

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة أحمد بوقرة بومرداس

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



FACULTE DES SCIENCES - DEPARTEMENT DE BIOLOGIE.

Mémoire de projet de fin d'études En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

DOMAINE : Sciences de la nature et de la vie

FILIERE : Sciences alimentaires

SPECIALITE : Nutrition et sciences des aliments

Thème :

**Possibilité de substituer l' α tocophérol par l'huile de sésame en
margarinerie**

Réalisé par : Cherif Imene Khelifi Hanaa Maksene Maroua

Présidente : Mme Khemili S. MCA FS-UMBB.

Examineur: Mr Aidoud A. MCA FS-UMBB.

Promotrice : Mme Lefkir S. MCB FS-UMBB.

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Nous tenons à remercier notre promotrice madame Lefkir S. maitre de conférences à UMBB d'avoir accepté de nous encadrer tout au long de ce travail ; ses conseils et ses commentaires précieux nous ont permis de surmonter les difficultés et de progresser dans ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à la présidente du jury Mme Khemili S. maitre de conférences à UMBB qui nous a fait l'honneur de présider le jury et à Mr Aidoud A. maitre de conférences à UMBB d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr le directeur de l'unité «Maluxe» qui nous a bien accueilli et nous a donné l'opportunité d'effectuer notre stage.

Nous remercions vivement la responsable de laboratoire Mme Hellal A. pour sa disponibilité, son soutien et son aide mais aussi la chef de production et tous les personnels de l'unité ayant contribué à la réalisation de ce travail

Nous désirons aussi remercier tous les professeurs de l'université M'Hamed Bougara qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidées lors de la rédaction de ce mémoire.

Dédicaces

Au dieu, tout puissant que la gloire et l'honneur, vous soient rendus pour les grâces que vous m'accordait.

Il est naturel, que ma pensée la plus forte aille vers mon cher papa Kamel Maksene, mon grand regret est que vous soyez parti très tôt avant d'avoir bénéficié des fruits de tes efforts investis en nous c'est toi qui m'as toujours motivé et pousser dans mes études. J'espère du monde qui est sein maintenant, tu apprécies cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de ta fille qui a toujours prié pour que ton âme repose en paix. A toi la fleur de ma vie, ma chère mère Nabila, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as fait pour mon instruction et mon bien être, quoi que je fasse ou quoi que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes coté a toujours été ma source de force pour affronter les différentes obstacles. que dieux te protège.

A mes adorables sœurs ;

A ma jumelle Sarah qui a toujours était à mes coté et qui a toujours su partager ma peine et ma joie sans oublier son époux

A ma jolie petite Ghofrane qui a toujours su comment procurer le bonheur et la joie pour toute la famille.

Et a «toi !» tu te reconnaîtras merci d'avoir était présent pour moi, Et de m'avoir soutenu, d'apporté une aide, une écoute ou simplement une chaleur gratuite et généreuse. Tu me rends la vie facile, tu me complète.

A mes deux grands-mères Vous êtes mes pierres précieuses je vous aime tellement, puisse dieu vous donne santé et vous protège pour moi.

A mes oncles et tantes

Que dieux leurs donne une joyeuse longue vie, particulièrement à mon oncle Waheb que j'adore pour son amour et surtout son soutien moral je te souhaite tous le bonheur du monde.

A mon trinôme Chérif Imene et Khelifi Hanaa

J'ai le plaisir de partager ce succès avec vous mes chères copines, je vous dois un très grand merci pour vos efforts et d'avoir donné à fond pour ce projet de fin d'étude, c'était un plaisir de travailler avec un trinôme compétant, complice et qui a l'esprit de travailler en groupe.

Je vous souhaite beaucoup de succès, vous méritez tous le bonheur du monde.

A tous mes amies avec lesquelles j'ai passé cinq années inoubliables, et en particulier : Cherif Imene, Khelifi Hanaa, Amroune Meriem Gabour Ferial, Tounsi Ahlem et Mezlioui Souhila.

A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment

MAROUA

Dédicace

Au nom de Dieu, le clément et le miséricordieux

Avec l'aide de Dieu le tout puissant et enfin achevé ce travail .Merci à vous, Dieu, autant de particules dans l'univers, d'eau dans la mer, de vie sur terre, lequel je dédie ce travail à toutes les personnes qui me sont chers :

Essentiellement à la source de la tendresse, de la patience, de la générosité et celle qui m'a appris le secret de la réussite, ma très chère mère Saliha.

Mon cher père Mourad pour son amour, son sacrifice et son encouragement.

A mon petit héros, à mon frère unique Midou je te souhaite aussi une réussite dans ta vie, chère frère.

A la mémoire de mon grand-père «papa Boualem» que Dieu l'accueille en son vaste paradis.

A mon grand-père et mes deux grands-mères Vous êtes mes pierres précieuses je vous aime tellement, puisse dieu vous donne santé et vous protège pour moi.

A mes très chères tantes : Assia,Ilhem,Wissem en particulier ma précieuse «khaltou Asma» et mes oncles Redha,youcef .Merci pour les précieux conseils qu'ils ne cessent de m'accorder.

A ma chère tante Mamia ou bien dit deuxième maman qui a été toujours présente pour me soutenir et m'encouragé, la personne qui m'a pris la main pour faire mon premier pas dans la vie son oublier son marie et ses enfants Hichem,Wiam et Hala, que dieu réalise leurs rêves.

A ma chère « khtiti Wafa» que dieu la préserve pour son fils Ahmed. Sans oublier mes frères Oussama et Ikbel.

A toute ma famille Khelifi.mes cousins et cousines et très spécialement chère «Tata Souhila».

Sans oublier mes très chères mon trinôme Maroua et Imene pour leurs soutien moral, leurs patiences leurs compréhension tout au long de ce projet. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

Et finalement, à mes très proches amies : Maroua, Imen, Yassmine, Merieme, Amina, Ferial.

HANAA

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que je dédie cette thèse ...

À MES CHERS PARENTS Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A MES CHERS ET ADORABLE FRERES ET SŒURS Fati, la prunelle de mes yeux, Saida , la douce, au cœur , ma force , mes chère frères sur tout mon complice d'enfance Abdenour qui m'a beaucoup encouragé et aider je t'aime mon frère.

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A MA GRAND MERE CHERIE Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur dans les deux vies. *A LA MEMOIRE DE MES GRAND-PERES ET MA GRANDE MERE* J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.

Je dois un grand merci à mon trinôme, Maksene Maroua et khelifi hanaa qui ont travaillé jour et nuit pour ce projet de fin d'étude. Ma sœur du cœur Maroua que dieu te protège, la plus adorable Hanaa que dieu réalisera tout tes rêves .

À MES AMIS DE TOUJOURS : Maroua, Hanaa, Souhila, Ahlem , Maroua, Yousra , Meriem et feriel En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère. A tous les personnes qui m'aimes vraiment.

À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ce que j'ai omis de citer.

IMENE

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	1

Partie Bibliographique

I- Margarine

I.1. Historique.....	03
I.2. Définition.....	03
I.3. Composition de la margarine.....	03
I.3.1. Phase grasse.....	03
I.3.2. Phase aqueuse.....	04
I.4. Les caractéristiques de la margarine.....	05
I.4.1. Les caractéristiques physiques.....	05
I.4.2. Les caractéristiques chimiques.....	05
I.4.3. Les caractéristiques biologiques.....	05
I.4.4. Les caractéristiques nutritionnelles.....	05
I.5. Types de margarines.....	06
I.5.1. Margarines de tables.....	06
I.5.1.1. Margarine de table tartinable.....	06
I.5.1.2. Margarine de table végétale.....	06
I.5.1.3. Margarine de table courante.....	06
I.5.1.4. Margarine douce battue.....	06
I.5.1.5. Minarines.....	06
I.5.2. Margarines à faible taux de matière grasse.....	07
I.5.3. Margarines diététiques ou spéciale (basses calories).....	07
I.6. Les huiles végétales.....	08
I.6.1. Définition.....	08
I.6.2. Raffinage.....	08
I.6.3. Traitements de modification des corps gras.....	09
I.7. Technologie de la margarine.....	10
I.7.1. Préparation de la phase aqueuse.....	10
I.7.2. Préparation de la phase grasse.....	10

I.7.3. Préparation de l'émulsion.....	10
I.7.4. Cristallisation.....	10
I.7.5. Conditionnement.....	10
I.7.6. Palettisation / stockage.....	10
I.8. Altération de la margarine.....	12
I.8.1. Altération chimiques.....	12
I.8.2. Altération physiques.....	12
I.8.3. Altération microbiologique.....	13
I.9. Conservation.....	13
I.9.1. Influence de la température.....	13
I.9.2. Influence de l'humidité relative.....	13
I.9.3. Influence du mouvement d'air.....	13

II - la graine et l'huile de sésame

II.1. Introduction.....	14
II.2. Botanique, culture et production.....	15
II.3. Types de graine de sésame.....	16
II.4. Définition d'huile de sésame.....	16
II.5. Composition d'huile de sésame.....	16
II.5.1. Composition en acides gras.....	16
II.5.2. Antioxydant.....	17
II.5.3. Composition en insaponifiable.....	17
II.6. Caractéristiques physico-chimiques d'huile de sésame.....	19
II.7. Utilisation.....	19
II.8. La conservation de L'huile de sésame.....	20

Matériel et méthode

II. Matériels et méthodes.....	21
II.1. Présentation de l'unité « MALUXE».....	21
II.1.1. Description de l'atelier de production.....	21
II.1.2. Activités principales de l'unité.....	21
II.2. L'objectif et protocole expérimental de l'étude.....	22
II.3. Elaboration de la recette des margarines.....	22
II.3.1. Préparation de la phase grasse.....	23
II.3.2. Préparation de la phase aqueuse.....	23
II.3.3. Emulsification.....	24

II.3.4.Refroidissement.....	24
II.3.5.Malaxage.....	25
II.3.6.Conditionnement.....	25
II.3.7.Stockage.....	25
II.4.Caractérisation physico-chimique de l'huile de sésame et des margarines.....	27
II.4.1.Détermination de l'humidité (Teneur en eau).....	27
II.4.2.Détermination du point de fusion.....	27
II.4.3.Mesure de pH.....	27
II.4.4.Détermination de l'indice de peroxyde.....	27
II.4.5.Détermination de l'acidité.....	28
II.5. L'étude de Variation de l'IP en fonction de temps à la température de conservation....	29
II.6. évaluation sensorielle.....	29
II.6.1. analyse sensorielle.....	29
II.6.2.Panel de sujet expert.....	29
II.6.3. Analyse hédonique.....	29
II.6.4.Panel de consommateur.....	29
II.6.5.Préparation et présentation des échantillons.....	29
II.6.6.Questionnaire.....	30
II.6.7.Déroulement de l'évaluation sensorielle.....	30
II.7.Méthode statistique.....	31

Résultats et discussions

III.1. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'huile de sésame.....	32
III.2.Résultas d'analyses physico-chimiques des margarines.....	32
III.2.1. Teneur en eau.....	32
III.2.2. Point de fusion.....	33
III.2.3. Mesure de pH.....	35
III.2.4.L'indice de peroxyde.....	36
III.2.5.Acidité.....	37
III.3. Variation de l'IP en fonction de temps de conservation à la température de stockage ..	38
III.4.Résultats d'analyse sensorielle.....	39
III.4.1.couleur.....	39
III.4.2. odeur.....	39
III.4.3 tartinabilité.....	40
III.4.4 gout salé.....	40

III.4.5.arôme.....	40
III.4.6.Préférence.....	41
Conclusion.....	42
Références bibliographique	
Annexes	

Liste des abréviations

A : acidité

AG : acide gras

AGL : Acide gras libre

AGMI : Acide gras mono-insaturé

AGPI : Acide gras polyinsaturé

AGS : Acide gras saturé

Cal : calorie

CG : Corps gras

°C : degré Celsius

g : grammes

HS : huile de sésame

IP : indice de peroxyde

kg : kilogrammes

M1 : margarine test 1 à 6g de l'huile de sésame

M2 : margarine test 2 à 8g de l'huile de sésame

M3 : margarine test 3 à 10g de l'huile de sésame

mg : milligramme

MG : Matière grasse

ml : millilitre

MT : margarine témoin

PG : Phase grasse

pH : Potentiel d'hydrogène

TG : triglycéride

TAG : Triacylglycerol

% : pourcentage

Liste des tableaux

Tableau	Titre	page
1	Composition et profil des acides gras dans l'huile de sésame	17
2	Composition de l'insaponifiable de l'huile de sésame	18
3	Principales constantes physiques et chimiques de l'huile de sésame	19
4	Formulation des margarines	24
5	Résultats de la caractérisation physico-chimique d' HS	32
6	Résultats de l'analyse sensorielle	39

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Classification des margarines disponibles sur le marché Mondial	07
2	Schéma générale de fabrication de la margarine	11
3	Représentation graphique des graines de sésame	14
4	Représentation graphique de différentes parties de sésame	15
5	Le diagramme de fabrication de la margarine « test » au Laboratoire	26
6	Résultat de la teneur en eau des margarines	33
7	Résultat du point de fusion des margarines	34
8	Résultats de pH	35
9	Résultats de l'indice de peroxyde	36
10	Résultat de l'acidité des margarines	37
11	Evolution de l'indice de peroxyde en fonction de temps à température de +6 °C	38

Introduction

Introduction

La margarine fut mise au point en France en 1869 à la suite d'un concours lancé par *Napoléon III* pour la recherche d'un « corps gras semblable au beurre mais de prix inférieur, apte à se conserver longtemps sans s'altérer en gardant sa valeur nutritive » propre à suppléer au beurre qui, à cette époque, était cher, rare et se conservait mal. Le pharmacien français *Mège-Mouriès* réalisa une émulsion blanche résultant de matière grasse de bœuf fractionnée, de lait et d'eau baptisée « margarine » (à partir du grec *margaron* : « blanc de perle » et du nom *polyalcool-glycérine*) **(Ben Belkacem et Bachiri, 2013)**

L'impact nutritionnel des margarines à toujours fait l'objet de plusieurs études, vu qu'elles constituent des sources énergétiques principales en alimentation humaine et aussi parce qu'elles sont d'excellentes sources de vitamines, d'acides gras essentiels et autres constituants mineurs bénéfiques pour la santé **(Poisson et Narce, 2003)**.

Aujourd'hui, une grande majorité des margarines ou matières grasses tartinables de type margarine présentes sur le marché sont constituées d'une phase grasse essentiellement végétale et contiennent en majorité des acides gras polyinsaturés et mono-insaturés ; ces acides gras sont très recherchés en nutrition, mais la présence des insaturations dans leurs chaînes hydrocarbonées les rend très sensibles à l'oxydation **(Ben Belkacem et Bachiri, 2013)**.

L'oxydation est une cause majeure de dégradation de la margarine lors de sa fabrication et de sa conservation ; la conséquence la plus perceptible de celle-ci est l'apparition d'odeurs désagréables. Ces odeurs conduisent souvent au rejet du produit par le consommateur **(Prior, 2003)**. Ainsi, pour garantir une durée de conservation plus prolongée à ces aliments gras, l'addition de molécules anti-oxydantes lors de la formulation de la margarine est indispensable.

Dans la margarinerie dénommée « Maluxe » où notre stage a été effectué l'antioxydant utilisé est l' α tocophérol qui est un antioxydant naturel ; importer de l'étranger ; très coûteux. Pour cette raison, l'objectif principal de cette étude est de substituer cette vitamine par l'huile de sésame qui est riche en vitamines bénéfique et doté d'une activité anti-oxydante.

A cet effet, l'huile de sésame a été valorisée puis utilisée dans la formulation de la margarine. L'efficacité de cette huile dans la prévention de la peroxydation des margarines a été comparée à celle de l' α tocophérol, habituellement utilisé.

Ce mémoire est structurée en trois parties : la première partie est une synthèse bibliographique ; elle met l'accent sur la margarine, grains et huile de sésame.

La deuxième partie élucide l'élaboration des margarines à l'huile de sésame. La troisième partie regroupe l'ensemble des résultats et leur discussions ; et enfin, se termine par une conclusion générale.

Partie Bibliographique

I. La margarine

I.1. Historique

La margarine (du Grec « margaron » blanc de perle) constitue l'un des produits de transformation des corps gras. Elle a été inventée en 1869 en France à la suite d'un concours ouvert par Napoléon III pour fournir à la marine un corps gras semblable au beurre, moins cher et qui puisse se conserver longtemps sans rancir tout en gardant sa valeur nutritive. Pour répondre à ce concours, le pharmacien Français Mège-Mouries (1817-1880) a mis au point une margarine qui est une émulsion blanche résultant du mélange de matières grasses d'origine animales (suif), de lait et d'eau. La découverte de nouveaux procédés technologiques comme l'hydrogénation, l'inter estérification et le fractionnement a permis d'élargir le champ d'utilisation des huiles et des graisses végétales dans la fabrication de margarines, ce qui a entraîné leur considérable développement. D'hier à aujourd'hui, on ne parle plus d'une margarine, mais de différents types, qui sont diversifiés par leurs quantités et compositions en phase grasse, leurs valeurs énergétiques etc. (François, 1974).

I.2. Définition

La margarine est une émulsion de type eau dans l'huile qui comprend deux phases essentielles :

- Une phase continue : la phase grasse (82 à 84 %) du poids total.
- Une phase dispersée : la phase aqueuse (16 à 18 %) du poids total.

Elle contient aussi des additifs :

- Liposolubles tels que : la lécithine, les mono-et di glycérides (comme émulsifiants), les colorants, les arômes naturels ou synthétiques, et les vitamines.
- Hydrosolubles tels que : le sel, les conservateurs (Graille, 2003).

Donc la margarine est un CG culinaire, sous forme d'émulsion d'eau dans l'huile préparé à partir de matières grasses d'origine végétal et / ou animale.

I.3. La composition de la margarine

La composition de la margarine est réglementée par des lois et des normes propres à chaque pays. Toutes les margarines ont en général une composition globale identique (Karleskind, 1992).

I.3.1. Phase grasse

- **Le blend d'huiles** : la phase grasse représente la partie la plus importante de l'émulsion qui peut être d'origine végétale, animale, marine selon les performances souhaitées par la production. En

effet, le choix des huiles de cette phase détermine les qualités du produit fini, notamment le point de fusion, la texture, la consistance et la stabilité, et par conséquent leur utilisation (margarine de table, pâte à tartiner, plat cuisiné, produits divers) (**Morin, 2005**).

➤ **Ingrédients liposolubles**

- **Emulsifiants** : qui sont des composés ayant des propriétés tensioactives, dues à leurs structures chimiques composées à la fois de groupes hydrophiles et lipophiles et de ce fait pouvant se dissoudre dans les deux phases, permettant leur union sous forme d'émulsion homogène. Les émulsifiants utilisés dans les margarines sont la lécithine, les mono et di glycérides (**Luterotti et al., 2006**).
- **Colorants** : La couleur de la margarine doit être assez voisine de celle du beurre. Elle est obtenue soit par addition d'huile de palme rouge riche en caroténoïdes ou de β -carotène de synthèse (**Luterotti et al., 2006**).
- **Arômes** : Les margarines sont souvent aromatisées par le diacétyle, arôme naturel du beurre, qui est un liquide jaunâtre à forte odeur qui donne à la margarine une odeur et un goût de beurre d'une manière permanente, au-delà d'une certaine limite, le goût n'est plus agréable et est jugé artificiel (**Faur, 1992**).
- **Vitamines** : Il s'agit des vitamines A, D et E qui sont naturelles ou synthétiques. Peuvent également être employées comme anti oxygènes, additionnées de substances dites synergiques, comme l'acide citrique ou phosphorique qui complètent leur action stabilisatrice (**François, 1974; Faur, 1992**).

I.3.2. Phase aqueuse

Représente environ 16% de la composition globale de la margarine. Elle est constituée soit d'eau, soit de lait ou d'un mélange des deux, elle est très sensible à des contaminations bactériennes, et donc nécessite une pasteurisation préalable (**Karleskind, 1992**).

Cette phase contient :

- **Eau** : qui est considérée comme le constituant le plus important de la phase aqueuse. Elle doit être pure et saine sur le plan microbiologique (**Faur, 1992**).
- **Lait** : le lait doit être pasteurisé, écrémé, et généralement additionné de ferments lactiques qui développent un arôme agréable proche de celui du beurre (**Faur, 1992**).
- **Sel** : il est employé pour donner à la margarine son goût propre, il intervient dans le profil de la flaveur, à côté de son rôle dans l'amélioration de la sapidité, peut être bactériostatique (**François, 1974 ; Faur, 1992**).
- **Conservateurs** : les conservateurs les plus utilisés sont les acides faibles tels que l'acide sorbique E(200), qui possède un bon effet fongistatique, dont l'action inhibitrice est en

fonction de sa concentration. L'acide sorbique est autorisé avec une teneur de 2g/kg (**Denis, 1992**).

➤ **Correcteurs de pH** : L'acide citrique est un antioxydant synergique (avec l'acide sorbique) puissant qui permet le contrôle du pH de la phase aqueuse, son utilisation est autorisée à des doses maximales de 0,1% (**Alaise et Linden, 1997**).

I.4. Les caractéristiques de la margarine

I.4.1. Les caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques de la margarine sont liées à l'état du corps plastique de la margarine et à son état d'émulsion très fine. La margarine est plastique revient à dire qu'elle n'est ni liquide ni solide (**Champtier, 1956**).

I.4.2. Les caractéristiques chimiques

Ces derniers sont assez variables du fait qu'il y a plusieurs sortes de margarines selon les emplois et les méthodes de fabrication. Les valeurs intéressantes à connaître sont (**Champtier, 1956**) :

- La composition du produit.
- La composition en acides gras de la PG et, en particulier, la teneur en AG essentiels.
- La nature et la teneur en divers éléments non glycérides (tocophérol).
- Les indices du degré de fraîcheur : acidité, indice de peroxyde.

I.4.3. Les caractéristiques biologiques

Comme tout produit alimentaire, les margarines risquent d'être contaminées par des microorganismes qui, en se développant, provoquent une altération des qualités organoleptiques (flaveur, apparence, texture). Ainsi le contrôle des matières premières et le respect des règles d'hygiène et de propreté au cours de la production sont indispensables pour réduire les risques de contamination (**Frey et Bach, 1992**).

I.4.4. Les caractéristiques nutritionnelles

Les margarines sont avant tout des corps gras alimentaires, qui apportent des éléments nutritifs importants et une énergie métabolisable d'environ 7500cal/Kg. C'est une excellente source de vitamines liposolubles (A, E, D) et elles sont douées d'une bonne digestibilité, qui est expliquée par l'état d'émulsion dans lequel se trouve le produit qui favorise notablement leur absorption et utilisation. Plusieurs types de margarines sont apparus sur le marché avec des propriétés diététiques ou thérapeutiques particulières : margarine à faible teneur en CG et margarine riche en acides linoléique (régime pour maladies cardiovasculaires (**Champtier, 1956**).

I.5. Types de margarines

Il est difficile de donner une composition typique des margarines tant que celles-ci peuvent varier en fonction des utilisations, des saisons et des régions. D'un point de vue commercial, on peut distinguer plusieurs types de margarine (Figure 1) (**Djouab, 2007**).

I.5.1. Margarines de tables

Elles sont destinées aux emplois ménagers et culinaires, on en énumère :

I.5.1.1. Margarine de table tartinable

Elles ont un apport en AGPI, principalement linoléique de 20 à 30%, 24 à 40% d'AGMI, 10 à 30% d'AGS, 15 à 30% d'AG trans. Le rapport polyinsaturés / saturés est de 0.3 à 0.7 (**Nawar, 1985**).

I.5.1.2. Margarine de table végétale

Elle contient de 6 à 12% d'AGPI, 25 à 55% d'AGMI, 10 à 30% d'AG à chaînes courtes et moyennes, 35 à 75% d'AGS et jusqu'à 51% d'AG trans. Le rapport polyinsaturés/saturés varie de 0.1 à 0.3 (**Miskandar et al., 2005**).

I.5.1.3. Margarine de table courante

Elles sont assez voisines des précédentes, mais elles se différencient par le fait qu'elles peuvent contenir une certaine proportion d'huile et de graisse d'origine animale ou marine. De ce fait, ces margarines contiennent une certaine quantité de cholestérol, de l'ordre de 0.1 à 0.2 % alors que les deux catégories précédentes ne contiennent pas ou juste des traces inévitables (**Miskandar et al., 2005**).

I.5.1.4. Margarine douce battue

Elle contient jusqu'à 50% d'air injecté ; cette margarine est disponible aux Etats-Unis emballée dans du papier aluminium, et enveloppée hermétiquement dans un carton d'aluminium laminé (**Miskandar et al., 2005**).

I.5.1.5. Minarines

Ce type de margarine n'est pas réglementé par la norme relative aux margarines ordinaires ou diététiques ; elles contiennent entre 52.5 et 72% de MG et se vendent sous forme de paquets ou de paquettes. Le paquet est emballé et cartonné tout comme la margarine ordinaire (**Karleskind, 1992**).

I.5.2. Margarines à faible taux de matière grasse

Ces produits contiennent de 20 à 72% de phase grasse. Elles renferment moins de lipides et donc la quantité de phase aqueuse est élevée (Karleskind, 1992).

I.5.3. Margarines diététiques ou spéciale (basses calories)

Elles sont spécialement fabriquées pour certains emplois particuliers ; elles sont destinées aux sportifs, enfants, vieillards, amaigrissants, etc... (Mussner et al., 2002).

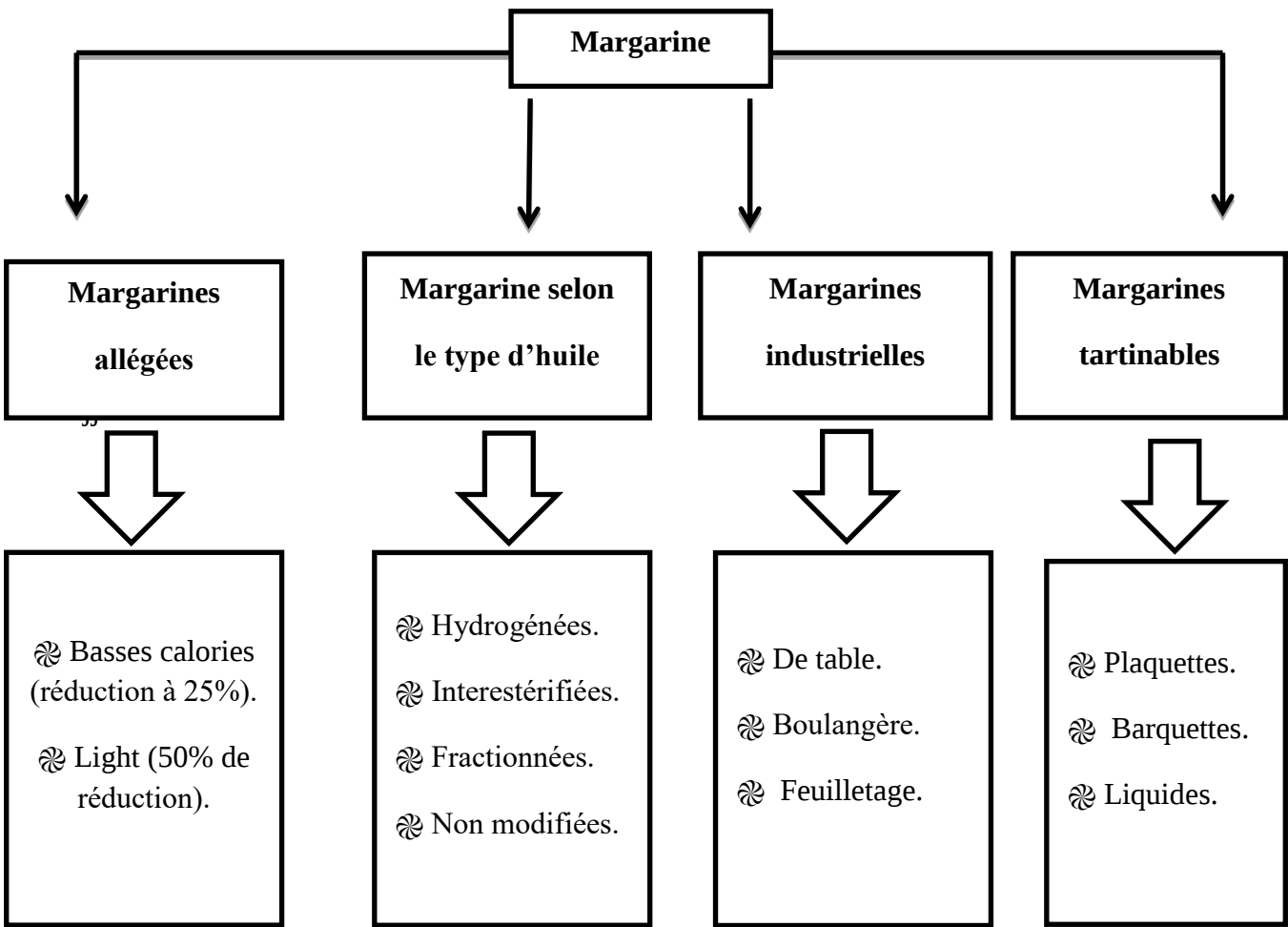


Figure 1 : classification des margarines disponibles sur le marché mondial (O'Brien, 2009).

I.6.Les huiles végétales

I.6.1.Définition

On appelle huile végétale une matière grasse liquide et comestible obtenue à partir de graines oléagineuses (tournesol, soja, arachide, olive...) et utilisée en cuisine et dans l'alimentation (**Sarr, 2009**).

I.6.2. Raffinage

La plupart des huiles brutes doivent être débarrassées des impuretés qu'elles renferment afin d'améliorer leur conservation, leur goût, leur aspect et leur digestibilité. Le but du raffinage est de préserver les substances nobles comme les antioxydants (par exemple les tocophérols) ou certaines propriétés techniques et d'éliminer les éléments mineurs indésirables qui peuvent être :

- Des constituants mineurs de l'huile tels que les acides gras libres, les phospholipides, les cires, les pigments, les produits d'oxydation, etc. ;
- Des contaminants tels que des traces de métaux ou de solvant, des pesticides qui peuvent provenir des pratiques culturales, de l'environnement ou encore des conditions de stockage des graines oléagineuses (**Bauer et al., 2010**).

Les procédés les plus couramment utilisés en usine sont le raffinage chimique et le raffinage physique, les deux en continu (**Bauer et al., 2010**).

Le raffinage comprend tout ou une partie des opérations suivantes:

a. Démucilagination : élimination de mucilages par une solution de pH variée.

b. Désacidification : élimination des AGL par une solution alcaline ou par distillation sous vide, puis on effectue un lavage, séparation, et un séchage sous vide.

c. Décoloration : élimination des pigments et des colorants par voie physique uniquement. Le traitement par les terres ou charbons absorbants doit être considéré comme une opération physique même s'il peut entraîner, en outre, certaines modifications chimiques.

d. Désodorisation : élimination des produits odorants et volatils par voie physique et sous pression réduite.

e. Frigélisation ou wintérisation: élimination des produits concrets et des cires par filtration à basse température à condition que cette opération conserve les caractéristiques analytiques du corps gras traité, elle est suivit d'une séparation (**Vierling, 2008**).

I.6.3. Traitements de modification des corps gras

D'après (**Bauer et al., 2010**); les procédés de modification, permettent de changer les propriétés physico-chimiques des corps gras naturels. Il existe principalement trois types de modifications qui peuvent être utilisés séparément ou de façon combiné.

a. Fractionnement

C'est un procédé réversible et purement physique. Il consiste à séparer ou fractionner les Triacylglycerol (les constituants des huiles et des graisses) en fonction de leur point de fusion et de leur solubilité. Deux nouveaux appelés oléine et stéarine, aux propriétés bien distinctes du produit d'origine (**Bauer et al., 2010**).

b. Hydrogénation

C'est un procédé chimique de transformation des corps gras qui agit sur les acides gras insaturés des TAG. L'hydrogénation permet de durcir un corps gras par saturation des chaînes insaturées d'AG qui le composent. Outre des caractéristiques de fusion modifiées, le corps gras hydrogéné présente une meilleure résistance à l'oxydation, ce qui permet notamment de limiter le rancissement (**Bauer et al., 2010**).

c. Inter estérification

C'est un procédé physico-chimique qui correspond à la modification de la structure glycéridiques des corps gras par réarrangement moléculaire des AG sur le glycérol. Il a pour but de modifier le comportement à la fusion d'une huile ou d'une graisse sans modifier la composition des AG. L'inter estérification, permettant une meilleure maîtrise de la qualité à la fois fonctionnelle et nutritionnelle des matières grasses, est de nouveau utilisée pour des applications alimentaires (**Bauer et al., 2010**).

I.7. Technologie de la margarine

La fabrication de la margarine repose sur l'émulsion eau dans l'huile. La phase liquide (essentiellement constituée de matières grasses végétales) constitue la phase continue dans laquelle est incluse la phase dispersée (contenant divers additifs et ingrédients) (figure 2) (Cossut et al., 2002)

I.7.1. Préparation de la phase aqueuse : Cette phase représente 16 à 18%. L'eau ou le lait doivent subir une pasteurisation préalable, ils sont ensuite additionnés de : sel, sucre, arôme, conservateur, correcteurs de pH (Karleskind, 1992).

I.7.2. Préparation de la phase grasse : Elle est constituée de matières grasses de différents points de fusion et des ingrédients liposolubles : lécithine, mono glycérides, colorant et vitamines. Le choix des huiles de cette phase détermine en grande partie les qualités du produit fini notamment la texture, la consistance, le point de fusion et la stabilité (Karleskind, 1992).

I.7.3. Préparation de l'émulsion : L'émulsion est le résultat de combinaison entre la phase aqueuse, la phase grasse et les émulsifiants, qui seront par la suite mélangés dans le bac d'émulsion. A l'aide d'une pompe d'émulsion, le mélange passe vers le pasteurisateur à une température de 80°C/16 sec. Ensuite, il passe vers le combineur sous une température de 45°C grâce à la pompe de pression (Whitehurst, 2008).

I.7.4. Cristallisation : La solidification des huiles et des graisses dans la fabrication de la margarine n'est pas un processus simple. Par conséquent, l'activité principale en production de la margarine est la cristallisation des huiles et graisses (Miskander et al., 2005). Le refroidissement, la cristallisation et le malaxage sont réalisés de façon à conférer à la margarine les caractéristiques rhéologiques désirés ainsi que la stabilité (Graille, 2003).

I.7.5. Conditionnement : Une fois refroidie et cristallisée, la margarine est pompée, grâce à des pompes haute pression, puis conditionnée. Il existe deux types de conditionnement pour la margarine : en barquettes de polychlorure de Vinyle (PVC) ou en papier aluminium (Cossut et al., 2002).

I.7.6. Palettisation / stockage : Une fois conditionnée, la margarine est mise en carton puis sur palettes, puis stockée. Selon le produit, le temps de stockage est plus ou moins long à une température de 10° C (Cossut et al., 2002).

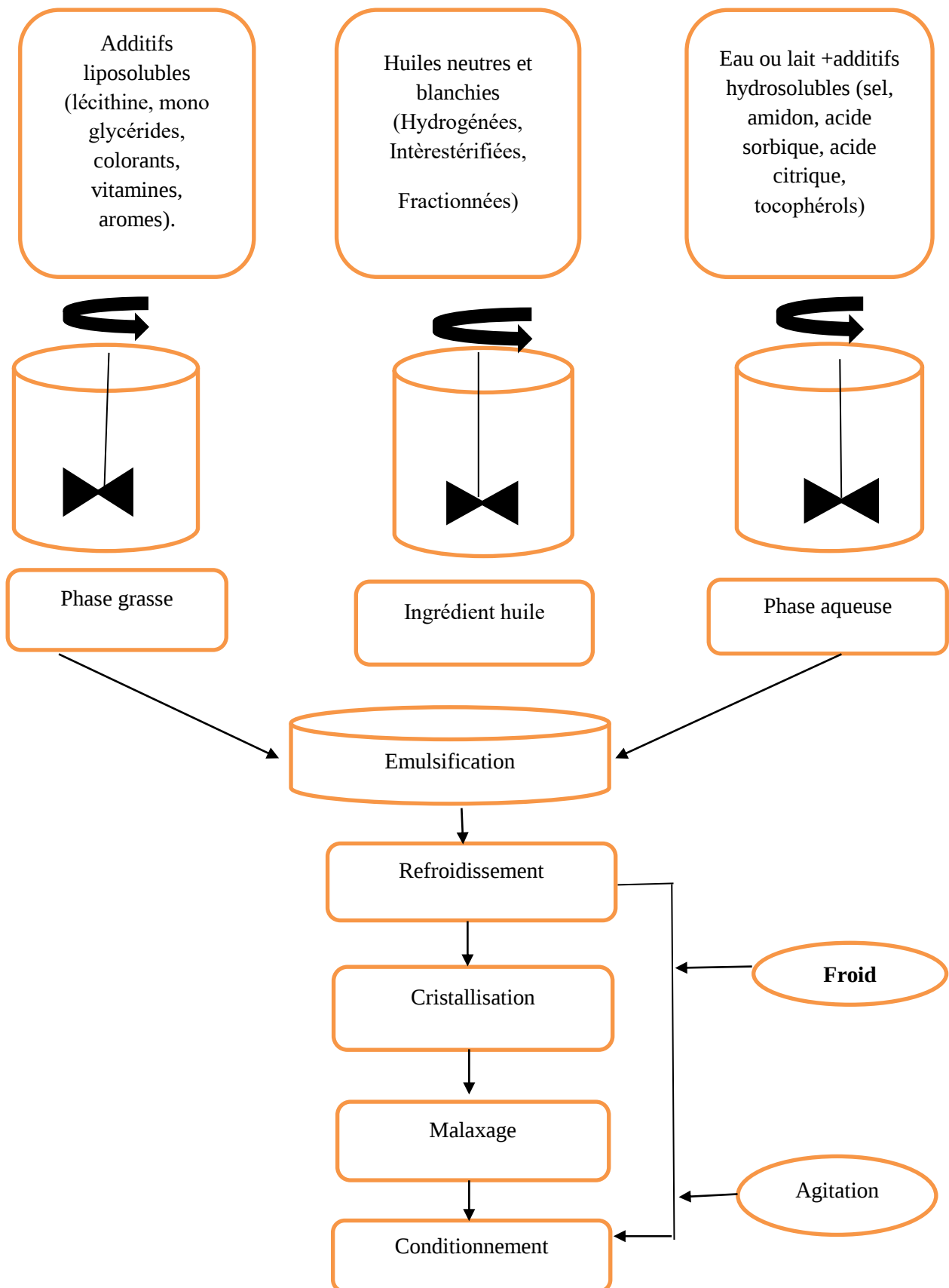


Figure2 : schéma général de fabrication de la margarine (Karleskind, 1992)

Selon **Multon (1992)**, deux techniques sont utilisées pour la réalisation de l'ensemble de ces opérations :

- **Procédé discontinu (Tambour)** : dans lequel les différentes étapes sont effectuées successivement mais avec un temps de repos.
- **Procédé continu (Combinatoire)** : l'ensemble des opérations est réalisé en une seule étape à travers un système de tubes de refroidissement et de cristallisation. Ce procédé comme il est totalement clos, il offre les avantages de diminuer les risques de contaminations microbiologiques et le temps de travail à côté d'augmenter la capacité de production (**Sellami et Tellache, 2018**).

I.8. Altérations de la margarine

La margarine comme tout produit alimentaire est sujette à des altérations qui peuvent être chimique, physiques ou bien microbiologiques (**karleskind, 1992 ; Morelle, 2003**).

I.8.1. Altérations chimiques

Les liaisons ester et double-liaison, caractéristique chimique principale des CG, sont la cause des deux principales formes d'altérations des margarines et des corps gras alimentaires ; hydrolyse et auto-oxydation.

- **Hydrolyse et acidification** : c'est le résultat de l'hydrolyse d'une ou deux des trois liaisons esters des triglycérides, conduisant ainsi à la libération des AG et le glycérol qui se traduit par le phénomène de rancissement, préjudiciables à la qualité du corps en donnant le goût de savon à la margarine. Ce phénomène peut se produire chimiquement en présence de l'eau ou tout simplement d'humidité mais également par voie enzymatique en présence d'une lipase active (**Padley, 1994**).
- **Auto-oxydation** : elle est due à l'action de l'oxygène sur les doubles liaisons des acides gras au cours de stockage. C'est une réaction auto-catalytique et nécessite une quantité infime d'oxygène pour se déclencher et se poursuivre (**Morelle, 2003**).

I.8.2. Altération physiques

Les altérations physiques sont principalement :

- **Défauts d'aspect** : apparition d'une coloration à la surface de la margarine à cause d'une dessiccation superficielle.
- **Défaut de structure** : sont nombreux, tels que l'aspect feuilleté lié à un malaxage excessif, l'aspect huileux dû à l'excès de MG libre ou l'aspect sableux faute d'une cristallisation trop lente.

- **Défauts de consistance** : ils se traduisent par une margarine dure et cassante ou à l'opposé molle dues respectivement à une solidification trop poussée ou insuffisante.

I.8.3. Altérations microbiologiques

Les risques de contamination microbiologique de la margarine proviennent généralement de sa phase aqueuse qui contient des éléments nutritifs pour différents microorganismes (germe aérobies mésophiles, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures). L'air, l'appareillage de fabrication ou du conditionnement et le personnel peuvent également être une source potentielle de contamination **(Roger, 1974)**. L'altération microbiologique peut provoquer une altération de la qualité organoleptique telle que l'apparence, la texture, la saveur et voir même l'apparition de substances toxiques **(Karleskind, 1992)**.

I.9. Conservation

Pendant la réfrigération, la margarine s'altère au cours du temps, avec plus ou moins d'intensité, qui nuit à ses qualités marchandes et parfois hygiénique. Plusieurs facteurs peuvent être inclus **(Plank, 1965)**.

I.9.1. Influence de la température

L'évaporation de l'eau qui entraîne la perte de poids décroît avec la diminution de la tension de vapeur, celle-ci étant plus faible que la température est basse. On sait également que les réactions chimiques et biochimiques sont ralenties par l'abaissement de la température. Pour chaque réduction de 10°C, la résistance à l'altération s'accroît et double parfois la durée de conservation **(Plank, 1965)**.

I.9.2. Influence de l'humidité relative

A côté de la température, l'humidité relative exerce une très grande influence sur la margarine réfrigérée ; la perte de poids par évaporation s'abaisse avec l'augmentation de l'humidité relative. Ces pertes de poids peuvent être sensiblement diminuées par un emballage convenable de la margarine. En revanche, de fortes humidités relatives favorisent la croissance des micro-organismes. Leurs contaminations commencent toujours par les parties superficielles puis leurs proliférations se propagent rapidement vers l'intérieur **(Plank, 1965)**.

I.9.3. Influence du mouvement d'air

Le mouvement d'air lors de la réfrigération exerce aussi la qualité et la résistance de la margarine à l'évolution bactériologique et à l'oxydation. L'air en mouvement empêche l'accumulation d'humidité à la surface de la margarine et gêne la croissance des microorganismes. Cependant, il provoque un changement plus rapide de la couleur, d'odeurs et de goût sur les Couches superficielles de la margarine par oxydation **(Plank, 1965)**.

II- La graine et Huile de sésame

II.1. Introduction

Le sésame est l'une des plus importantes cultures oléagineuses du monde. La production des plantes oléagineuses prend la troisième place dans la production agricole mondiale.

En ce qui concerne leurs domaines d'application, 80% de la production mondiale d'huiles végétales est destinée à l'industrie alimentaire pour la consommation humaine ; les 20% restantes sont répartis entre les produits destinés à la consommation animale et les industries chimiques (Akpan et al., 2005).

Le sésame constitue une importante source d'huile et sa graine (figure 3) constitue un aliment nutritif pour l'homme. Les histoires rapportent que les anciennes civilisations utilisaient le sésame sous des différentes formes. Les Babyloniens, les Indiens ainsi que les Chinois utilisaient cette graine dans leur gastronomie, les préparations médicinales et cosmétiques, comme source énergétique et dans les rites religieux (Amoukou et al., 2013).

L'huile de sésame est généralement considérée comme une huile de haut de gamme et de grande qualité. Elle est l'une des huiles alimentaires les plus stables en débit de son haut degré d'insaturation. La présence d'antioxydants de type lignane naturel confère à l'huile une stabilité supérieure et des effets physiologiques bénéfiques (Amoukou et al., 2013).

Différentes méthodes sont utilisées pour extraire l'huile des graines de sésame. En Asie, le pressage des graines torréfiées est employé et l'huile à saveur naturelle est utilisée sans raffinage par contre en Occident, l'huile est extraite par un expulseur mécanique en plusieurs étapes. Le sous-produit d'extraction des graines de sésame de par sa richesse en protéines, représente une bonne source alimentaire pour la consommation humaine et animale. Il est également une bonne source d'antioxydants hydrosolubles (Amoukou et al., 2013).



Figure 3 : graines de sésame

II.2. Botanique, culture et production

Le Sésame (*Sésamum indicum*), est une plante herbacée de la famille des *Pédaliacées*, les graines sont enserrées dans le fruit, constitué d'une capsule (figure 4). Le sésame est cultivé pour ses graines comestibles et pour l'huile qui peut en être extraite. Cette plante à un cycle de 75 à 135 jours suivant les variétés et un développement de 0,70 à 2,30m. La culture très ancienne du sésame s'étend dans les zones chaudes et moyennement humides du monde surtout de l'Afrique de l'ouest (**Terrones, 1990**).

La graine de sésame se cultive aisément, s'intègre bien dans la rotation des cultures du coton biologique et offre des rendements modérés de quelques 380 kg de semences par hectare (**Bedigian, 2013**).

La production mondiale en graines de sésame a atteint 31000 tonnes durant la campagne 2005/ 2006 (**Khady, 2007**). Ainsi, les principales régions productrices sont : l'Inde avec 680 millions de tonnes suivi de la Chine qui a produit jusqu'à 650 millions de tonnes (**Terrones, 1990**).

La teneur en huile des graines oscille entre 35% à 57%, mais se situe plus généralement entre 50% à 57%. Il existe des graines de couleur blanche, brune ou noir ; celles de couleur claire ont des teneurs en huile plus élevées, les graines noires ayant des coques plus épaisses (**Tashiro, 1990**).



Figure 4 : les différentes parties de sésame

II.3. Types de graine de sésame

La graine de sésame est petite et de forme ovale, elle peut être de couleur blanche, brune, grise ou noire selon les variétés **(Djicma, 1983)**.

II.4. Définition d'huile de sésame

L'huile de sésame est obtenue à partir de 100% de graine de sésame sans additifs et sans adjonction d'autre huile. Est obtenue selon des procédés classiques de l'huilerie : prétraitement thermique des graines, pression et extraction au solvant ou par pression à «froid» **(Terrones, 1990)**.

II.5. Composition d'huile de sésame

L'huile de sésame est riche en AGPI, en antioxydants, en vitamines E, B1, B2,B3, B6, et B9, ainsi qu'en minéraux comme le calcium, le magnésium, le phosphore , le fer, le zinc, le manganèse et le cuivre **(Morin, 2005)**.

II.5.1. Composition en acides gras

L'huile de sésame est caractérisée par un équilibre en acide oléique-linoléique. Elle contient moins de 20% d'AGS, principalement l'acide palmitique (7.9-12%) et stéarique (4.8-6.1%), alors que les acides oléique et linoléique constituent plus de 80% de la totalité en AG de cette huile. Contrairement à d'autres huiles végétales demi-siccative, les pourcentages de l'acide oléique (35.9-42.3%) et linoléique (41.5-47.9%) dans l'huile de sésame sont proches **(Behera et al., 2004)**.

Les niveaux élevés d'acides gras polyinsaturés (AGPI) et insaturés (AGS) augmentent la qualité de l'huile pour la consommation humaine **(Nupur et al., 2010)**. Le tableau 1 donne la composition en acides gras dans l'huile de sésame.

Tableau 1 : composition et profil des acides gras dans l'huile de sésame (**Yogranjan et al., 2014**)

Acides gras	Pourcentage dans l'huile (%)
Acide palmitique (16 :0)	11,7
Acide stéarique (18 :0)	05,2
Acide oléique (18 :1)	41,4
Acide linoléique (18 :2)	39,4
Acide linolenique (20 :3)	00,4
Acide arachidique (20 :0)	00,4
Acide behenique (22 : 0)	00,6
Acides gras saturés	14,0
Acides gras monoinsaturés	39,0
Acides gras polyinsaturés	46,0
Totale acides gras insaturés	85,0

II.5.2. Antioxydants

Au plan de la définition, un antioxydant se dit à toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, prévient ou retarde de manière significative l'oxydation de ce substrat (**Berger, 2006; Li et al., 2006**).

Les teneurs des antioxydants présents dans l'huile de sésame sont présentés dans le tableau 2.

II.5.3. Composition en insaponifiable

La teneur en insaponifiable de l'huile de sésame est assez élevée de 1 à 1,5% (**Itoh, 1973**). L'insaponifiable contient une classe de produits spécifique au sésame (tableau 2) : la sésamine (moyenne de 360mg/100g de CG) et la sésamoline (moyenne de 270mg/100g de CG) (**Tashiro, 1990**) qui conduit à la formation de sésamol et de sésaminol au cours du raffinage ou de l'hydrogénation ; le sésamol disparaît sensiblement au cours de la désodorisation, le sésaminol étant moins affecté par cette étape du raffinage. Sésamol et sésaminol sont deux antioxygènes puissants (**Terrones, 1990**). (**Coors ,1985**) à évaluer la quantité de sésamol à 10mg/100g dans une huile de sésame extraite au laboratoire à partir de graines d'origine chinoise.

Tableau 2 : composition de l'insaponifiable de l'huile de sésame (Terrones, 1990).

Insaponifiable : 1,0% à 1,5%																							
Teneur en stérol (mg/100g de CG): 593-636 Composition des stérols en% des stérols totaux : <table> <tr> <td>Cholestérol</td><td><0,3</td></tr> <tr> <td>Brassicastérol</td><td><0,1</td></tr> <tr> <td>Campestérol</td><td>18-19</td></tr> <tr> <td>Stigmastérol</td><td>6-7</td></tr> <tr> <td>Fucostérol</td><td><0,5</td></tr> </table> Teneur en hydrocarbures (mg/100g de CG) : 200	Cholestérol	<0,3	Brassicastérol	<0,1	Campestérol	18-19	Stigmastérol	6-7	Fucostérol	<0,5	Teneur en tocophérols (mg/100g de CG): 20-50 Composition des tocophérols en % des tocophérols totaux : <table> <tr> <td>Alpha tocophérol</td><td>4</td></tr> <tr> <td>Beta tocophérol</td><td>2</td></tr> <tr> <td>Gamma tocophérol</td><td>83</td></tr> <tr> <td>Delta tocophérol</td><td>11</td></tr> </table> Composition des lignanes (mg/100g d'huile) : <table> <tr> <td>Sésamoline</td><td>20-480</td></tr> <tr> <td>Sésamine</td><td>70-610</td></tr> </table> Teneur en alcools : Triterpéniques (mg/100g de CG) : 180	Alpha tocophérol	4	Beta tocophérol	2	Gamma tocophérol	83	Delta tocophérol	11	Sésamoline	20-480	Sésamine	70-610
Cholestérol	<0,3																						
Brassicastérol	<0,1																						
Campestérol	18-19																						
Stigmastérol	6-7																						
Fucostérol	<0,5																						
Alpha tocophérol	4																						
Beta tocophérol	2																						
Gamma tocophérol	83																						
Delta tocophérol	11																						
Sésamoline	20-480																						
Sésamine	70-610																						

II.6. Caractéristiques physico-chimiques d'huile de sésame

Le tableau 3 rassemble les principaux indices chimiques et constantes physiques d'huile. Certaines valeurs correspondent aux spécifications de la norme Codex (densité, indice de réfraction, indices d'iode et de saponification) (**Codex, 1983**).

Tableau 3 : Principales constantes physiques et chimiques de l'huile de sésame (**Codex, 1983**).

Caractéristiques	Valeurs
Densité « D20 »	0,915-0,923
Viscosité « V20 » (c.p)	64-67
Indice de réfraction à 20°C	1,474-1,477
Point de solidification (°C)	-3 à -6
Indice d'iode « Ii » (g d'iode/100g de CG)	104-120
Indice de saponification « Is » (mg KOH/g CG)	187-195

II.7. Utilisation

Les graines de sésame sont souvent utilisées entières dans la cuisine pour leur goût prononcé de noisette, incorporées dans une grande gamme de pains salés et sucrés, de farines, de biscuits et de collations, ou simplement saupoudrées sur les petits pains pour hamburger (**Caty, 1996**).

Une partie de la production de sésame (environ 20%) est réservée à la consommation des graines qui sont consommées grillées ou pour la confection de plats traditionnels «purée de sésame». Pour ces débouchés, les graines sont décortiquées par des méthodes chimiques ou La pâte obtenue après broyat des graines entre dans la préparation de nombreux mets locaux, elle sert à faire des gâteaux et du chocolat. Par ailleurs, la pâte issue du filtrage de l'huile est utilisée dans la préparation de savon et de crème de massage.

Pour l'huile de sésame, remarquablement stable grâce à la présence d'antioxydants naturels spécifiques (sésamol et sésamoline) est utilisée pour la friture et l'assaisonnement et également sous forme hydrogénée dans les margarines. Elle trouve aussi des débouchés ; telles que médecine traditionnelle et industrie pharmaceutique (prévention des maladies cardiovasculaires, protège le foie, réduction du cholestérol, antidépresseur et limitation de la dégradation des cellules) (**Caty, 1996 ; Terrones, 1990**).

Le tourteau de sésame est un concentré de grande valeur nutritive et énergétique pour l'alimentation du bétail et de la volaille. Il est particulièrement riche en acides aminés et il

apporte dans la ration des animaux une amélioration du rapport Ca/P qui se rapproche de l'optimum. D'excellents résultats ont été obtenus dans l'alimentation des vaches laitières et l'engraissement du bétail et des poulets de chair avec le tourteau de sésame (**Terrones, 1990**)

II.8. La conservation de L'huile de sésame

Conserver l'huile à l'abri de l'air, de la lumière et de la chaleur dans un endroit frais. Le contenant devrait être étanche, étroit, opaque profond et de petit format. Si l'huile est pressée à froid doit être conservée au réfrigérateur, elle s'y conservera un an, mais seulement quelques mois après l'ouverture.

Une huile pressée à froid conservée au réfrigérateur aura tendance à se solidifier et à former des amas blanchâtres comme des «flocons», ce qu'on appelle le floconnage. Ce phénomène n'altère aucunement la qualité ni le goût de l'huile qui redevient liquide à la température de la pièce (**Nitièma et al., 2012**).

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthode

Pour la réalisation de cette étude des échantillons de margarine ont été fabriquées à l'unité « MALUXE»

II.1. Présentation de l'unité « MALUXE»

L'unité MALUXE a été mise en production le mois de Janvier 2003 ; elle se situe dans la zone industrielle Kaidi lot n°50 Borj-El-Kiffane dans la wilaya d'Alger (annexe 01). La surface totale du terrain est de 3000m² dont 1600m² répartis entre production et administration, 1400m² réservés pour le stockage de la matière première ; l'unité dispose de deux chambres froides.

II.1.1. Description de l'atelier de production

L'unité ne dispose pas d'un atelier d'hydrogénation et de raffinage ; de ce fait elle importe des graisses hydrogénées (palme, palmiste stéarine) et des huiles raffinées. L'atelier de production comporte : un fondoir qui est un bac à double paroi, chauffé à 70-80°C ; il est utilisé pour fondre les matières premières solides conditionnées dans des cartons de 20-25kg.

Une salle de préparation des phases (grasse / aqueuse) et d'addition des ingrédients ; cette salle comporte deux bacs en inox de 200L qui fonctionnent en alternance pour la préparation de la phase grasse et deux autres bacs en inox de 500L qui fonctionnent en alternance pour la préparation de la phase aqueuse. Les bacs de stockage des huiles hydrogénées et raffinées sont en inox ; ils sont localisés à l'extérieur de l'atelier de production.

Dans la salle de production il y a deux bacs en inox de 200L pour l'émulsion et une ligne de production ; cette dernière se compose d'une pompe à eau, d'un refroidisseur, un cristallisant, un tube de repos, une empaqueteuse et un rework (un système de recyclage). La chambre froide est destinée pour le stockage des produits finis à une température comprise entre 8 et 10°C (annexe 02).

II.1.2. Activités principales de l'unité

L'unité « Maluxe » est spécialisée dans la fabrication de différents types de margarines, on en cite la margarine à tartiner « FRUCTA », une margarine de table destinée à la consommation direct ; elle est commercialisée on en plaquettes de 100, 200 et 250g et en barquette de 500 et 250g ; la margarine pâtissière (en vrac de 10kg) à usage domestique et industrielle pour la préparation de crème, gâteaux, etc. et enfin la margarine de feuilletage (en plaquette de 500g) destinée à l'industrie boulangère.

II.2. Objectif et protocole expérimental de l'étude

L'objectif de notre étude consiste en la possibilité de substituer l' α -tocophérol habituellement utilisé lors de la fabrication de la margarine à l'unité (Maluxe) par l'huile de sésame. Pour rappel, l' α -tocophérol est un antioxydant importée de Netherland. La fiche technique accompagnant l' α tocophérol est insérée en (annexe 03).

Dans le souci d'économiser sur le prix de revient de la margarine nous avons tenté de substituer l' α tocophérol par l'huile de sésame. Cette huile est dotée d'une activité anti-oxydante et peut être utilisée dans la conservation des aliments et des CG.

L'huile de sésame utilisée dans notre étude est extraite à partir des graines de sésame (brun) achetées dans le commerce, préalablement nettoyées, conditionnées dans des bouteilles en verre et conservées à l'abri de la lumière (annexe 05).

II.3. Elaboration de la recette des margarines

Dans le but de répondre à notre objectif, 4 échantillons de margarine (M1, M2, M3, MT) sont fabriqués à l'unité «Maluxe». Mise à part la substitution de l' α tocophérol par l'huile de sésame les 4 échantillons sont fabriqués dans les mêmes conditions opératoires à l'échelle laboratoire (figure 5). Ce dernier a été inspiré de celui appliqué par l'unité de fabrication «Maluxe» (annexe 2).

L'huile de sésame est introduite dans la phase grasse de la margarine à différentes concentrations comme suit :

- Margarine test 1 (M1) : margarine à 6% d'huile de sésame
- Margarine test 2 (M2) : margarine à 8% d'huile de sésame
- Margarine test 3 (M3) : margarine à 10% d'huile de sésame
- Margarine témoin (MT) : margarine témoin à l' α tocophérol (sans l'huile de sésame)

La préparation de notre margarine test s'est réalisé en conformation avec la formulation standard en respectant les pourcentages, 80% de la phase grasse et de 16 à 18% de la phase aqueuse (tableau 4).

II.3.1. Préparation de la phase grasse

La phase grasse utilisée est constituée de : soja 36/37, palme 38/40, et 47. Les huiles et les ingrédients liposolubles sont préalablement pesés. Ces huiles sont introduites dans un bécher de 500ml et portées à une température de 70°C. En parallèle, les ingrédients liposolubles, et en quantités requises par la recette, sont dissous dans un bécher de 250ml ou on a ajouté l'huile de sésame ; le contenu de ce bécher est porté à une température de 70°C pour une meilleure dissolution des émulsifiants (Lécithine de soja et mono-glycérides) ; la dissolution est réalisée à l'aide d'un agitateur magnétique. Ensuite, ces ingrédients liposolubles dissous sont transvasés dans le bécher de 500ml contenant le mélange des huiles ; le mélange ainsi obtenu est porté à une température de 70°C.

II.3.2. Préparation de la phase aqueuse

L'eau et les ingrédients hydrosolubles, en quantité requise par la recette, sont introduits dans un bécher de 250ml ; le mélange est maintenu à une température de 50°C pendant 15min pour dissoudre les ingrédients et pasteuriser cette phase.

Tableau 4 : formulation des margarines

Matière première	Composition en %
Phase grasse	
Huile de soja hydrogéné 36 /37	NR
Huile de palme hydrogéné 38/40	NR
Huile de palme hydrogénée 47	NR
Ingrédients liposolubles (en g)	
Mono-glyceride	8
Lécithine de soja	4
β-cartone	0.05
Arome de beurre	0.4
Vitamine E	0.01
Phase aqueuse	
Eau	18
Ingrédients hydrosolubles (en g)	
Sel	2.5
Sucre	2
Acide citrique	0.02
Benzoate de sodium	0.25

NR : quantité introduite non révélée par l'entreprise

II.3.3. Emulsification

Elle consiste d'abord à mélanger les deux phases, grasse et aqueuse puis à les porter à une température de 65 à 70°C pendant 15min et enfin procéder à une agitation ; cette dernière est réalisée au moyen d'un batteur électrique ; l'émulsion est, alors, homogène (annexe 11).

II.3.4. Refroidissement

L'émulsion, ainsi, obtenue a été versée dans un pot ; celui-ci est déposé dans un grand contenant de l'eau glacée (-10°C) ; ce dispositif est similaire à un bain-marie ou l'émulsion se fige et se stabilise. Une agitation lente associée à un raclage manuel de la margarine est pratiquée.

II.3.5. Malaxage

Cette opération permet de donner à la margarine élaborée une plasticité et une texture convenable. C'est un malaxage manuel léger jusqu'à stabilisation totale de sa texture.

II.3.6. Conditionnement

La margarine de table, une fois produite, est mise dans des pots en plastique fermés hermétiquement (annexe 12).

II.3.7. Stockage

Les pots de margarine ont été stockés au réfrigérateur à une température de +6°C. Les margarines élaborées « témoin et tests » ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique pour apprécier leur résistance à l'oxydation conformément aux objectifs tracés dans notre étude.

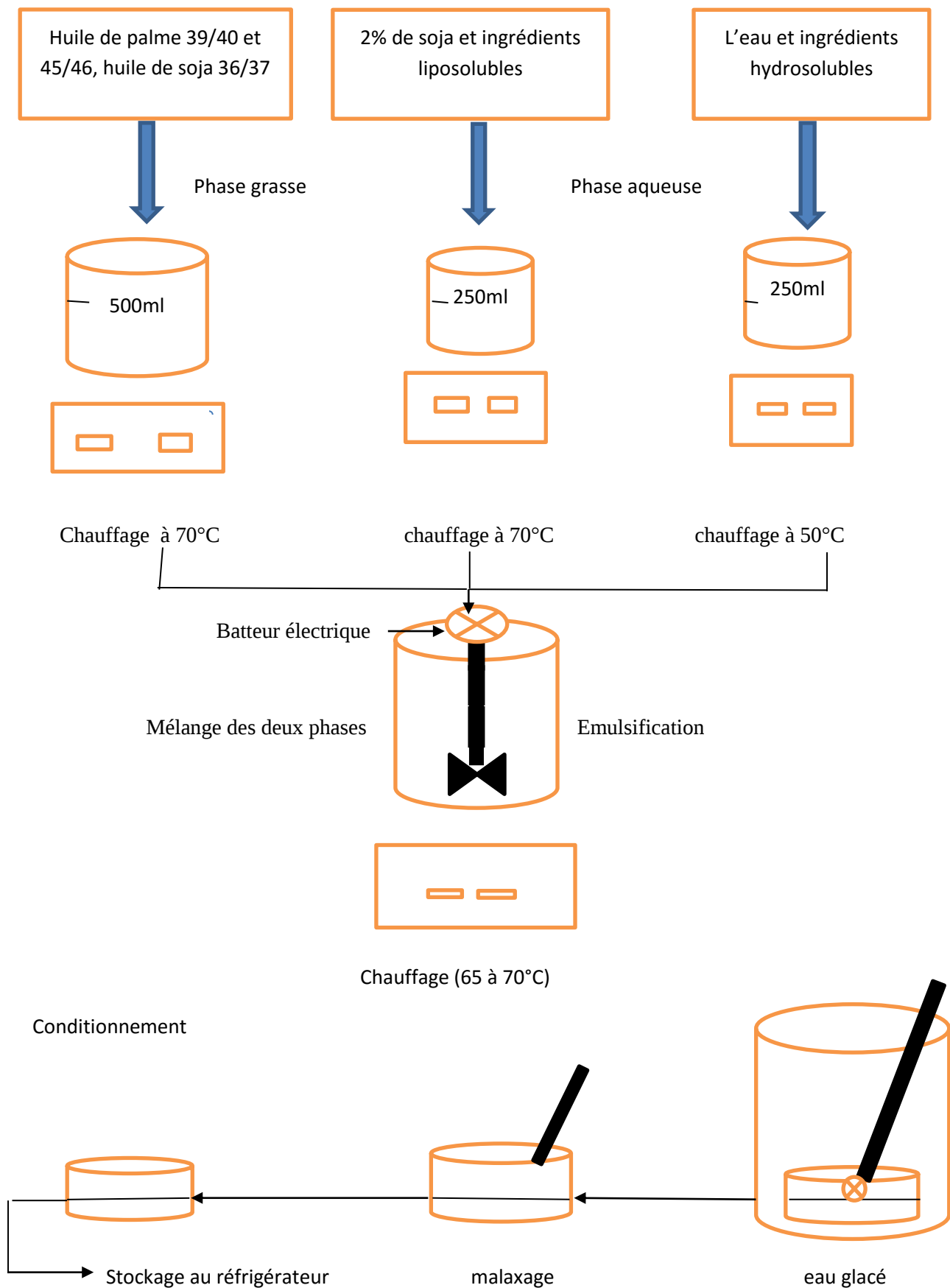


Figure 5 : diagramme de fabrication des margarines « tests » au laboratoire

II.4. Caractérisation physico-chimique de l'huile de sésame et des margarines

II.4.1. Détermination de l'humidité (Teneur en eau)

Dans un dessiccateur à infrarouge, on a introduit 2g de la margarine à analyser dans une capsule préalablement séchée et tarée. Le résultat s'obtient par la lecture directe sur l'écran du dessiccateur (annexe 06).

II.4.2. Détermination du point de fusion (NE.1.2 .91, 1988)

Le point de fusion est réalisé par la méthode décrite par la norme. C'est la température à laquelle une matière grasse, dans un tube capillaire, sera mollie jusqu'à un tel point qu'elle remonte dans le tube. Cette méthode est basée sur le passage de la matière grasse de l'état solide à l'état liquide sous l'effet de la chaleur, à une certaine température (maximum 37°C).

Le mode opératoire de cette technique est détaillé en (annexe 07).

II.4.3. Mesure de pH (Afnor, 1982)

Le pH est mesuré directement sur la phase aqueuse après sa séparation de la margarine à l'aide d'un pH-mètre (annexe 08).

II.4.4. Détermination de l'indice de peroxyde (NE.1.2.98, 1988)

L'indice de peroxyde est réalisé par la méthode décrite par la norme. Il correspond à la quantité du peroxyde présent dans l'échantillon exprimée en milli équivalent d'O₂ actif par kg du corps gras dans les conditions opératoires décrites, avec le traitement d'une prise d'essai en solution dans l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI). Titration de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium.

Le détail de cette méthode est porté en (annexe 09).

➤ Expression des résultats

$$IP \text{ (meq d'oxygène actif/kg de CG)} = (V - V_0) \cdot N \cdot 1000/m$$

Où

IP : indice de peroxyde en meq d'oxygène actif/Kg de CG

V : est le volume de thiosulfate de Na de l'échantillon

V0 : est le volume requis pour titrer le blanc

m : est la prise d'essai en grammes

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0.01N)

II.4.5. Détermination de l'acidité

L'acidité est l'expression conventionnelle du pourcentage d'AGL selon la nature du CG. La détermination de l'acidité a une grande importance dans la mesure où elle permet de mesurer le degré d'altération (hydrolyse des TG) de la MG. Le principe consiste à neutraliser les AGL à l'aide d'une solution de NaOH en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré. Les étapes de cette détermination sont énumérées en (annexe 10).

➤ Expression des résultats

$$A(\%) = \frac{V.N.M}{10.m}$$

Où

A : acidité exprimée en pourcentage

V : volume en (ml) de la solution NaOH utilisée pour le titrage

N : normalité de la solution NaOH (0.1 N)

m : masse en gramme de la prise d'essai

M : masse molaire de l'acide oléique (282 g/mol)

II.5. L'étude de Variation de l'IP en fonction de temps à la température de stockage

Une expérience a été réalisée sur des échantillons de margarine ; qui ont été stockés au réfrigérateur (+6°C) pendant une semaine pour tester l'effet de l'huile de sésame incorporés dans les margarines par rapport au tocophérol, habituellement employé dans la margarinerie où notre étude a été réalisée.

II.6. Evaluation sensorielle

II.6.1. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est la science développée pour permettre la mesure des propriétés sensorielles des aliments. Cette mesure est réalisée par un panel de sujets experts sensoriels, préalablement sélectionnés et entraînés, qui vont évaluer les produits de façon objective et répétable (**Bauer et al., 2010**).

Utilisant l'homme comme instrument de mesure, l'analyse sensorielle permet de quantifier des sensations complexes en éliminant toute subjectivité dans l'appréciation d'un produit (**Urvoy et al., 2012**).

L'analyse sensorielle permet par exemple d'évaluer l'effet d'un ingrédient, du procédé de fabrication ou des conditions de conservation sur les propriétés sensorielles du produit. Elle permet également de comparer les propriétés sensorielles des produits en cours de développement avec celles des produits concurrents et permet en outre de mieux comprendre les préférences des consommateurs (**Bauer et al., 2010**).

II.6.2. Panel de sujet expert

Les panels de sujets experts sensoriels utilisés en analyse sensorielle ont une vocation analytique et objective. Ces panels sont utilisés comme un instrument de mesure des propriétés sensorielles des produits, qui tel un instrument analytique de laboratoire, doit être préalable, reproductible et juste. Les sujets sont sélectionnés et entraînés à décrire et évaluer les produits en question. Un panel expert sensoriel contient généralement entre 06 et 16 sujets.

II.6.3. Analyse hédonique

L'analyse hédonique a pour but de comprendre les préférences et le comportement des consommateurs, et qui utilisent un panel de consommateur (**Bauer et al., 2010**).

II.6.4. Panel de consommateur

Le panel de consommateurs a lui une vocation hédonique. Il est utilisé dans le but de mieux comprendre les comportements et préférences des consommateurs.

II.6.5. Préparation et présentation des échantillons

Quatre échantillons différents de margarine codés (A, B, C, D) ont été préparés au niveau de laboratoire de «Maluxe».

Il est important de citer que la différence entre les échantillons est seulement la concentration de l'huile de sésame ajouté :

Echantillon A : M1 (6% d'huile de sésame)

Echantillon B : M2 (8% d'huile de sésame)

Echantillon C : M3 (10% d'huile de sésame)

Echantillon D : MT (sans l'huile de sésame)

Une quantité de chaque échantillon de margarine est mise dans des flacons en verre où le code de l'échantillon est mentionné. En plus de l'ordre de présentation des échantillons, les critères suivants sont pris en considération :

- Dans le but d'effectuer la tartinabilité des échantillons, du toast sans sel est donné aux jurys.
- Pour une meilleure identification du goût salé, la margarine est goûtée sans pain pour mieux admettre le goût salé.

Afin de regagner le seuil initial après la dégustation, les sujets prennent à la fin de chaque dégustation d'un échantillon, un peu de pomme et ils se rincent la bouche avec de l'eau (annexe 13).

II.6.6. Questionnaire

Le questionnaire doit être le plus clair possible. Toutes les explications et instructions nécessaires doivent s'y trouver (**Delacharlerie et al., 2008**).

Dans le cas de notre étude, deux questionnaires ont été préparés, un pour le test d'analyse sensorielle et un autre pour l'analyse hédonique (annexe 14).

II.6.7. Déroulement de l'évaluation sensorielle

Les tests de dégustation ont été réalisés, au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques de l'unité «Maluxe», deux jours après la préparation de notre margarine afin que le produit soit apte pour la consommation où chaque sujet fait son test individuellement (annexe13).

II.7.Méthodes statistiques

Pour l'interprétation des résultats obtenus les données ont fait l'objet d'analyses statistiques à savoir :

Une analyse de variance (ANOVA), pour déterminer l'effet du facteur étudié. La signification des résultats est exprimée en fonction de la probabilité :

- La probabilité inférieure à 0,001 donne un effet très hautement significatif (noté ***);
- La probabilité inférieure 0,01 un effet hautement significatif (noté **);
- La probabilité inférieure à 0,05 un effet significatif (noté *)
- Pour une probabilité supérieure à 5% on considère que l'effet n'est pas significatif (noté NS).

Si l'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les traitements des données de l'analyse sensorielle, une comparaison des moyennes est faite à l'aide du test de NEWMAN et KEULS qui permet de faire un classement des valeurs à un seuil de 5%.

Les variables statistiques sont calculées à l'aide du logiciel STATISTICA version 10.0.

Résultats et discussions

III. Résultats et discussions

III.1. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'huile de sésame

L'ensemble des résultats de la caractérisation physico-chimique d'huile de sésame sont regroupés dans le tableau 5.

Tableau 5 : résultats des caractéristiques physico-chimiques d'huile de sésame.

Analyse	Résultat	Norme
Humidité (%)	$0,15 \pm 0,014$	-
Acidité (% oléique)	$3,615 \pm 0,148$	$\leq 3,3$
Point de fusion (°C)	$28,04 \pm 0,070$	-
Indice de peroxyde (méq d'O ₂ / Kg de CG)	$8,1 \pm 0,70$	10

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'huile de sésame présentent un indice de peroxyde de 8.1méq d'O₂/kg, qui est supérieure à celle d'huile de palme (5meq d'O₂/kg) utilisé habituellement à l'unité, fiche technique de l'huile de palme (annexe 4).

L'acidité de l'huile de sésame (3.615 %), est beaucoup plus élevée que celui de l'huile de palme (0 ,14 %). Car l'huile de sésame est une huile fluide riche en acide gras insaturées par contre l'huile de palme est une huile qui contient un taux élevé d'acide gras saturée et moins d'acide gras insaturées.

Ces résultats sont dans l'intervalle requis par la norme (**Codex, 2005**).

III.2. Résultats des analyses physico-chimiques des margarines

III.2.1. Teneur en eau

L'eau est un composé essentiel de la phase aqueuse de la margarine ; elle dissout les ingrédients hydrosolubles ; cependant cette eau peut favoriser l'altération biologique des margarines ; elle peut être aussi responsable de son altération chimique par hydrolyse des TG et libération des AG ; ces AGL augmentent l'acidité de la margarine et constituent des précurseurs de l'oxydation et de la rancidité (**Cheftel, 1986**)

Les résultats de l'humidité des différentes margarines étudiées sont représentés dans la figure 6. Le taux d'humidité obtenue pour la margarine au tocophérol (MT) est en moyenne de $17,69 \pm 0,014\%$. Alors que, pour les trois margarines élaborées avec l'huile de sésame (M1, M2, M3), les taux d'humidité sont respectivement : $16,56 \pm 0,014\%$; $16,31 \pm 0,014\%$ et $16,47 \pm 0,014\%$. L'analyse des résultats de l'humidité des margarines a montré que les

valeurs enregistrées pour les margarines fabriquées avec l'huile de sésame sont plus faibles que celle obtenue pour la margarine au tocophérol. On note aussi que la margarine 8% huile de sésame (M2) présente la plus faible valeur.

Ces résultats sont proches de celles obtenues par **Benbelkacem et Bachiri (2013)**. Ces auteurs ont noté dans une étude portant sur l'évolution de l'activité antioxydante du zests d'orange et du clou de girofle dans la margarine, que l'humidité de la margarine varie entre 15.33% et 17.69%. De plus, il ressort des résultats que les valeurs de l'humidité des différentes margarines sont conformes à la spécification de l'entreprise allant de 16 à 18 %.

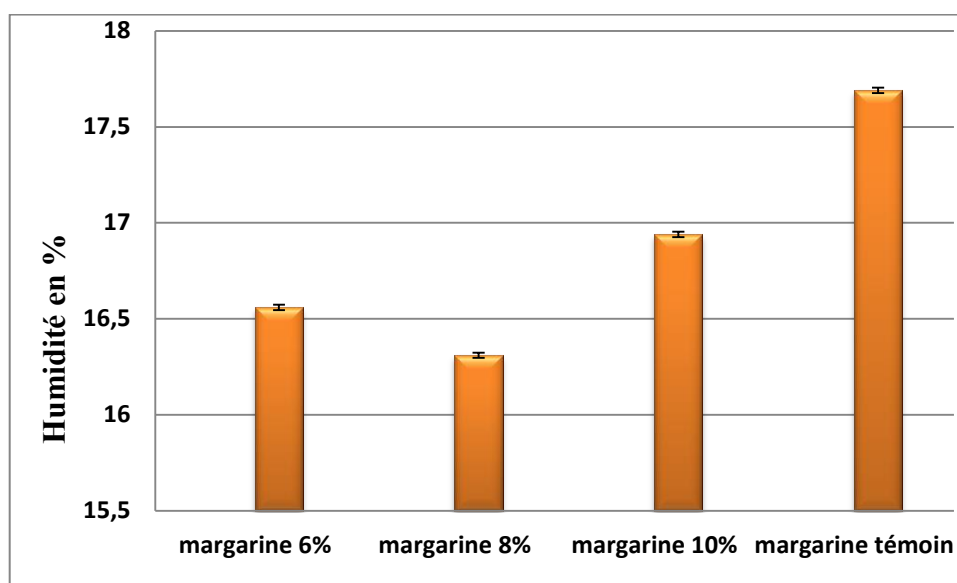


Figure 6 : résultats de la teneur en eau des margarines

L'analyse de la variance fait apparaître un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) de l'incorporation de l'huile sésame sur l'humidité des margarines (annexe 15).

III.2.2. Point de fusion

Le point de fusion d'un CG est lié à l'insaturation, la position et la géométrie cis ou trans des AG des glycérides. Il est important de souligner que les huiles et les matières grasses n'ont pas un point de fusion bien défini, mais une zone de fusion (**Cheftel, 1986**).

Les résultats de point de fusion des différentes margarines étudiés sont représentés dans la figure 7. Les points de fusion obtenus pour la margarine au tocophérol MT et la margarine M1 varient de $36,55 \pm 0,212^{\circ}\text{C}$ à $35,05 \pm 0,212^{\circ}\text{C}$. Alors que pour les margarines M2 et M3 les valeurs sont $30,5 \pm 0,70^{\circ}\text{C}$ et $29,5 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ respectivement.

L'analyse des résultats de point de fusion des margarines a montré que les valeurs enregistrées pour les margarines 8% (M2) et 10% (M3) sont plus faibles que celles obtenues pour les margarines 6% (M1) et la margarine au tocophérol (MT). On note aussi que la margarine 10% huile de sésame (M3) présente la plus faible valeur. Ces résultats sont plus faibles que de celles obtenues par **Benbelkacem et Bachiri (2013)**. Ces auteurs ont noté dans une étude portant sur l'évolution de l'activité antioxydante du zeste d'orange et clou de girofle dans la margarine que les points de fusion de la margarine varient entre 43 et 44°C.

Il ressort aussi de la figure 7 que les résultats du point de fusion de la margarine 6% huile de sésame (M1) correspond à la valeur retenue par l'unité «Maluxe» pour leur produits (33-37°C). Alors que, les valeurs des margarines 8% (M2) et 10% (M3) sont inférieures. Donc plus la quantité d'huile de sésame incorporée dans la margarine augmente plus le point de fusion de la margarine diminue.

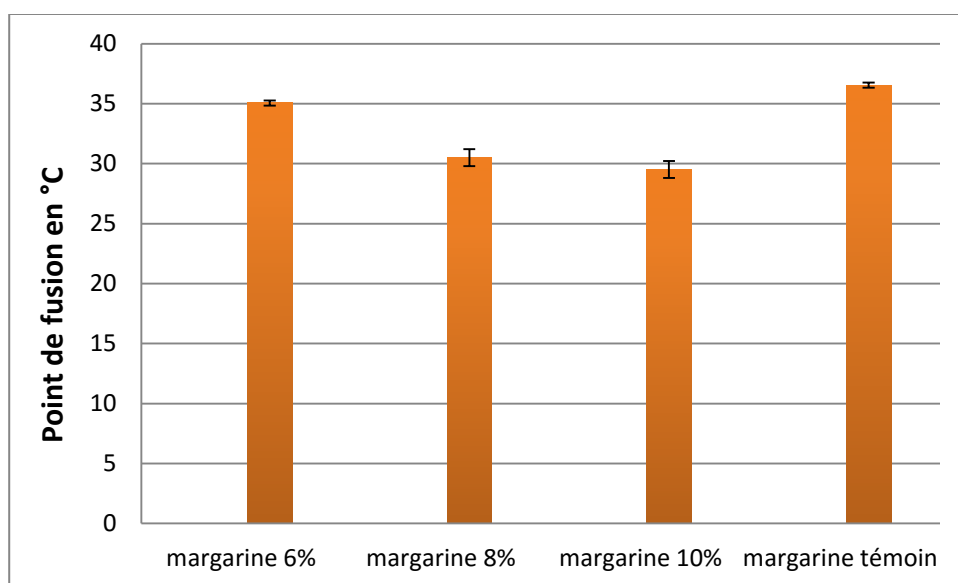


Figure 7 : résultat du point de fusion des margarines

L'analyse de la variance met en évidence un effet très hautement significative ($P < 0,001$) de l'huile de sésame sur le point de fusion des margarines (Annexe 15).

III.2.3. Mesure de pH

Selon le **Codex alimentaire (1992)**, le pH de la phase aqueuse de la margarine est contrôlé et corrigé par addition d'acide critique et d'acide lactique, ainsi que par leurs sels de sodium et de calcium. Le pH des margarines doit se situer entre 4 et 5,5 afin de freiner la croissance des microorganismes, éventuellement présents dans la phase aqueuse (**Faur, 1992**).

Les résultats de pH des différentes margarines étudiées sont représentés dans la figure 8.

Les valeurs du pH obtenues pour les margarines étudiées varient de : $5,8 \pm 0,14$; $6,05 \pm 0,04$; $6,15 \pm 0,07$ à $6,4 \pm 0,14$ pour MT, M1, M2 et M3 respectivement. L'analyse de ces résultats montre que le pH de la margarine diminue avec l'augmentation de la quantité d'huile de sésame incorporée. Ceci revient peut-être à l'acidité élevée de notre huile de sésame (tableau 5).

On voit aussi que les valeurs du pH enregistrées pour des différentes margarines étudiées sont au-dessus de la norme fixée par l'unité qui se situe entre 4 et 5.5.

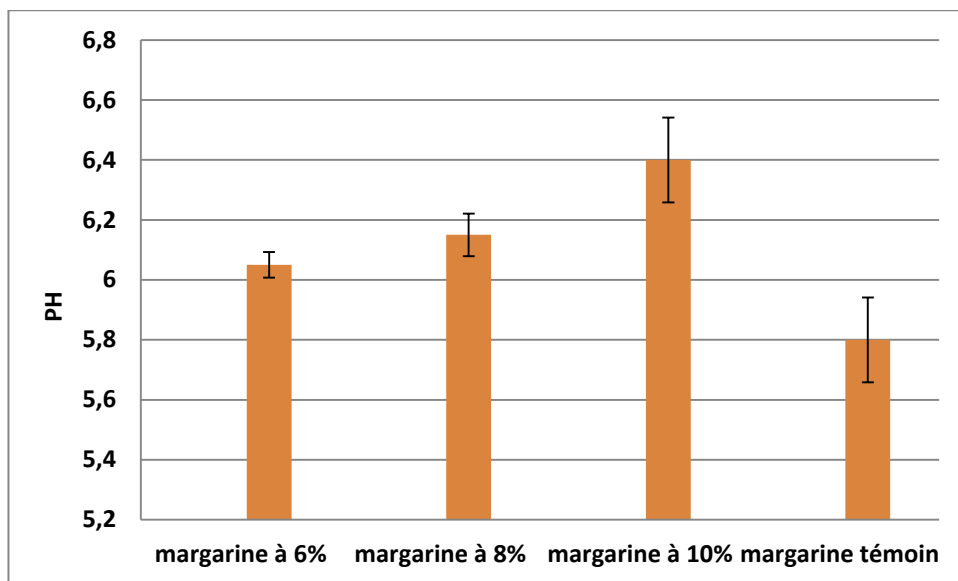


Figure 8 : résultats de pH des margarines

L'analyse de la variance fait apparaître un effet très hautement significative ($P < 0,001$). De l'incorporation de l'huile de sésame sur le pH des margarines (Annexe 15).

III.2.4. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est un critère très utile, il permet d'évaluer l'état d'altération et de détérioration oxydative d'un CG. Mais, vu l'instabilité des peroxydes, il est surtout déterminé afin de contrôler les premières étapes de l'oxydation. Cet indice augmente avec la durée de stockage du produit surtout lorsque les conditions sont inadéquates (**Faur, 1992**).

Selon **Delacharleri et al. (2008)**, l'indice de peroxyde permet essentiellement de prévoir le comportement futur d'une matière grasse, puisqu'il mesure la qualité de composés intermédiaires de la réaction d'oxydation ; parmi lesquels des molécules volatiles responsables aux odeurs indésirables.

Les résultats de l'indice de peroxyde des différentes margarines étudiées sont représentés dans la figure 9. Les valeurs des IP obtenues sont : $0,49 \pm 0,014$ meq d'O₂/Kg pour MT, $0,5 \pm 0,014$ meq d'O₂/Kg pour M1, $0,50 \pm 0,007$ meq d'O₂/Kg pour M2 et $0,5 \pm 0$ meq d'O₂/Kg pour M3.

L'analyse des résultats de l'indice de peroxyde des margarines fabriqués avec l'huile de sésame sont conformes aux spécifications de l'unité qui fixe la valeur maximale de l'IP à 5 meq d'O₂/Kg de CG et à celle fixé par le **Codex alimentarius (1983)** qui est de (10 meq d'O₂/Kg de CG). De même, les résultats de IP obtenus dans cette étude corroborent ceux notés dans la bibliographie qui varient de $1,97 \pm 0,02$ meq O₂/Kg pour **Karleskind (1992)**, 2,3 meq O₂/Kg pour **Djouab (2007)** et 5 meq O₂/Kg pour **Himed et Barkat (2014)**.

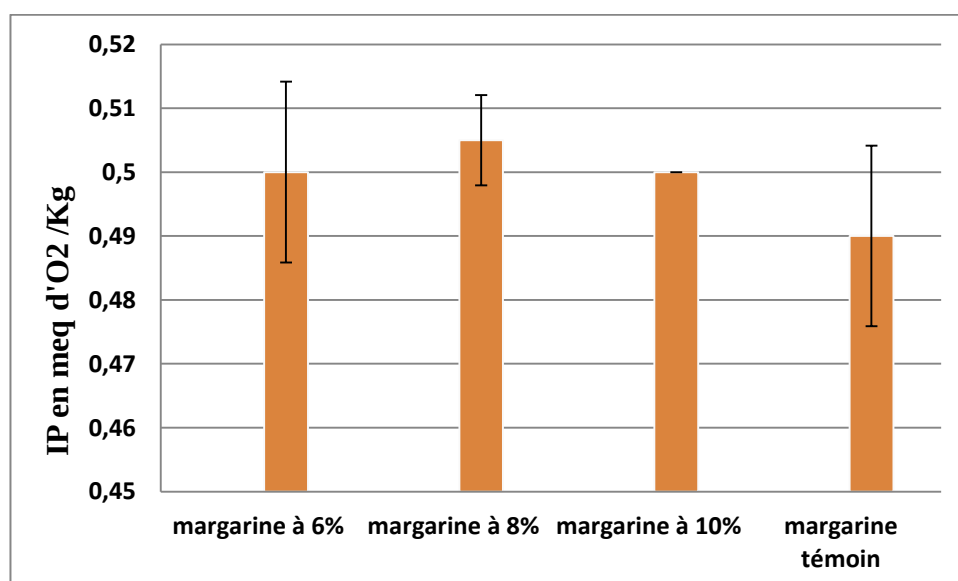


Figure 9 : résultats de l'indice de peroxyde des margarines.

L'analyse de la variance fait apparaître un effet non significatif ($p > 0,05$) de l'huile de sésame sur l'indice de peroxyde de la margarine (Annexe 15).

III.2.5. Acidité

L'acidité est un paramètre indicateur de qualité d'un aliment et de sa stabilité. Elle permet de déterminer le taux d'AGL présents dans la MG ; ces AGL favorisent les réactions d'oxydation entraînant ainsi la détérioration du CG (**Vierling, 2003**).

Les valeurs de l'acidité obtenue pour les margarines étudiées varient de : $0.045 \pm 0.049\%$, $0.19 \pm 0.014\%$; $0.25 \pm 0.014\%$ à $0.56 \pm 0.014\%$ pour MT, M1, M2 et M3 respectivement. L'analyse de ces résultats montre que l'acidité de la margarine augmente avec l'augmentation de la quantité de l'huile de sésame incorporé. Ceci est peut être liée à l'acidité d'huile de sésame (tableau 5).

On note aussi que les valeurs enregistrées pour les margarines MT, M1 et M2 sont conformes à la norme ($\leq 0.25\%$) cependant la valeur obtenue pour la margarine M3 dépasse la norme.

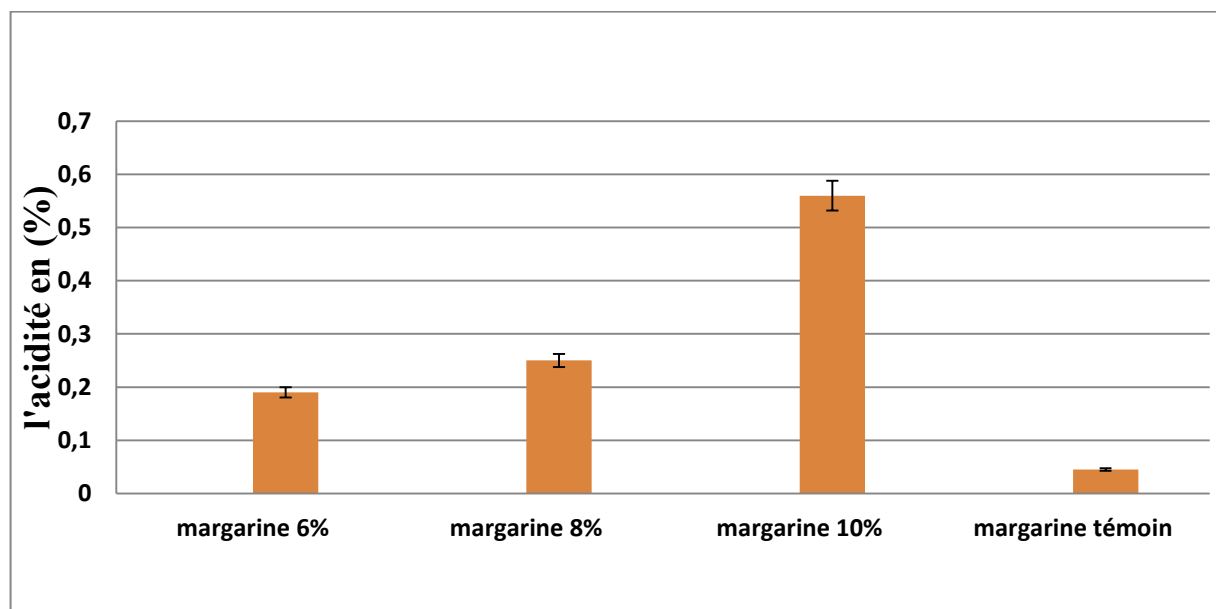


Figure 10 : résultat de l'acidité des margarines

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) de l'huile de sésame sur l'acidité (annexe 15).

III.3. Variation de l'IP en fonction du temps de conservation à température de stockage +6°C

La stabilité oxydative est un paramètre important dans l'évaluation de la qualité des CG ; elle donne une bonne évaluation de leur susceptibilité à la dégénération oxydante, la cause principale de leur altération (Aparicio et al., 1998).

La température est le facteur le plus important à considérer pour étudier la stabilité oxydative. En effet, il est admis que le taux d'oxydation est exponentiellement lié à la température ; par conséquent, la durée de conservation des lipides diminue d'une manière logarithmique avec l'élévation de la température (Frankel, 1998).

Les résultats de l'évolution de l'indice de peroxyde exprimé en meq d'O₂/kg des margarines en fonction de temps de stockage à +6°C sont illustrés dans la figure 11.

D'après la figure 11 on remarque que les margarines M1, M2 et M3 présentent des valeurs d'IP supérieur à celui de la margarine MT. Après, 72h de stockage on remarque une augmentation de l'IP qui a atteint 0.505 ± 0.007 pour MT et une diminution de l'IP de la margarine M2 qui a enregistré 0.495 ± 0.007 . Alors que, les valeurs de l'IP obtenues pour M1 et M3 sont restées stables. Après, 6 jours de stockage, on note que l'indice de peroxyde de M3 a augmenté de façon accélérée (0.515 ± 0.007) et a dépassé tous les IP des autres échantillons. M1 a connu une élévation de l'IP qui a atteint 0.505 ± 0.007 . Mais, avec cette augmentation l'IP de M1 a rejoint celui de MT qui n'a pas changé. L'IP de M2 reste inchangé aussi et il renseigne de la bonne conservation de cet échantillon à +6°C pendant la période étudiée de 6 jours puisqu'il possède le plus bas IP.

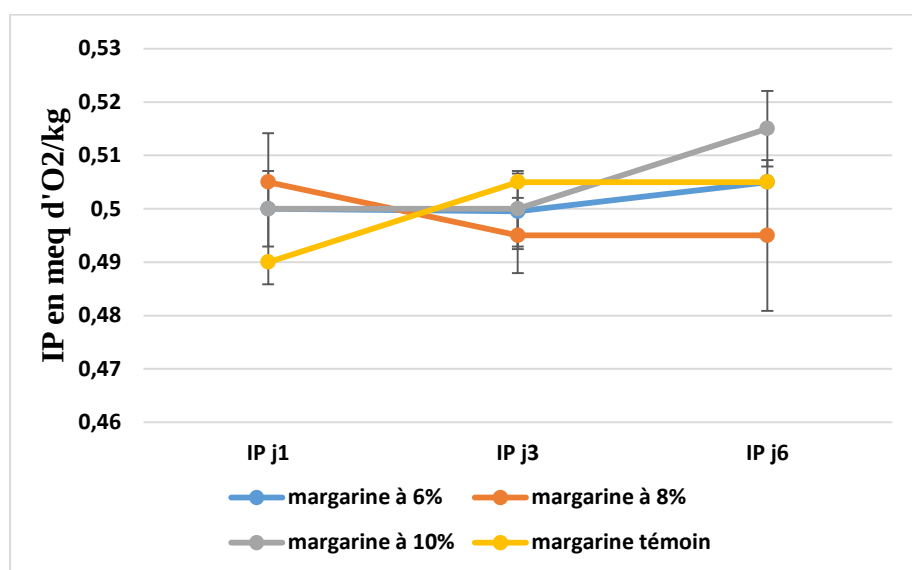


Figure 11 : évolution de l'indice de peroxyde en fonction du temps à la température +6°C.

Il ressort clairement de ces résultats que l'huile de sésame exerce le même effet antioxydant que le tocophérol habituellement utilisé en fabrication.

III.4. Résultats d'analyse sensorielle

Les résultats de l'analyse sensorielle (couleur, odeur, tartinabilité, gout salé et arôme) des margarines élaborées sont représentés dans le tableau 6. (Annexe 17).

Tableau 6 : résultats de l'analyse sensorielle

	Couleur	Odeur	Tartinabilité	Goût salé	Arôme	Préférence
A	8.16	8.83	6.83	8.16	8.66	8.66
B	6.33	5.66	4	3.66	5.5	5.16
C	6	6	3.83	3.66	5.16	4.66
D	8.66	5	8.66	6.83	5.66	7.83

III.4.1. Couleur

La couleur est définie dans un espace à trois dimensions : la teinte (rouge, bleu, vert, jaune, rose, etc...), la luminosité (clair-foncé) et la saturation (couleur vive ou plutôt terne, grisâtre) (**Bauer et al., 2010**).

La couleur est définie comme la perception résultante de la détection de la lumière comme elle interagit avec l'objet (**Lawless et heymann, 2010**).

L'analyse des résultats des moyennes de la couleur des margarines (tableau 6) montre que les margarines D et A ont enregistré les valeurs les plus élevées Alors que, les margarines B et C ont obtenu les plus faibles moyennes.

L'analyse de la variance met en évidence un effet hautement significatif ($p \leq 0.01$) de l'huile de sésame sur la couleur de la margarine (Annexe 16). Le test de NEWMAN ET KEULS 5% a fait ressortir 2 groupes homogènes (A, D) et (B, C).

III.4.2. Odeur

Les odeurs rétro-nasales sont celles détectées « dans la bouche » via l'intermédiaire du transport du stimulus du fond de la gorge vers la région des récepteurs olfactifs. Les odeurs ortho-nasales sont celles qui sont perçues par les narines (**Clarck et al., 2009**).

L'analyse des résultats de la moyenne de l'odeur des margarines (tableau 6) fait apparaître que l'odeur de la margarine A est la plus appréciée par les jurys que celles des margarines B, C et D.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p \leq 0.001$) de l'huile de sésame sur l'odeur de la margarine (Annexe 16). Le test de NEWMAN ET KEULS 5% fait ressortir 2 groupes homogènes (A) et (B, C et D).

III.4.3 Tartinabilité

Selon **Charreau et al. (2006)**, la tartinabilité est la capacité d'une pâte à s'écouler. L'analyse des résultats de la moyenne de la tartinabilité des margarines (tableau 6) montre que les margarines D et A ont obtenu les valeurs les plus élevées, alors que les margarines B et C ont obtenu les plus faibles moyennes.

L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatif ($p < 0.001$) de l'huile de sésame sur la tartinabilité de la margarine (annexe 16). Le test de NEWMAN-KEULS à 5% a fait ressortir trois groupes homogènes (A), (D) et (B, C).

III.4.4 Gout salé

Les saveurs (ou les goûts) sont perçues par l'organe gustatif (les papilles de la langue) lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles. Il s'agit des sensations salées, sucrées, acides et amères (**Delacharlerie et al., 2008**).

L'analyse des résultats de la moyenne du gout salé des margarines (tableau 6) montre que les margarines D et A ont enregistré les valeurs les plus élevées, alors que les margarines B et C ont obtenu les plus faibles moyennes.

L'analyse de la variance a mis en évidence un effet très hautement significative ($p \leq 0.001$) de l'huile de sésame sur le gout salé de la margarine (annexe 16). Le test de NEWMAN-KEULS à 5% a donné deux groupes homogènes (A, D) et (B, C).

III.4.5. Arôme

Un produit alimentaire contient de nombreux composés odorants, que l'on peut percevoir de deux manières, soit par voie nasale directe, ce qui caractérise l'odeur, soit par voie rétro nasale lorsque l'aliment est placé dans la bouche, ce qui donne naissance à l'arôme (**Richard et al., 1992**).

L'analyse des résultats de la moyenne de l'arôme des margarines (tableau 6) montre que l'arôme de la margarine A est le plus apprécié par les jurys que celui des margarines B, C et D.

L'analyse de la variance a montré un effet significatif ($p \leq 0,05$) de l'huile de sésame sur l'arôme de la margarine (annexe 16). Le test de NEWMAN-KEULS à 5% a donné deux groupes homogènes (A) et (B, C, D).

III.4.6. Préférence

L'analyse des résultats de la moyenne de la préférence des margarines (tableau 6) fait apparaître que les margarines A et D ont été les plus préférés par les jurys que celle. Des margarines B et C.

L'analyse de la variance fait apparaître un effet très hautement significatif ($p \leq 0,001$) de l'huile de sésame sur la préférence de la margarine (annexe16). Le test de NEWMEN-KEULZ à 5% qui a donné deux groupes homogènes (A, D) et (B, C).

CONCLUSION

Conclusion générale

Le présent travail a pour objectif d'étudier la possibilité de substituer l' α -tocophérol, largement utilisé en margarinerie notamment à l'unité « Maluxe », par l'huile de sésame riche en antioxydants. Il importe de souligner que l' α -tocophérol est importé de l'étranger. Ce qui se répercute sur le prix revient de la margarine.

A cet effet, l'huile de sésame a été introduite à raison de 6, 8 et 10g par 100g de margarine. Les essais de formulation des margarines de table à partir de cette huile ont été menés conformément à la méthode habituellement adoptée en production par cette unité.

Après leur élaboration, les margarines ont été soumises à diverses analyses physico-chimiques et des tests de stabilité pour estimer et comparer l'effet antioxydant d'huile de sésame incorporé par rapport à l' α -tocophérol, ainsi que des analyses sensorielles à fin d'évaluer l'effet de l'huile de sésame sur les caractéristiques organoleptiques des margarines.

Les résultats obtenus se présentent comme suit : les indices de caractérisation des margarines élaborées s'avèrent conformes à la recette préétablie avec notamment quelques écarts comme l'acidité et le pH liée aux modes d'extraction d'huile de sésame.

Cependant, les indices de peroxyde, mesurant le degré d'altération des margarines tests élaborées, sont conformes aux normes. Confirmant, ainsi, l'efficacité anti-oxydante d'huile de sésame. Donc, les molécules contenues dans l'huile de sésame, testées dans notre étude, ont limitées d'avantage la formation de peroxydes.

Par ailleurs, l'étude de l'efficacité anti-oxydante de cette huile sur la résistance de la margarine aux conditions de conservation de cet aliment gras, à savoir son maintien à température de réfrigération (+6°C), a également montré un effet similaire à celle de l' α -tocophérol pour M1 (6% HS) et un effet meilleur pour le M2 (8% HS). On se basant sur ces résultats, il ressort que la margarine 8% huile de sésame (M2) est la meilleure concentration vu son effet protecteur contre la peroxydation de la margarine.

Sur le plan organoleptique, les résultats de l'analyse sensorielle révèlent que les 8% et 10% d'huile de sésame incorporés à la margarine (M2 et M3) ont modifié la couleur, le gout et la tartinabilité des margarines élaborées en comparaison avec la margarine MT fabriqué avec l' α -tocophérol par l'unité «Maluxe». Donc, elles ont été moins appréciées par les dégustateurs. En revanche, c'est la margarine 6% d'huile de sésame qui a attiré davantage leurs préférences car elle se caractérise par un très bon gout, une odeur agréable et une belle couleur.

Compte tenu de l'efficacité d'huile de sésame dans la stabilité de la margarine, la substitution de l' α -tocophérol dans la margarine peut être envisagée.

Il serait judicieux de compléter cette étude par d'autres analyses permettant entre autres de déterminer les quantités exactes d'huile de sésame incorporée. Il est également, intéressant de procéder à l'élargissement de l'utilisation d'autres sources végétales locales pour stabiliser la qualité des margarines produites à l'échelle national, ce qui permet à nos entreprises de ne pas recourir à l'importation des additifs alimentaires antioxydants.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques



Adrian, J., Potus, J., Poiffait, A., & Dauvillier, P. (1998). Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Edition TEC&DOC Lavoisier Paris.

Afnor. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. AFNOR, 325.

Acos. (1997). Official and tentative methods of American oil chemist's society.

Alais, C., & Linden, G. (1997). Editeur : 1997. Abrégé de biochimie alimentaire.

Alimentarius, C. (1993). Grasas, Aceites y Productos derivados. FAO-OMS. Norma del Codex para el aceite de sesámo comestible. Stan, 26-1981.

Amoukou, I. A., Boureima, S., & Lawali, S. (2013). Caracterisation agro-morphologique et etude comparative de deux methodes d'extraction d'huile d'accessions de sesame (*Sesamum indicum* L.). *Agronomie Africaine*, 25(1), 71-82.

Amonrat Thanonkaew, Surapote Wongyai, David J .McClements, Eric A.(2012). Decker, Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.) *Food Sci Tech* 48, p :231-236.

Aparicio, R., & Baeten, V. (1998). Fats and oils authentication by FT-Raman: L'outil analytique: situation, problèmes et perspectives. *OCL. Oléagineux, corps gras, 1yperc*, 5(4), 293-295.

Akpan-Iwo, G., Idowu, A. A., & Misari, S. M. (2005). Collection and evaluation of sesame (*Sesamum spp.*) germplasm in Nigeria. *Plant Genetic Resources Newsletter (IPGRI/FAO)*.



Bach, E. M., Baer, S. G., Meyer, C. K., & Six, J. (2010). Soil texture affects soil microbial and structural recovery during grassland restoration. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2182-2191.

Bauer, W. J., Badoud, R., & Löliger, J. (2010). Science et technologie des aliments : Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. PPUR Presses polytechniques.

Bedigian, D. (2013). African origins of sesame cultivation in the Americas. In *African ethnobotany in the Americas* (pp. 67-120). Springer, New York, NY.

Références bibliographiques

Behera, S., Nagarajan, S., & Rao, L. J. M. (2004). Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.) and effect on chemical composition of volatiles. *Food Chemistry*, 87(1), 25-29.

Ben Belkacem, R., & Bachiri, N. (2013). Possibilité de substitution d'antioxydant par des extraits de zeste d'orange et de clou de girofle en margarinerie.

Berger, M. M. (2006). Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. *Nutrition 2ypercho et 2yperchole*, 20(1), 48-53.

C

Caty T. (1996). Sésame, découvre-toi !. *France Diététique*, 6, 15-17.

Champtier G. (1956). Les industries des corps gras. Lavoisier. F. 75008. Paris. P : 283-288.

Cheftel, J. C., Cheftel, H., & Besançon, P. (1986). Introduction à la biochimie et de la technologie des aliments : volume 2. Technique et Documentation-Lavoisier.

Charreau, V., Etienne, N., & Ingargiola, E. (2006). A la découverte des aliments : tester, comprendre et partager les sciences de l'alimentation. Educagri Editions.

Chikhoun, A (2012). Texture d'une margarine nouvellement formulée et effet des huiles incorporées.

CLARK S., COSTELLO M., DRAKE M., BODYFELT F. (2009). The sensory evaluation of dairy products, chap. 1 History of sensory analysis, chap. 3 Physiology of sensory perception, 2ème éd. SPENGER, New York, ISBN : 978-0-387-77406-0 / 978-0-387-77408-4, p. 1, p. 17- 23.

Codex Alimentarius Commission. (2005).

Coors, U., & Montag, A. (1985). [Investigations on the tocopherol content in milkfat. I. Determination of tocopherols in butter]. [German]. *Milchwissenschaft*.

COSSUT, J., HUMBERT, S., DEFRENNE, B., ROELSTRAETE, L., DESMEDT, C., VANUXEEM, M., ... & VIDAL, D. (2002). Les Corps Gras : Entre Tradition et Modernité.

D

Delacharlerie, S., de Biourge, S., Chéné, C., Sindic, M., & Deroanne, C. (2008). HACCP organoleptique : Guide pratique. Presses Agronomiques de Gembloux.

Denis J. (1992). Raffinage des corps gras. In « Manuel des corps gras ». Tec et Doc-Lavoisier, Paris. P : 790-7993.

Djouab, A. (2007). Préparation et incorporation dans la margarine d'un extrait de dattes des variétés sèches (Doctoral dissertation).

F

Faur, L. (1992). Transformation des corps gras à des fins alimentaires. Manuel des corps gras, 883-937.

François, R. (1974). Les industries des corps gras : biochimie, extraction, raffinage, nuisances et réglementation. Technique et documentation [sic] ; PIC Perfectionnement industriel des cadres.

Frankel, E. N. (1998). Lipid Oxidation The Oily Press. Dundee, Scotland.

G

Graille, J. (2003). Lipides et corps gras alimentaires. Lavoisier Tec et Doc.

H

Himed, L., & Barkat, M. (2014). Élaboration d'une nouvelle margarine additionnée des huiles essentielles de Citrus limon. OCL, 21(1), A102.

<https://observatoire-des-aliments.fr/wp-content/uploads/2015/11/sesame-oil.jpg>.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9same>.

I

Itoh, T., Tamura, T., & Matsumoto, T. (1973). Sterol composition of 19 vegetable oils. Journal of the American Oil Chemists Society, 50(4), 122-125.

K

Karleskind, A. (Ed.). (1992). Manuel des corps gras. Technique et Documentation-Lavoisier.

Khady Mbaye.(2007). « Amélioration de la productivité et valorisation du sésame au Sénégal », Rapport analytique des activités agronomie, ISRA.p : 27.

L

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer Science & Business Media.

Références bibliographiques

Luterotti, S., Bicanic, D., & Požgaj, R. (2006). New simple spectrophotometric assay of total carotenes in margarines. *Analytica chimica acta*, 573, 466-473.

M

Morelle, J. (2003). L'Oxydation des aliments et la santé.

Miskandar, M. S., Man, Y. C., Yusoff, M. S. A., & Rahman, R. A. (2005). Quality of margarine: fats selection and processing parameters. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 14(4), 387.

Mussner M.J., Parhofer K.G., Bergmann K.V., Schwandt P., Broedl U. ET Otto C. (2002). Effects of phytosterol ester-enriched margarine on plasma lipoproteins in mild to moderate hypercholesterolemia are related to basal cholesterol and fat intake. *Metabolism*, 51 (2).p : 189-194.

Morin, O. (2005). Acides gras trans : récents développements. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 12(5-6), 414-421.

N

Nawar, W. W. (1985). Lipids in food chemistry. *Food chemistry*, 3, 308-310.

Nitiéma-Yefanova, S., Son, G., Yé, S., Nèbié, R. H., & Bonzi-Coulibaly, Y. (2012). Optimisation des paramètres d'extraction à froid de l'huile d'*Azadirachta indica* A. Juss et effets sur quelques caractéristiques chimiques de l'huile extraite. *BASE*.

Nupur M, Bhat MV, Srivastava PS. (2010). Variation in fatty acid composition in Indian germplasm of sesame. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(11): 1263-1269. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1615-9>.

O

O'brien, R. D. (2008). Fats and oils: formulating and processing for applications. CRC press.

P

Padley F- K.(1994). – le contrôle de la rancidité. In : *La rancidité dans les aliments*, Ed :Blackie scientifique et professionnel-Glasgow.p : 230-255.

Plank, R. (1965). L'utilisation du froid dans les industries alimentaires. Dunod.

Poisson, J. P., & Narce, M. (2003). Corps gras alimentaires : aspects chimiques, biochimiques et nutritionnels. *Lipides et corps gras alimentaires*, 1-50.

Références bibliographiques

Prior, E. (2003). Usage des corps gras alimentaires dans les différents secteurs de la technologie alimentaire. Lipides et corps gras alimentaires, 87-147.

R

Rahmani, M. (2007). Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides. Les technologies de laboratoire, 2(2).

Richard, H., & Multon, J. L. (Eds.). (1992). Les arômes alimentaires. Paris :Tec & Doc-Lavoisier, 1992.

Roger F.(1974).les industries des corps gras . Edition Tech et Doc Lavoisier. Paris. P : 445.

S

Sarr P.(2009). Contrôle de conformité de la qualité des huiles végétales conditionnées par le Suneor de Dakar aux normes internationales, Université Cheich Anta Diop de Dakar, chap. 1 Généralités sur les huiles végétales. P. : 1.

T

Tashiro, T., Fukuda, Y., Osawa, T., & Namiki, M. (1990). Oil and minor components of sesame (*Sesamum indicum* L.) strains. Journal of the American Oil Chemists' Society, 67(8), 508-511.

Terrones, A. (1990). Sesame, safflower seek new impetus in Mexico. International news on fats, oils and related materials (USA).

U

Urvoy, J. J., Sanchez-Poussineau, S., & Le Nan, E. (2012). Packaging : toutes les étapes du concept au consommateur. Editions Eyrolles.

V

Vierling.(2003).aliments et boissons filières et produits, 2^{ème} édition, centre régional de documentation pédagogique. ISBN. P : 1629-7954.

Vierling E.(2008). Aliments et Boissons : Filières et Produits, chap. 10 Les corps gras, 3ème éd. Doin, France, ISBN : 1629-7954, p :197.

W

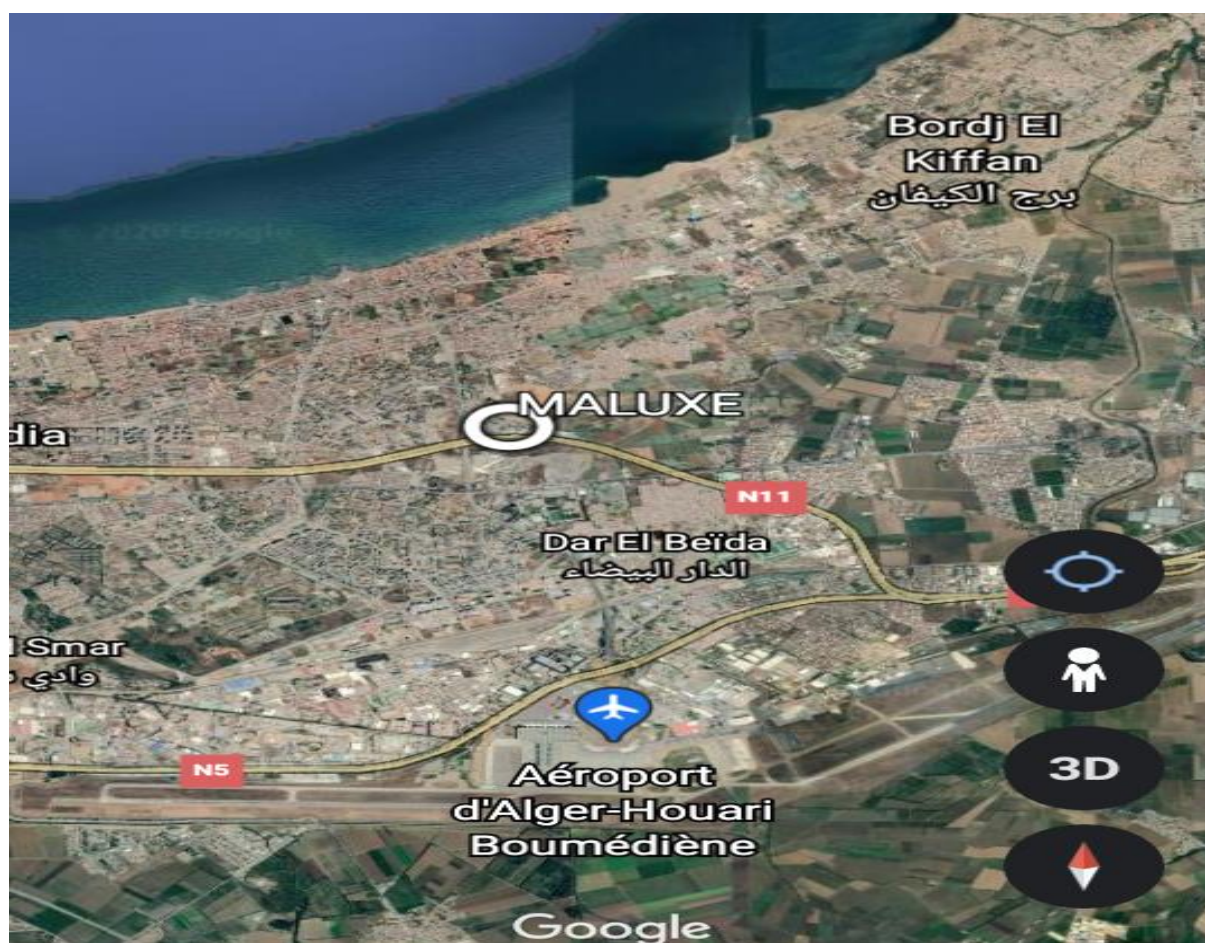
Whitehurst,R. J.(Ed). (2008). Emulsifiers in food technology. John Wiley & Sons.

Y

Yogranjan, S. G., Marabi, R. S., Mishra, M. K., & Mishra, S. P. (2014). Global resurgence of sesame (*Sesamum indicum* L.) utilization: a current scenario. *Indo-Am J Agric VetSci*, 2(3), 2321-9602.

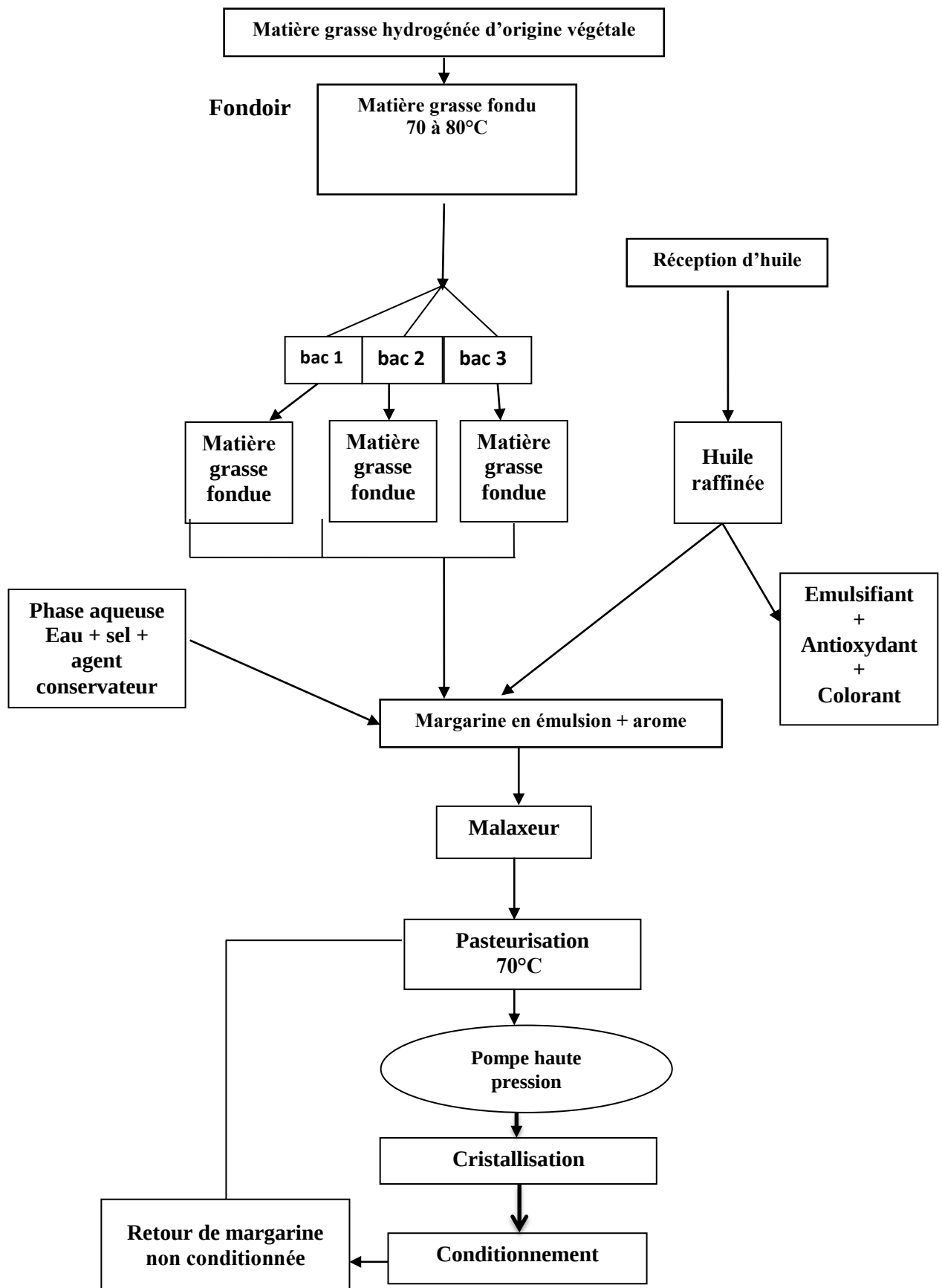
ANNEXES

Annexe 01 : localisation de l'unité « MALUXE »



Annexe 02 :

Diagramme de production de margarine à l'unité «maluxe»



Annexe 03 : fiche technique de α tocophérol

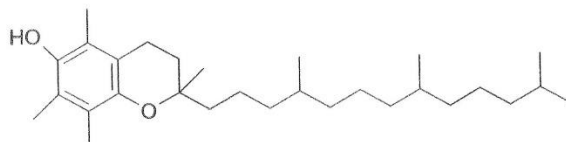
Data Sheet DL- α -Tocopherol

Product Description

DL- α -Tocopherol is a kind of pale yellow or greenish-yellow, clear viscous oily liquid, nearly odorless; darkens slowly on exposure to light or air.

Product Identification

Synonyms	Vitamin E
CAS No.	10191-41-0
EINECS No.	233-466-0
INCI name	Vitamin E
Chemical Structure	



Chemical Formula: $C_{29}H_{50}O_2$ Molecular Weight: 430.71

Specifications

Appearance	pale yellow or greenish-yellow, clear viscous oily liquid
Identification	
Color reaction with HNO_3	positive
Retention time of main peak in GC	to conform with the reference solution
E (1%, 1cm)	41.0~45.0
Refractive index, N_D^{20}	1.494~1.499
Acid Value	≤ 0.5 ml
Assay	96.0%~102.0%

Compendial requirements

The dl- α -tocopherol contained in this product meets all requirements of the relevant monographs of USP and Ph. Eur., when tested according to these compendia.

Storage and Stability

The product may be stored for 12 months from the date of manufacture in the unopened original container and at a temperature $-5^\circ C$ approximately.

It should be protected from light, heat, oxygen and moisture. Keep the container tightly closed. Once opened, use contents quickly.

Uses

As a nutrient for multi-vitamin drink, instant drink, cereals products, confectionary etc.

Safety

This product is safe for the intended use. Avoid ingestion, inhalation of dust or direct contact by applying suitable protective measures and personal hygiene.

See *Material Safety Data Sheet* for full safety information.

Legal notice

The information given in this publication is based on our current knowledge and experience, and may be used at your discretion and risk. It does not relieve you from carrying out your own precautions and tests. We do not assume any liability in connection with your product or its use. You must comply with all applicable laws and regulations, and observe all third party rights.

Annexe 04 : fiche technique de l'huile de soja

FICHE TECHNIQUE

Nom légal : Huile végétale

Ingrédients : 100% Huile de palme

Description du procédé d'obtention : L'huile de palme brute est raffinée, blanchie et désodorisée.

Emballage : Conditionne dans des flacons de 11, 21 et 51

Conditions de stockage (avant et après ouverture) : A conserver à température ambiante ou de préférence dans un endroit frais (mais pas réfrigéré) et à l'abri de la lumière.

Durée de conservation (quand stocké dans de bonnes conditions) : 12 mois

Propriétés physique et chimique

PARAMETRES	NORME
Couleur	Caractéristique du palme raffinée
Critère organoleptique (Odeur et saveur)	Caractéristiques du soja palme et exemptes de toute rancie
Indice d'acide	Max 0.6 mg KOH huile
Indice de peroxyde	5 meq d'O ₂ /kg huile
Densité (20°C d'eau à 20°C)	[0.919_ 0.925]
Indice de réfraction	[1.466_ 1.470]
Indice de saponification	[189_ 195] mg KOH /g d'huile
Indice d'iode	[120_ 143]
Indice d'insaponifiable	Max 15 g/kg
Matière volatiles (m/m)	Max 0.2 %
Impureté insoluble (m/m)	Max 0.05 %
Trace de savon (m/m)	Max 0.005 %
Acidité (%)	0.14

Annexe 05 : extraction et conditionnement de l'huile de sésame



Annexe 06 : Détermination de l'humidité (Teneur e eau)

- **Mode opératoire**

Dans un dessiccateur infrarouge placer une capsule préalablement séchée et tarée, contenant 2g de l'échantillon à analyser.



Annexe 07 : Détermination du point de fusion (AOCS, 1997)

▪ **Mode opératoire**

- Introduire un tube capillaire propre, dans l'échantillon de margarine et le remplir sur une hauteur de 1cm ;
- Refroidir le tube capillaire et son contenu au congélateur pendant 15 à 20 min ;
- Attacher ce tube capillaire à un thermomètre et introduire l'ensemble dans un bécher contenant de l'eau ayant une température inférieure de 10°C environ de la température de fusion présumé ;
- Chauffer le bécher de façon que la température s'élève d'environ 0.5°C par minute, en surveillant le moment où le corps gras commence à monter dans le tube capillaire ;
- Lire cette température.

Annexe 08 : Détermination du Ph (AFNOR , 1982)

Le PH est déterminé directement sur la phase aqueuse de la margarine, après la séparation des deux phases, à l'aide d'un ph-mètre.

Annexe 09 : Détermination de l'indice de peroxyde (AOCS, 1997)

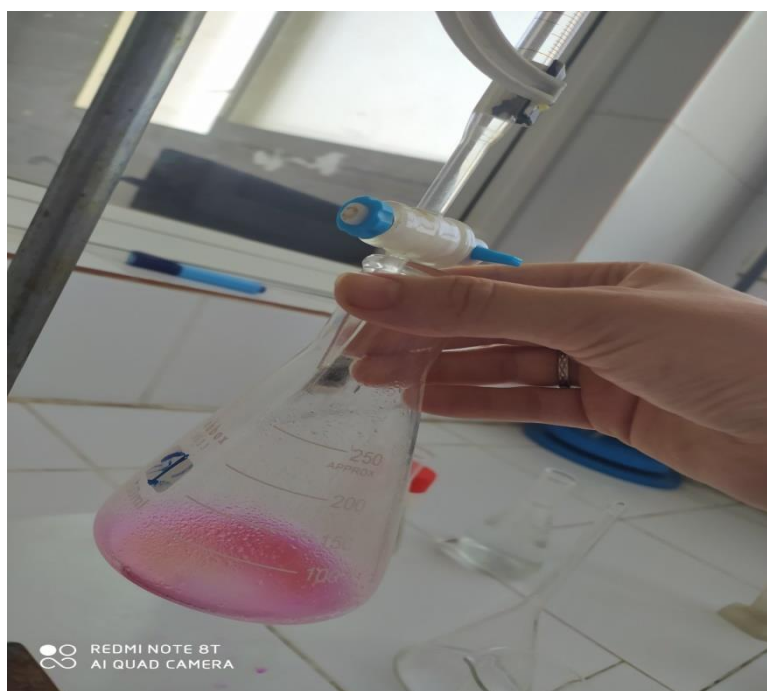
▪ **Mode opératoire**

- Peser 2g de margarine dans une fiole conique de 250ml ;
- Ajouter 10ml d'alcool éthylique et dissoudre de corps gras ;
- Ajouter 15ml d'acide acétique et 1ml d'iodure de potassium ;
- Boucher aussitôt la fiole ; agiter énergiquement pendant 1min et laisser à l'abri de la lumière pendant 5min ;
- Ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 100ml ;
- Ajouter 1ml d'empois d'amidon à 5% en agitant vigoureusement ;
- Titrer la solution par le thiosulfate de sodium à 0.01N jusqu'à décoloration complète (virage de bleu violacé vers l'incolore) ;
- Faire parallèlement un essai à blanc dans les memes conditions mais sans corps gras.

Annexe 10 : Détermination de l'acidité

▪ Mode opération

- Peser 10g de la margarine à analyser dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Préparer dans un bécher 20ml d'éthanol à 95% et le laisser bouillir en présence de phénophtaléine ;
- Neutraliser avec une solution de NaOH (soude à 0.1N) jusqu'à coloration rose claire ;
- Ajouter les 20ml préparés dans l'échantillon de margarine fondue ;
- Titrer avec une solution de NaOH (soude à 0.1N) jusqu'à coloration rose persistante une dizaine de seconde.



Annexe 11 : émulsification



Annexe 12 : conditionnement des margarines tests



Annexe 13 : préparation et présentation des échantillons.





Annexe 14: Questionnaire Evaluation Sensorielle de la Margarine

Age : Ans

Date : / /

Sexe : Féminin ☐

Masculin ☐

Dans l'optique d'une caractérisation sensorielle et hédonique de la margarine, quatre échantillons codés A, B, C, et D vous sont présentés. Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent en cochant sur la case correspondante à votre réponse :

NB : A la fin de chaque dégustation prenez un peu de pain puis un peu de pomme et à la fin rincez votre bouche avec de l'eau.

A/ Analyse sensorielle :

1- Couleur :

a. Selon l'intensité de la couleur jaune, attribuez une note de 1 à 5 sur l'échelle suivante pour chaque échantillon:

1  Très faiblement intense

2  faiblement intense

3  Moyennement intense

4  fortement intense

5  très fortement intense

	1	2	3	4	5
A	☐	☐	☐	☐	☐
B	☐	☐	☐	☐	☐
C	☐	☐	☐	☐	☐
D	☐	☐	☐	☐	☐

b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la couleur :

A B C D

2- Odeur :

a. Selon le degré d'appréciation de l'odeur, attribuez pour chaque échantillon une note de 1 à 5 sur l'échelle suivant :

1  très faiblement appréciée

2  faiblement appréciée

3  moyennement appréciée

4  fortement appréciée

5  très fortement appréciée

	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'odeur :

A B C D

3- Tartinabilité :

a. Selon l'intensité de la tartinabilité, attribuez une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante :

1 → très difficilement tartinable

2 → difficilement tartinable

3 → moyennement tartinable

4 → facilement tartinable

5 → très facilement tartinable

	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la tartinabilité :

A B C D

4- Goût salé :

a. Selon l'intensité du goût salé, attribuez une note pour les six échantillons sur l'échelle suivante :

1 → très faiblement salé

2 → faiblement salé

3 → moyennement salé

4 → fortement salé

5 → très fortement salé

	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport au

goût salé:

A B C D

5- Arôme :

a. Selon le degré d'appréciation de l'arôme, attribuez une note de 1 à 5 pour chaque

échantillon sur l'échelle suivante :

- 1  très faiblement apprécié
- 2  faiblement apprécié
- 3  moyennement apprécié
- 4  fortement apprécié
- 5  très fortement apprécié

	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'arôme :

A B C D

B / Analyse hédonique :

1- Etes-vous des consommateurs de la margarine ?

Oui

Non

2- Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 et 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré.

A B C D

3- Quels sont les paramètres qui ont motivé votre préférence ?

	A	B	C	D
Couleur jaune				
Odeur				
Tartinabilité				
Arôme				
Goût salé				

Annexe 15: analyse de la variance des analyses physico-chimiques.

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart Type	Effet huile de sésame
Acidité (%)	0.261250	0.010000	0.570000	0.196956	***
Humidité (%)	16.87500	16.30000	17.70000	0.544518	***
Point de Fusion °C	32.90000	29.00000	36.70000	3.117181	
pH	6.10000	5.700000	6.500000	0.233900	***
IP1	0.498750	0.480000	0.510000	0.008561	NS
IP3	0.499875	0.490000	0.510000	0.006404	NS
IP6	0.505000	0.490000	0.520000	0.008528	NS

Annexe 16 : analyse de la variance des analyses sensorielles.

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	Effet de huile de sésame
Couleur	7.291667	3.000000	9.000000	1.805286	**
Odeur	6.375000	1.000000	9.000000	2.142987	***
Tartinabilité	5.833333	1.000000	9.000000	2.478896	***
Goût salé	5.583333	1.000000	9.000000	2.636148	***
Arôme	6.250000	1.000000	9.000000	2.269840	*
Préférence	6.883333	3.000000	9.000000	1.954185	***

* : Significatif à $p < 0.05$

** : Hautement significatif à $p < 0.01$

*** : Très hautement significatif à $p < 0.001$

NS : Non significatif

Annexe 17 : résultats de l'analyse hédonique

Expert	Echantillon	Couleur	Odeur	Tartinabilité	Goût salé	Arôme	Préférence
1	A	9	9	5	9	9	9
2	A	6	8	5	7	9	8
3	A	9	9	9	9	8	9
4	A	8	9	8	9	9	9
5	A	9	9	8	8	9	9
6	A	8	9	6	7	8	8
1	B	9	5	1	2	5	5
2	B	5	7	4	4	5	5
3	B	7	4	4	3	4	5
4	B	4	4	6	5	7	5
5	B	6	7	4	3	7	5
6	B	7	7	5	5	5	6
1	C	9	5	1	2	5	5
2	C	5	7	4	4	5	5
3	C	7	7	4	3	1	3
4	C	3	3	6	5	7	4
5	C	6	7	4	3	7	5
6	C	6	7	4	5	6	6
1	D	9	1	9	1	3	5
2	D	9	6	8	9	9	9
3	D	9	8	8	8	9	8
4	D	9	5	9	6	3	9
5	D	8	6	9	9	5	8
6	D	8	4	9	8	5	8

الهدف من دراستنا هو امكانية استبدال مركب « α توكوفيرول» الذي يستخدم بكثرة في مصنع المارجرين بزيت السمسم ، ولهذا الغرض تراكيز مختلفة. تم إدخال (6.8 و 10 جم) بمعدل 100 جم من المارجرين ، وتم إجراء اختبارات صياغة سمن المائدة وفقاً للطريقة المعتمدة عادة في الإنتاج.

يتم قياس فعالية زيت السمسم في ثبات المارجرين من خلال مراقبة المؤشرات الفيزيائية والكيميائية المختلفة اختبارات الثبات وكذلك اختبارات الحسية.

حسب النتائج التي تم الحصول عليها ، بالنظر إلى فعالية زيت السمسم في ثبات السمن ، يمكن النظر في استبدال α توكوفيرول بنسبة 8 بالمئة.

Résumé

L'objectif de notre étude consiste à la possibilité de substituer l' α tocophérol qui est largement utilisé en margarinerie par l'huile de sésame. A cet effet, différentes concentrations ; (6, 8 et 10 g) ont été introduites à raison de 100g de margarine, les essais de la formulation des margarines de table ont été menés conformément à la méthode habituellement adopter en production dans l'unité «Maluxe».

L'efficacité de l'huile de sésame dans la stabilité de la margarine est mesurée par le suivi des différents indices physico chimique, tests de stabilités ainsi que et des analyses sensorielle.

A la lumière des résultats obtenus, est compte tenu de l'efficacité de l'huile de sésame dans la stabilité de la margarine, la substitution de l' α tocophérol peut être envisagée à une concentration de 8% d'huile de sésame.

Abstract

The objective of our study is the possibility of substituting « α tocopherol», which is widely used in margarine, with sesame oil. For this purpose, different concentrations; (6.8 and 10 g) were introduced at the rate of 100 g of margarine, the formulation tests for table margarines were carried out in accordance with the method usually adopted in production.

The effectiveness of sesame oil in the stability of margarine is measured by monitoring the various physicochemical indices as well as stability tests

According to the results obtained which proved the effectiveness of sesame oil in the stability of margarine, the substitution of « α tocopherol» can be considered of 8% of sesame oil.