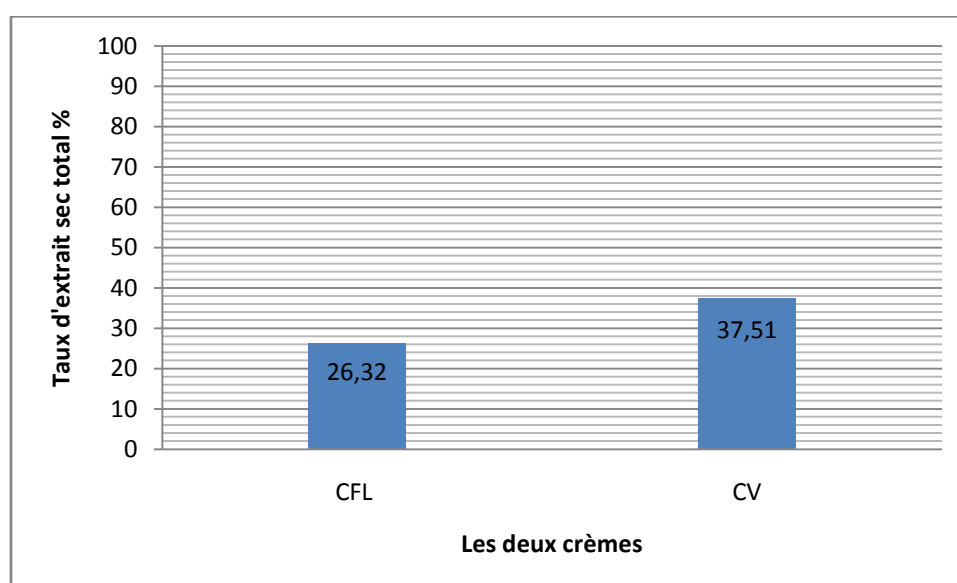


Figure 15. Le taux de l'extrait sec total des deux crèmes.

Les deux échantillons possèdent pas les mêmes valeurs d'extrait sec, celui de la crème végétale est plus élevé, a cause de quantité d'eau ajouté (303ml).

Les résultats illustrés dans la figure 15 montrent que la crème végétale est plus riche en EST que la crème fraiche laitière, cette première à une valeur très proche de celle décrite dans le codex alimentarius qui est de 34%.

La figure 15 illustre les résultats correspondant aux taux des extraits secs. Pour le lait cru, il est de $11,75 \pm 1,05$ %, ce qui répond aux normes requises par la FAO (2010). Après écrémage et avant pasteurisation, il est élevé et vaut $46,83 \pm 2,33$ %.

L'analyse montre qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux taux. L'augmentation du taux de l'extrait sec après écrémage peut être expliquée probablement par l'élimination de l'eau contenue dans le lait écrémé utilisé dans la fabrication de la crème fraiche.

Pour les deux types de crème élaborée (crème fraîche animale et crème végétale) et qui n'ont subi aucun traitement thermique, les résultats montrent que les taux d'extraits secs obtenus sont différents (différence significative). Ce constat s'explique par le fait que les deux préparations ne sont pas issues de la même fabrication, même si leurs extraits secs fluctuent entre 26,32% et 37,51%.

Une diminution significative du taux d'extrait sec est constatée après pasteurisation pour la crème fraiche laitière, cette diminution peut être liée au traitement thermique appliqué sur la crème en favorisant une perte de certains constituants fragiles (Vitamine : B12, thiamine, pyridoxine, etc.). Ces constituants subissent une dégradation par la chaleur en diminuant la concentration des nutriments dans le lait (Anihouvi *et al.*, 2012).

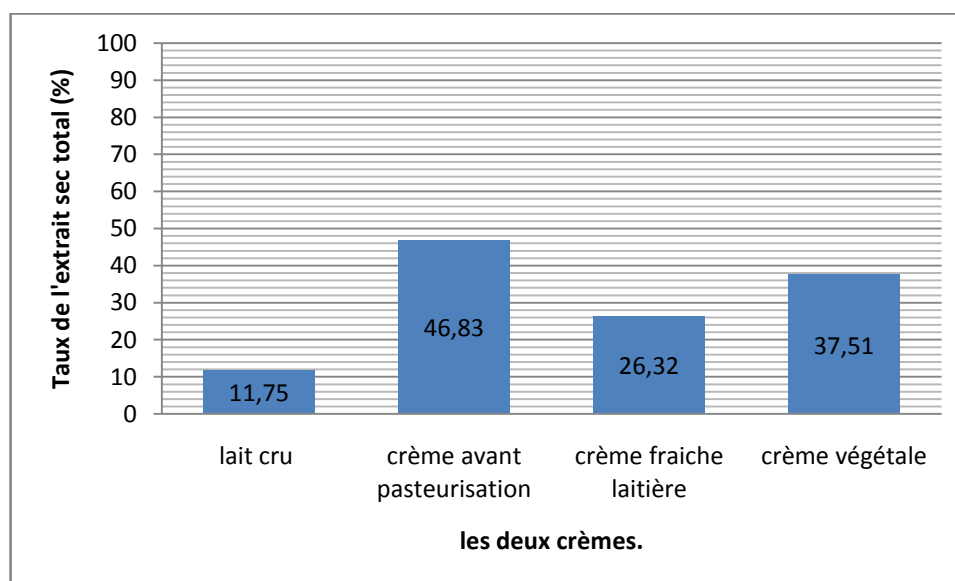


Figure 16. Le taux d'EST des deux crèmes, lait cru et crème avant pasteurisation.

IV.2.2. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité (Hm) est calculé selon la formule suivante :

$$H^{\circ} = 100 - \text{EST}$$

Le terme "humidité" ne se réfère pas uniquement à l'eau, mais également à toutes substances qui s'évaporent sous l'effet de l'échauffement. Outre l'eau, il englobe: les graisses, les huiles, l'alcool, les solvants, etc...

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer l'humidité d'une matière. Celle utilisée par l'analyseur d'humidité est la thermogravimétrie. Cette méthode consiste à peser l'échantillon avant et après son échauffement, la différence de poids donnant l'humidité de la matière.

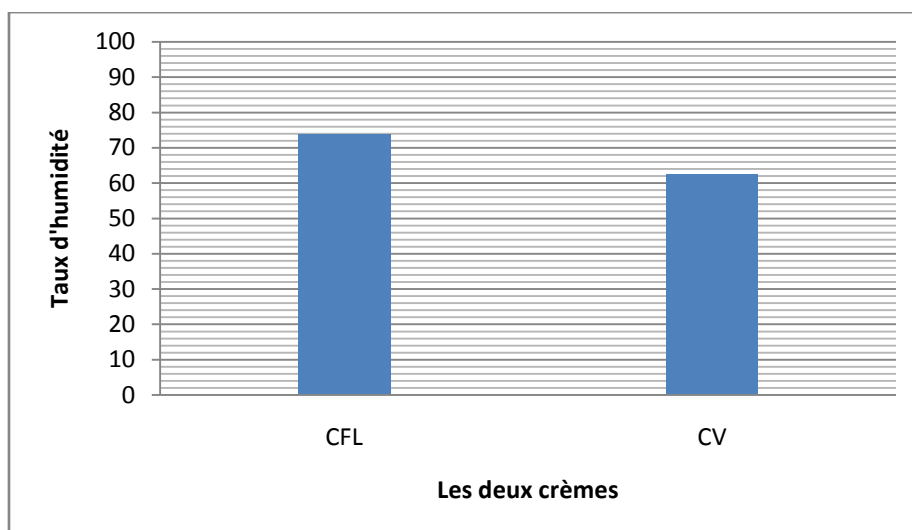


Figure 17. Le taux de l'humidité des deux crèmes.

Selon la 2eme édition de codex alimentarius (2017), les modifications en matière de composition du lait à la crème excédant des teneurs d'humidité minimale et maximale spécifiés pour la matière laitière, la valeur est entre 60-70%, notre crème a une valeur situé dans l'intervalle. D'après les taux d'humidité, on peut dire que la crème végétale est moins humide.

IV.2.3. Contrôle de l'homogénéité

Nous avons étudié à l'aide d'un microscope optique la distribution granulométrique de l'émulsion, avant et après coloration et une après coloration (rouge soudan).

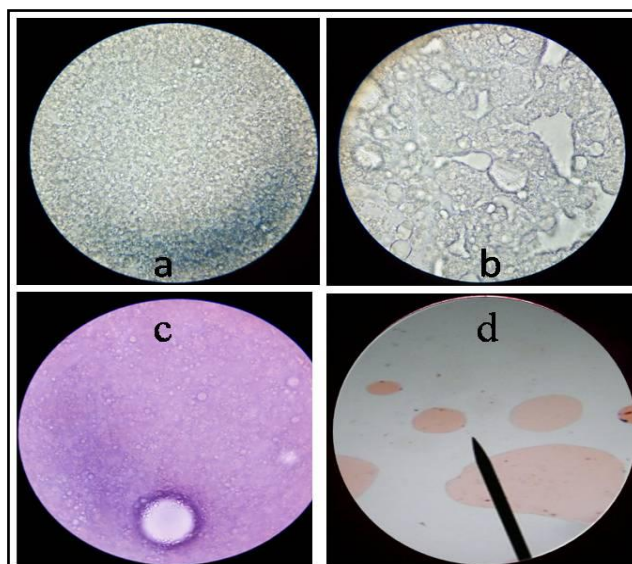


Figure 18. Photo pris sur microscope pour le test de coloration des lipides ; a : CV avec l'huile a émersion x100 ; b : CFL avec l'huile a émersion x100 ; c : CV avec rouge soudan x40, d : CFL avec rouge soudan x40.

L'homogénéité de la crème végétale est cohérente, l'ensemble de matière grasse végétale, poudre de lait, émulsifiant, stabilisant, agents conservateur ... etc sont homogène. Les émulsifiants sont caractérisés en fonction de leurs propriétés, principalement selon qu'ils ont tendance à être plus solubles dans l'eau ou plus solubles dans les lipides, mais aussi de plus en plus dans leur orientation physique ou leur structure (Anihouvi *et al.*, 2012).

L'influence du type d'émulsifiant inclut tant les émulsifiants de faible poids moléculaire tels les mono di-glycérides et phospholipides, que ceux de haut poids moléculaire comme les protéines, ainsi que des interactions protéines/émulsifiants de faible poids moléculaire (Anihouvi *et al.*, 2012).

La littérature rapporte que l'utilisation d'un émulsifiant lipidique sous forme saturée ou partiellement insaturée affecte la taille des gouttelettes des crèmes. En effet, Holstborg *et al.*, (1999) ont montré, sur base d'un modèle simplifié de crèmes végétales (30 % d'huile de soja, 1% de PLE, 0,5 % de di-glycéride [DG]) que la taille moyenne des gouttelettes est plus grande pour la crème à base de DG mono-oléate, en comparaison de la crème à base de DG mono-stéarate. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Granger *et al.*, (2005b) qui ont étudié l'effet de la nature (saturée ou partiellement insaturée) d'un mélange de MDG sur la taille des gouttelettes, en utilisant d'une part un modèle industriel de formulation de crèmes glacées et d'autre part, un modèle simplifié de crèmes végétales (8 % de MG, 10 % de PLE et 0,3 % MDG) (Granger *et al.*, 2005b). Ces auteurs ont montré que les crèmes produites à partir d'un

MDG partiellement insaturé donnent des tailles de gouttelettes plus élevées, quel que soit le type de MG utilisé dans la formulation des crèmes.

En effet, la partie hydrophobe des émulsifiants lipidiques adsorbés à l'interface des gouttelettes peut servir de point de nucléation pour la cristallisation des triacylglycérols : les émulsifiants lipidiques contenant des chaînes hydrocarbonées saturées sont connus pour être de meilleurs initiateurs de cristallisation, en accélérant plus la nucléation que les insaturés.

Des taux de solide de MG supérieurs sont alors généralement observés dans les crèmes contenant des émulsifiants lipidiques saturés (Anihouvi *et al.*, 2012), ce qui pourrait limiter, donc, le fait que les crèmes formulées avec ce type d'émulsifiant lipidique présentent des tailles de gouttelettes plus faibles.

Enfin, la concentration de l'émulsifiant lipidique influence également la taille des gouttelettes des crèmes (figure 18 a). Dans les systèmes stabilisés par des protéines, une concentration très élevée de l'émulsifiant lipidique peut entraîner une forte augmentation de la taille moyenne des gouttelettes, du fait d'une forte agrégation des gouttelettes suite à la désorption des protéines (Holstborg *et al.*, 1999).

Le type de protéines utilisées dans la formulation peut également affecter la granulométrie des crèmes. En effet, dans les mêmes conditions d'émulsification, les crèmes à base de sources protéiques riches en caséines, telles la poudre de lait écrémé, présentent en général des diamètres moyens de gouttelettes plus petits que celles à base de sources protéiques riches en protéines de lactosérum, telles que la poudre de lactosérum (Granger *et al.*, 2005b).

En effet, il a été démontré qu'à fraction massique d'huile constante, la taille des gouttelettes diminue avec la concentration en protéines jusqu'à une certaine concentration au-delà de laquelle la taille varie très peu (Sánchez *et al.*, 2005).

Par contre l'homogénéisation est partie intégrante de la chaîne de fabrication des crèmes, c'est un traitement important en cas d'utilisation de poudre de lait ou lorsqu'on travaille avec du lait très gras. Les grains de poudre, les agrégats de micelles de caséines, sont rompus, les globules gras sont pulvérisés sous forte pression afin d'éviter la remontée des matières grasses en surface. Si son but essentiel est de rendre le lait homogène, l'homogénéisation améliore la viscosité de la crème, mais le problème c'est que la matière grasse animale a un grand poids moléculaire (figure 18 b) plus de sa, les lipides sont des substances naturelles extrêmement complexes et insolubles dans l'eau.

La grande particularité des émulsions alimentaire H/E est que la matière grasse dispersée est partiellement cristallisée puisque la MGLA ne présente pas un point de fusion vrai. La présence de globule gras animale modifie les propriétés rhéologiques et la texture de l'émulsion, sa résistance mécanique et la stabilité des gouttelettes, ainsi ses propriétés sensorielles (Anihouvi *et al.*, 2012).

IV.2.3.1. Auto-oxydation des lipides

En présence d'oxygène, les lipides peuvent être oxydés pour produire des composés volatils qui contribuent à une saveur / odeur rance. L'auto-oxydation implique une série auto-catalytique complexe de réactions impliquant la formation de radicaux hydro-peroxydes, qui provoquent ensuite une oxydation supplémentaire à mesure qu'ils migrent à travers l'huile. Les hydro-peroxydes eux-mêmes réagissent pour former des aldéhydes, des cétones et des acides gras libres, entre autres produits chimiques (Hartel *et al.*, 2018).

Ces composés, étant très volatils, confèrent une saveur / odeur rance indésirable à la graisse, qui augmente typiquement avec le temps de stockage. Étant donné que les acides gras insaturés subissent une oxydation beaucoup plus rapide que les acides gras saturés, les gras ayant une valeur quatre fois plus élevée sont généralement plus sensibles au développement de l'arôme secondaire pendant le stockage (Hartel *et al.*, 2018). Donc le choix de l'huile de coprah et le palmiste n'est pas au hasard.

Par exemple, l'acide linoléique (C18: 3) subit une oxydation deux fois plus rapide que l'acide linoléique (C18: 2), 25 fois plus rapide que l'acide oléique (C18: 1) et 2 500 fois plus rapide que l'acide stéarique (C18: 0). Ainsi, l'huile de coco (8 fois plus) et l'huile de palmiste (13 fois plus) sont significativement moins sujettes à l'oxydation que l'huile d'arachide (100 fois plus) (Hartel *et al.*, 2018).

IV.2.4 Détermination du pH

Tableau 09. Résultats et norme de pH

	Crème fraîche laitière	Crème végétale
pH	4.9	4.8
Norme	5- 6.5	5- 6.5

L'augmentation de la force ionique et de la teneur en protéines a généralement un effet positif sur la stabilité des mousses de protéines, alors que celui du pH est plus complexe, le rôle

de ces paramètres dans leur ensemble est encore mal compris dans le cas des émulsions foisonnées.

A partir des résultats de la crème laitière, on conclue que le pH, le traitement thermique et la durée de fermentation ont une influence sur la viscosité de cette dernière et cela par l'acidification et leur action sur les protéines du lait, donc il est un peu acide (pH=4.9)

Lors de la baisse de pH, due à la fermentation lactique, les micelles de caséines subissent des changements substantiels. Le déplacement de l'équilibre acido-basique entraîne une diminution progressive de la charge ionique des micelles qui devient nulle, l'acidification du lait entraîne une floculation de ces micelles, formant ainsi un gel.

Surh *et al.*, (2006) ont montré que le type de pectine utilisé dans une crème végétale (10 % d'huile de maïs, 1 % de caséinate de sodium, 0,5 % de pectine) peut modifier la granulométrie en fonction du pH du milieu. Ainsi, à pH 7, les crèmes contenant la pectine faiblement ou fortement méthoxylée ont présenté une taille moyenne et un pourcentage de gouttelettes de taille supérieure à 1 µm, plus élevés que la crème qui ne contient pas de pectine, du fait d'une forte agrégation des gouttelettes. Par contre, à pH 5, la présence de la pectine diminue fortement l'agrégation des gouttelettes, ce qui se traduit par une taille moyenne et un pourcentage de gouttelettes ayant une taille supérieure à 1 µm plus faibles. À ce pH, la pectine acquiert une charge négative et s'adsorbe à la surface des gouttelettes.

Par ailleurs, selon le pH du milieu et la nature du stabilisant, la stabilité de la crème peut être renforcée ou fragilisée. En effet, Surh *et al.*, (2006) ont mis en évidence sur une formulation simplifiée de crèmes végétales que la présence de la pectine améliore significativement la stabilité au crémage aux pH 4 et 5 ; par contre, elle déstabilise fortement la crème aux pH 6 et 7.

La grande stabilité au crémage notée aux pH 4 et 5 serait probablement liée à l'adsorption de la pectine sur la surface des gouttelettes, dont le corollaire est l'accroissement des forces de répulsions stérique et électrostatique entre les gouttelettes. Par contre, en l'absence de pectine, la crème présente une forte stabilité au crémage aux pH 6 et 7 et une moindre stabilité aux pH 4 et 5.

IV.2.5. Détermination de l'acidité titrable



Figure 19. Résultats de virage de couleurs après titrage.

L'apparition d'une coloration rose pâle, pour la première CFV après un volume de 0,7ml, pour la CFL après un volume de 0.2 ml.

a/ Acidité de la crème végétale

$$\text{acidité}_{\text{crème végétale}} = \frac{\left[\frac{(0.1 \times 0.3 \times 256)}{100} \right]}{10} \times 100 = 0,768\%$$

b/ Acidité de la crème fraîche laitière

La quantité de matière d'ions HO^- versée à l'équivalence est donc :

$$n_{\text{HO}^-} = 0,111 \times 2,1 \times 10^{-3} = 2,33 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Dans la prise d'essai de la solution de lait, il y a donc une quantité de matière d'acide lactique telle que :

$$n'_{\text{ac}} = n_{\text{HO}^-} = 2,33 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{soit dans 1 L : } n_{\text{ac}} = 0,0233 \text{ mol.}$$

Cela correspond à une masse d'acide lactique dans un 1 L de lait de :

$$m_{\text{ac}} = n_{\text{ac}} \times M_{\text{ac}} = 0,0233 \times (3 \times 12 + 5 \times 1 + 3 \times 16) = 2,1 \text{ g.}$$

L'échelle Dornic est telle que 1 °D correspond à 0,1g d'acide lactique par litre de lait. Donc, la crème fraîche laitière titré a une acidité de 21 °D.

On admettra que l'acidité de la crème fraîche est uniquement due à l'acide lactique. L'acidité de ces crèmes, exprimée en acide lactique pour 1000 de la partie non grasse, se situe entre 8 et 10 contre 1,5 dans les crèmes non mûrées, en degré Dornic cela fait, d'une part entre 80° et 100° D et d'autre part, 15° D dans le non gras. Elle convient plus particulièrement à la cuisine et à la pâtisserie (Sina, 1992).

De nos résultats il ressort que les deux crèmes répondent aux normes de qualité fixées par le Codex Alimentarius (2017).

L'oxydation de la matière grasse est probablement la transformation chimique, causant le plus important problème en technologie laitière. L'oxydation des différents constituants de matière grasse peut entraîner l'apparition de nombreux goûts comme le goût d'oxydé ou métallique. Les phospholipides sont les plus exposés à l'oxydation lipidique vu leur structure chimique et leur situation à la périphérie des globules gras. Les peroxydes ainsi libérés seront dégradés et génèrent des aldéhydes, des hydrocarbures, des cétones ou des acides (Alais *et al.*, 2008).

L'oxydation de la matière grasse se produit surtout sur les chaînes des acides gras insaturés, et ce en trois étapes. D'abord, il y a formation d'un radical en position α d'une double liaison, c'est-à-dire sur les atomes de carbone adjacents aux atomes de carbone qui forment la double liaison. Ce radical est initié par la lumière ou certains métaux comme le nickel et le fer. Par la suite, l'oxygène s'ajoute au radical et provoque l'accumulation des hydroperoxydes d'acides gras. Enfin, ces derniers se décomposent en différents produits comme les aldéhydes, les alcools, les cétones et les acides gras libres (Jeantet *et al.*, 2008).

IV.2.7. Etudes rhéologiques des crèmes

La détermination des propriétés rhéologiques des produits alimentaires est d'une grande importance car elle permet de prévoir leur comportement mécanique non seulement au cours des différentes étapes de l'élaboration de l'aliment, mais également au cours de son stockage (Scher, 2006). En outre, les propriétés rhéologiques sont à l'origine des comportements perçus lors de l'évaluation sensorielle de la texture. La rhéologie des crèmes est mesurée au moyen de viscosimètres

À la différence des viscosimètres simples qui effectuent une mesure ponctuelle de la viscosité apparente, les rhéomètres permettent une étude plus complète du comportement rhéologique des crèmes via l'établissement des courbes d'écoulements en faisant varier le taux de cisaillement (Scher, 2006). Les facteurs pouvant influencer le comportement rhéologique des

crèmes incluent aussi bien ceux liés à la formulation (types de MG, d'émulsifiant, stabilisant) que ceux liés au procédé d'émulsification.

Afin de trouver les valeurs de viscosité, des mesures rhéologiques ont été effectuées en utilisant un rhéomètre rotatif DV-III Ultra (Brookfield), à une vitesse de rotation de la broche de 2 tr / min (broche 64). Les mesures ont été effectuées en triple à 22 ± 2 ° C, les valeurs moyennes sont présentées.

Le comportement rhéologique des échantillons étudiés est représenté sur la figure 20 et 21, comme la confirmé l'aspect du graphique de la viscosité en fonction du taux de cisaillement, les deux crèmes ont présenté un comportement stable, ce qui est une caractéristique souhaitable pour les produits appliqués.

Généralement, les crèmes ayant une taille de gouttelettes inférieure ont des valeurs de viscosité plus élevées. Dans notre cas (Figure 20) qui a de plus petite taille de particule a des valeurs de viscosité plus élevées que la crème fraîche laitière (Figure 21). Ces différences de paramètres de texture entre les deux formulations sont obtenues grâce au système d'émulsification différent, ce qui confirme l'importance de leur choix dans une formulation de crème.

La crème fraîche laitière présente des valeurs plus élevées pour la taille des particules, avec une distribution de taille des particules moins étroite, ce qui contribue à la stabilité du système de crème, la chose qui est présente dans la crème végétale. En effet, la taille des bulles diminue généralement lorsque la viscosité du crème augmente.

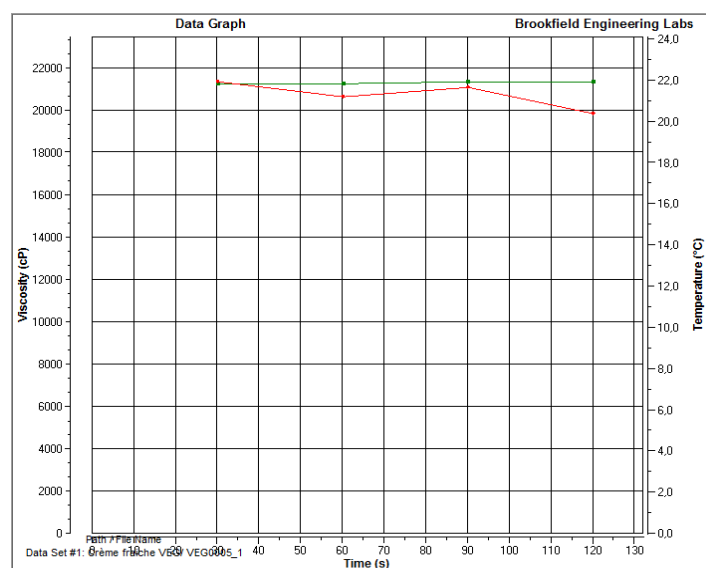


Figure 20. Evolution de la viscosité apparente de crème végétale en fonction du gradient de vitesse (Boucle 64) et la température (Logiciel RheocalcT).

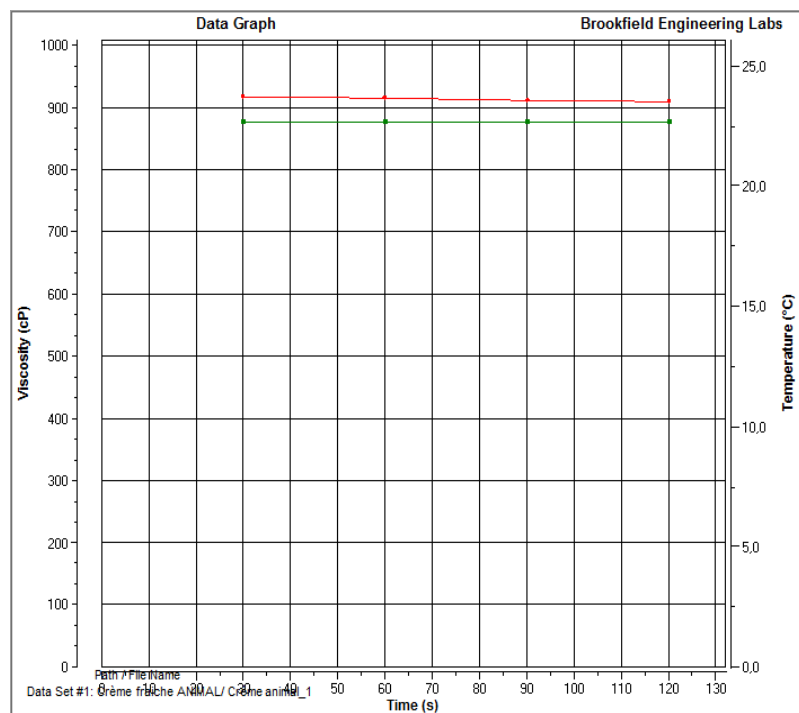


Figure 21. Evolution de la viscosité apparente de crème fraîche laitière en fonction du gradient de vitesse (Boucle 64) et la température (Logiciel RheocalcT).

La majorité des études se sont intéressées à l'influence de la vitesse d'agitation, celle-ci reste liée relativement aux taux de foisonnement et la taille de bulles et ingrédients car elle est fortement combinée à la rhéologie et donc à la formulation de l'émulsion, à la géométrie de l'agitateur, mais également aux autres paramètres opératoires.

IV.2.7.1. Paramètres liés à la formulation :

A/ Effet du type et de la quantité de matière grasse.

Des études portant sur des modèles simplifiés de crèmes végétales hydrogénés ont montré que le type de MG et plus particulièrement la composition en AG totaux des triacylglycérols qui la constituent affectent la granulométrie des gouttelettes des crèmes végétales. Ces études impliquent des MGV qui diffèrent tant par leur degré d'insaturation que la longueur des chaînes des AG: MGV riche en acide laurique (C12) (Figure 22) telles que l'huile de coprah ou palmiste, (Anihouvi *et al.*, 2012).

Ainsi, Sugimoto *et al.* (2001) ont rapporté, sur base d'un modèle simplifié (40% MG) que la taille moyenne des gouttelettes d'une crème riche en acide oléique est plus grande ($1,9 \pm 0,1 \mu\text{m}$) que celle d'une crème similaire, mais riche en acide laurique ($1,6 \pm 0,1 \mu\text{m}$) (Lecerf, 2011).

Anihouvi, (2007) a également montré sur un autre modèle simplifié de crème végétale (30% de MG) que la crème à base d'huile laurique présente la taille moyenne des gouttelettes la plus faible ($4,7 \pm 0,1 \mu\text{m}$), alors que celle à base d'huile de palme présente une taille intermédiaire ($5,4 \pm 0,2 \mu\text{m}$) et celle contenant l'huile de colza, la taille la plus élevée ($5,6 \pm 0,1 \mu\text{m}$).

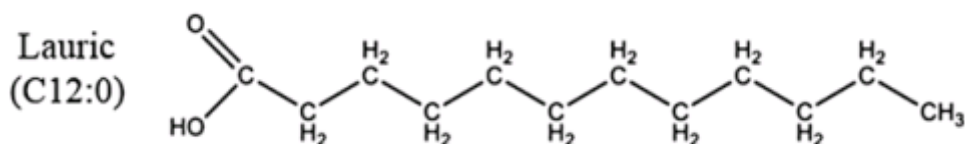


Figure 22. Structure de l'acide laurique (C12 :0) (Hartel *et al.*, 2018)

Ces données montrent que la taille des gouttelettes augmente avec le degré d'insaturation et/ou la longueur des chaînes des AG constitutifs des MG. Ces résultats obtenus sur base de modèles simplifiés confirment ceux de Mutohet *et al.*, (2001) réalisés sur un modèle industriel (40 % de MG, 4 % de poudre de lait écrémé [PLE], 0,5 % de lécithine et 0,2 % d'ester de sucrose) formulé à partir de trois MG différentes :

- la première riche en acide oléique ;
- les deux autres étant des graisses lauriques (hydrogénées ou non).

Comme dans toute émulsion H/E, le type de MG, et plus précisément sa composition en AG, de même que la concentration de la MG utilisée dans la formulation des crèmes végétales, peuvent affecter fortement leurs propriétés rhéologiques (Granger *et al.*, 2005b).

Des différences de comportement rhéologique ont, en effet, été notées au niveau des crèmes végétales de formulation simplifiée en fonction de la nature de la MG (Granger *et al.*, 2005b). Ces auteurs indiquent que la crème à base de la fraction oléique de l'huile de tournesol (plus riche en AG insaturés : AGI) montre, au gradient de vitesse de 1 s^{-1} , la plus faible viscosité apparente qui, par ailleurs, évolue très peu pendant la maturation. Par contre, les crèmes à base d'autres MG (huile de palmiste ou huile de coco hydrogénée), plus riches en AG saturés (AGS), ont montré, au même gradient de vitesse, une plus grande viscosité apparente qui, de plus, s'accroît au cours de la maturation.

L'ensemble de ces résultats montre que le comportement rhéologique des crèmes ne peut être lié au seul facteur qu'est le type de MG, mais dépend des autres ingrédients (stabilisants, émulsifiants, etc.) utilisés dans la formulation ainsi que de leurs interactions, Granger *et al.* (2005b) ont d'ailleurs rapporté que les valeurs de viscosité des crèmes ne résultent pas

seulement d'un seul facteur (taille des gouttelettes ou quantité de protéines dans la phase aqueuse ou cristallisation de la MG), mais sont plutôt la conséquence des interactions complexes entre la MG, les protéines et les émulsifiants de faibles poids moléculaires.

D'autre part, les résultats de Desrumaux *et al.*, (1998) ont montré que le comportement rhéologique et la viscosité des crèmes varient fortement en fonction de la concentration de la MG dans la formulation. Ces différents comportements rhéologiques observés selon la fraction massique de l'huile utilisée dans la formulation ont été confirmés par Flourey *et al.*, (2000) sur une crème végétale à base d'huile de soja (10 à 50 %) et de concentrés de protéines de lactosérum (1,5 %). Adapa *et al.*, (2000) ont également montré, suite à l'utilisation du test de cisaillement dynamique, que le module élastique des crèmes augmente avec la concentration en MG (6,8 et 12 % de MG).

Enfin, comme pour toute émulsion H/E, la viscosité apparente des crèmes augmente de façon importante avec l'augmentation du pourcentage de MG, comme le suggèrent de nombreux travaux (Flourey *et al.*, 2000).

B/ Effet du type d'émulsifiant

Une étude menée par Granger *et al.*, (2005b) sur une formulation de crèmes végétales préparées à partir de différentes MGV a montré que la viscosité des crèmes varie fortement selon le type de protéines (poudre de lait écrémé contenant 80 % de caséines et 20 % de protéines de lactosérum ou protéines fonctionnelles du lait contenant 60 % de protéines de lactosérum et 40 % de caséines) et le type d'émulsifiant lipidique (MDG saturé ou partiellement insaturé). En appliquant un gradient de vitesse de 1 s^{-1} pour des crèmes fabriquées avec la poudre de lait écrémé, aucun écart de viscosité significatif (entre 0 et 0,2 Pa.s) n'est observé ni avant ni après une maturation de 24 h à 4 °C, quel que soit le type de MDG ou le type de MG. Par contre, des écarts de viscosité importants (entre 0,2 et 1,6 Pa.s) sont observés au même gradient de vitesse pour des crèmes stabilisées avec des protéines fonctionnelles du lait, en fonction du type d'émulsifiant lipidique et du type de MG.

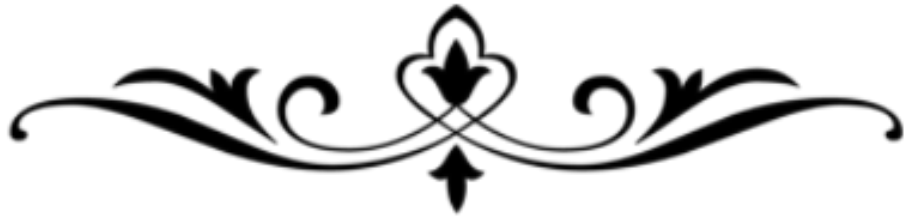
Ces résultats confirment ce qu'on a observé un effet significatif de la concentration de l'émulsifiant « E471 » sur la viscosité de crèmes végétales formulées à partir de l'huile de palmiste (70 %) et de 20% de poudre de lait. Ainsi, les crèmes fraiche laitières contenant une quantité importante en MGLA et ont épaissi, du fait d'une forte coalescence partielle des gouttelettes à la suite de la désorption des protéines.

C/ Effet du type de stabilisant

Comme évoqué précédemment, les carraghénanes sont les agents stabilisants les plus utilisés dans la formulation des crèmes. Ce sont des polysaccharides linéaires constitués de molécules de galactose plus ou moins substitués par des groupements sulfates. Le κ -carraghénane possède des propriétés gélifiantes remarquables et c'est le plus utilisé dans la formulation des crèmes car il permet de contrôler plus efficacement le phénomène d'incompatibilité noté, en général, entre les protéines du lait et les hydrocolloïdes, incompatibilité qui se traduit par une séparation de phase de ces deux ingrédients (Vega *et al.*, 2005).

En effet, ce polysaccharide interagit avec la κ -caséine par le biais d'interactions électrostatiques pour former un gel induisant une augmentation de la viscosité de la phase aqueuse. La présence d'ions Ca^{2+} favorise cette gélification par formation de ponts Ca^{2+} entre les molécules, permettant alors d'éviter ou de freiner la séparation visuelle des biopolymères incompatibles.

Par ailleurs, le κ -carraghénane est fréquemment utilisé en association avec certains hydrocolloïdes incompatibles avec les protéines du lait (guar, caroube, xanthane, etc.) pour la stabilisation des crèmes et des mousses (Vega *et al.*, 2005). Le λ -carraghénane présente un caractère stabilisant et épaississant.



Conclusion



Conclusion :

En conclusion, nous retiendrons que la matière grasse animale ou végétale joue un rôle clé dans la stabilisation de la plupart des émulsions. La matière grasse présente dans les crèmes fraîches laitières peut être remplacée par la matière grasse végétale de l'huile de palmiste. La valeur nutritive, les propriétés physico-chimiques et rhéologiques de cette dernière les qualifient pour être une alternative à l'excellence de la matière grasse laitière.

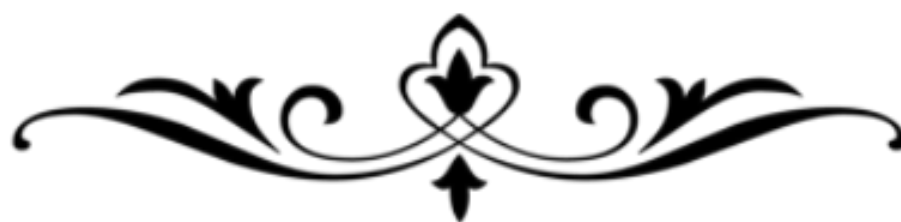
D'après cette étude nous concluons que le choix des ingrédients (matière grasse végétale hydrogénée) utilisés dans la formulation, les conditions d'émulsification, ainsi que la température, influencent les propriétés finales des crèmes végétales.

Avec une acidité de 0,768%, une viscosité de 21330 cP, un pH de 4.8 et une homogénéité très proche à celle de la crème fraîche laitière, il reste quelques modifications sur la crème végétale fabriquée au niveau du SARL ABIA FOOD.

Les améliorations actuelles des propriétés des crèmes végétales passeront alors par une meilleure maîtrise de ces systèmes tant au niveau microscopique (morphologie des cristaux de MG) que moléculaire via la compréhension des interactions entre les différents ingrédients (MG, protéines, émulsifiants de faible poids moléculaire, etc.) utilisés dans la formulation de ces crèmes.

Perspectives

Certaines propriétés sont encore au cours de l'étude pour régler et améliorer la crème végétale telle que l'acidité, la granulométrie et quelques propriétés sensorielles (gout et l'odeur), avant d'être produite à grand échelle et commercialisée sur le marché Algérien.



Références bibliographique



Référence bibliographique

- 1) Adapa S., Dingeldein H., Schmidt K.A. & Herald T.J., (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *J. Dairy Sci.*, 83, 2224-2229.
- 2) Alais, C., G. Linden., (2008). 6ème édition Biochimie alimentaire. Paris FRANCE. 114-272
- 3) Anihouvi, P. P., S. Danthine, *et al.*, (2012). "Les crèmes végétales : une alternative aux crèmes lactières (synthèse bibliographique)." *Biotechnol Agron Soc Environ* **16**: 344-359.
- 4) Belaud, M., J.-Y. GASSI, *et al.*, (2001). Filière de production : produits d'origine animale.
- 5) Birlouez, E (2018). "Alimentation du futur, tradition et rétro-innovation." *Cahiers de Nutrition et de Diététique*.
- 6) Bockisch, Michael (1998). Chapter 2 - Composition, Structure, Physical Data, and Chemical Reactions of Fats and Oils, Their Derivatives, and Their Associates A2 -. *Fats and Oils Handbook*, AOCS Press: 53-120.
- 7) Bourrillon, A (2011). Chapitre 6 - Un être en voie de développement. *Pédiatrie (Sixième Édition)*. A. Bourrillon. Paris, Elsevier Masson: 77-138.
- 8) Cathy, B. et Valentine B (2011). *Tout savoir sur la Crème fraîche*. Syndifrais. Châteaudun, Paris. **13**: 6.
- 9) Codex Alimentarius, codex Stan 192, 1995. Norme générale Codex pour les additifs alimentaires. Rome : FAO/OMS
- 10) Cornelius, J. A (1977). "Palm oil and palm kernel oil." *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids* **15**(1): 5-27.
- 11) Corrieu, G. and F.-M Luquet (2008). *Bactéries lactiques De la génétique aux ferments* Paris.
- 12) Djamel, D. et Hervé P (2009). *Bactéries lactiques. Physiologie, métabolisme, génomique et applications industrielles*. Paris France.
- 13) Dupont, F. and J.-L. Guignard (2015). 11 - Monocotylédones. *Botanique (Seizième Édition)*. F. Dupont and J.-L. Guignard. Paris, Elsevier Masson: 115-165.
- 14) Everett (2007). *Handbook of Food Products Manufacturing*.
- 15) FAO (2010). "Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine- Laites de consommation ", from <http://www.horizon.documentation.ird.fr>.
- 16) Flourey J., Desrumaux A. & Lardières J., 2000. Effect of high-pressure homogenization on droplet size distributions and rheological properties of model oil-in-water emulsions. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 1, 127-134.

Référence bibliographique

- 17) Genkina, N. K. and Koltysheva G. I (2001). "Effect of Thermolability of Milk Proteins on Ion Distribution in Skimmed Milk-Water-Salt, Two-Phase System." *Applied Biochemistry and Microbiology* **37**(3): 327-330.
- 18) George, A. M. and Tembhurkar A. R (2018). "Analysis of equilibrium, kinetic, and thermodynamic parameters for biosorption of fluoride from water onto coconut (*Cocos nucifera* Linn.) root developed adsorbent." *Chinese Journal of Chemical Engineering*.
- 19) Granger C. *et al.*, 2003. Influence of the fat characteristics on the physicochemical behavior of oil-in-water emulsions based on milk proteins-glycerol esters mixtures. *Colloids Surf., B*, 32, 353-363.
- 20) Granger C. *et al.*, 2005a. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *Int. Dairy J.*, 15, 255- 262.
- 21) Hartel, R. W., J. H. von Elbe, et al. (2018). *Fondants and Creams. Confectionery Science and Technology*. Cham, Springer International Publishing: 245-272.
- 22) Jeantet, R., T. Croguennec, *et al.*, (2008). "Les produits laitiers." Lavoisier, Tec & Doc 185.
- 23) Kirat (2007). Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie.
- 24) Labbafi, M (2006). effets combinés des paramètres de formulation et de procédé pour la conduite de l'opération de foisonnement en continu d'une émulsion alimentaire docteur d'université, Université BLAISE PASCALE et Université D'AUVERGNE. 267
- 25) Lecerf, J. M (2011). "Les huiles végétales : particularités et utilités: Vegetable oils: Particularities and usefulness." *Médecine des Maladies Métaboliques* **5**(3): 257-262.
- 26) Lopez, C., C. Cauty, et al. (2015). "Organization of lipids in milks, infant milk formulas and various dairy products: role of technological processes and potential impacts." *Dairy Science & Technology* **95**(6): 863-893.
- 27) Lubin, D. (1998). "Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine " <http://www.fao.org/docrep/t4280f/T4280F00.htm>.
- 28) McClements D.J., 1999. *Food emulsions: principles, practice and techniques*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- 29) Narce, M., M. Rialland, *et al.*, (2011). "Les acides gras trans : des acides gras bien singuliers: Trans fatty acids: Very peculiar fatty acids." *Médecine des Maladies Métaboliques* **5**(3): 247-251.

Référence bibliographique

- 30) Pottier (2005). Crèmes glacées : deux géants mondiaux de l'agroalimentaire sur le marché mondial en pleine de croissance.
- 31) Richard, Joachim, *et al.* (2018). Fats, Oils and Emulsifiers. Confectionery Science and Technology. Cham, Springer International Publishing: 85-124.
- 32) Saarela, M., G. Mogensen, et al. (2000). "Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties." *Journal of Biotechnology* **84**(3): 197-215.
- 33) Scher J., 2006. Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. Tech. Ing., article [F 3 330].
- 34) Sina (1992). Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la SOCA. Thèse de doctorat, Université cheikh Anta Diop de Dakar.
- 35) Suman, M., G. Silva, *et al.*, (2009). "Determination of food emulsifiers in commercial additives and food products by liquid chromatography/atmospheric-pressure chemical ionisation mass spectrometry." *Journal of Chromatography A* **1216**(18): 3758-3766.
- 36) Surh J., Decker E.A. & McClements D.J., 2006. Influence of pH and pectin type on properties and stability of sodium-caseinate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 20, 607-618.
- 37) Vega C., Dalgleish D.G. & Goff H.D., 2005. Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*, 19, 187-195.
- 38) Vierling (1999). Aliments et boissons : Filières et produits. FRANCE. 278

Résumé

Notre principal objectif dans ce travail était d'étudier avant de produire a grand échelle, comment et dans quelles conditions il est possible de remplacer la matière grasse animale ou laitière dans les émulsions d'une **crème végétale**, pour être alternative à la **crème fraiche**, on utilisant **l'huile de palmiste**.

Ce travail était motivé par la mauvaise image d'**acide gras saturé** surtout la forme trans, et son effet sur la santé humaine, il s'agissait donc de transformer ce dernier en autre forme avant d'obtenir avec le mélange de matière grasse végétale **hydrogénée** et autre ingrédients (émulsifiants, stabilisants... etc) une crème qui remplace avec succès les crèmes fraiche laitières sur le plan économique diététique.

Mot clés : Hydrogénée, acide gras saturé, crème fraiche, crème végétale.

Abstract

Our main objective in this work was to study before producing on a large scale, how and in what conditions it is possible to replace the animal or dairy fat in the emulsions of a **vegetable cream**, to be an alternative to the **fresh cream**, using **palm kernel oil**.

This work was motivated by the poor image of **saturated fatty acid**, especially the trans form, and its effect on human health, so it was a question of transforming the latter into another form before obtaining with the mixture of **hydrogenated** vegetable fat and other ingredients (emulsifiers, stabilizers, etc.), a cream that successfully replaces dairy creams on a dietary economic level.

Key-words : Vegetable cream, fresh cream , palm kernel oil , saturated fatty acid, hydrogenated.

ملخص

هدفنا الرئيسي في هذا العمل هو الدراسة قبل الإنتاج على نطاق واسع، كيف و في أي ظروف يمكن استبدال الدهون الحيوانية أو الألبان في مستحلبات كريمة نباتية ، لتكون بديلة للكريمة الطازجة ، باستخدام زيت نواة النخيل.

كان الدافع وراء هذا العمل هو الصورة السيئة للحمض الدهني المشبع ، وخاصة شكله المتحول، وتأثيره على صحة الإنسان ، لذلك كانت مسألة تحويل هذا الأخير إلى شكل آخر قبل الحصول على خليط من الدهون النباتية المهدرجة والمكونات الأخرى (المستحلبات ، مثبتات ، الخ) ، وهي كريمة تستبدل بنجاح كريمات الألبان على المستوى الاقتصادي والغذائي.

الكلمات المفتاحية: كريمة نباتية، الكريمة الطازجة، زيت نواة النخيل، الحمض الدهني المشبع، المهدرجة .