

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة أمحمد بوقرة بومرداس

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES - DEPARTEMENT DE BIOLOGIE.



Mémoire de fin d'études

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Nutrition et sciences des aliments

Thème :

Etude de la stabilité d'une émulsion mayonnaise sous
microscope

Réalisé par :

- M^{lle} BENGRICHE Manel

- M^{lle} HAFFAF Hind

Président : M. HALET F.

MCB FS-UMBB

Examineur : M. BOUJEMAA K.

MCA FS-UMBB

Promotrice : Mme YOUYOU S.

MAA FS-UMBB

Année universitaire 2020/2021

Table des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Partie bibliographique

<i>Chapitre I : Généralités sur les émulsions</i>	3
1 . Définition	3
2 .Types d'émulsion	3
3 .Classification	5
4 .Composition	6
4.1 .Phases lipophile et hydrophile	6
4.2 .Émulsifiants	7
<i>Chapitre II : Mécanisme de déstabilisation</i>	8
1 .Effet de la taille des gouttelettes d'huile sur la stabilité	8
1.1.Coalescence	8
1.2.Mûrissement d'Ostwald	9
2 .Migration des gouttelettes	10
2.1 .Crémage et sédimentation	10
2.2 .Floculation	11
3 .Inversion de phases	11
<i>Chapitre III : Molécules stabilisants les émulsions</i>	13
1 .Les additifs alimentaires.....	13
1.1.Emulsifiants	13
1.2.Epaississants et stabilisants	14
1.2.1.Amidon	14
1.2.2.Hydrocolloïdes	15
2 .Les tensioactifs	16
2.1 .Classification des tensioactifs	17
3 .Balance hydro-lipophile HLB	19
<i>Chapitre IV : Emulsion alimentaire type mayonnaise</i>	20
1 .Définition de la mayonnaise.....	20
2 .Procèdes de fabrication	21
3 .Contrôle de la qualité et conservation	22

Partie Expérimentale

Matériel et méthodes	24
1. Matériel	24
1.1. Les ingrédients alimentaires	24
1.2. Préparation des échantillons de mayonnaise	24
2. Méthodes analytiques	25
2.1. Analyses physicochimiques	25
2.1.1. Détermination du pH.....	25
2.1.2. Détermination de la Texture	26
2.1.3. Détermination de la Viscosité	26
2.1.4. Détermination de l'acidité titrable	27
2.2. Analyses microbiologiques	27
2.2.1. Dénombrement des germes totaux	28
2.2.2. Dénombrement des levures et moisissures	28
2.2.3. Dénombrement des coliformes fécaux	29
2.2.4. Dénombrement des Lactobacillus	29
2.2.5. Dénombrement des Staphylococcus aureus	30
3. Etude de stabilité d'émulsion	30
3.1. Analyse de la microstructure	31
3.1.1. Microscopie optique avec caméra.....	31
3.1.2. Granulométrie laser.....	32
Résultats et discussion.....	34
1. Résultats des analyses physico-chimiques de la Mayonnaise	34
1.1. pH et acidité	34
1.2. Viscosité	35
1.3. Texture	36
2. Résultats des analyses microbiologiques de la mayonnaise.....	36
3. Résultats de l'observation sous microscope optique	37
3.1. Mayonnaise à 30% d'huile sans stabilisant sous microscope optique	37
3.2. Mayonnaise à 30% d'huile avec SIN1450 sous microscope optique	38
3.3. Mayonnaise à 44% d'huile sous microscope optique	40
3.4. Mayonnaise à 74% d'huile sous microscope optique	41

4.Résultats de la granulométrie laser.....	42
4.1 .Résultats de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d’huile sans stabilisant	44
4.2 .Résultats de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d’huile avec sin1450	46
Conclusion et perspectives	49
<i>Références bibliographiques</i>	

LISTE DES ABREVIATIONS

H/E : Huile dans l'eau.

E/H : Eau dans Huile.

H/E/H : Huile dans Eau dans Huile.

E/H/E : Eau dans Huile dans Eau.

TA : Tensioactif.

SIN : Système international de numérotation.

HLB : Hydrophilic-Lipophilic Balance.

AT : Acidité Titrable.

UFC : Unité formant une colonie.

ISO : Internationale Organisation of normalisation.

JO : Journal officiel.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristique des différentes catégories d'émulsions	6
Tableau 2: Phénomènes et causes de l'instabilité des émulsions	8
Tableau 3: Résultats des analyses physico-chimiques de la Mayonnaise.....	34
Tableau 4: Les résultats des analyses microbiologique de la Mayonnaise.	36
Tableau 5: Paramètres de mesure de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d'huile sans SIN1450.	44
Tableau 6: Paramètres de mesure de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d'huile avec SIN1450.	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Émulsion : phase dispersée et phase dispersante	3
Figure 2: Les différents types d'émulsion.....	4
Figure 3: Phénomène de coalescence ou rupture de phase	9
Figure 4: Murissement d'Ostwald	10
Figure 5: Phénomènes de crémage et sédimentation.	10
Figure 6: Phénomène de floculation	11
Figure 7: Inversion de phase	12
Figure 8: Schémas récapitulatif des différents phénomènes d'instabilité des émulsions	12
Figure 9: Représentation d'une émulsion avec émulsifiant	14
Figure 10: Formes et tailles des granules d'amidon de maïs, blé, riz, pomme de terre, manioc et de pois (MEB grossissement $\times 280$).	14
Figure 11: Schéma structural d'un tensioactif.	16
Figure 12: Echelle de la balance hydro-lipophile HLB	19
Figure 13: Aspect et texture d'une sauce froide de type mayonnaise.	20
Figure 14 : Diagramme de fabrication de la mayonnaise	22
Figure 15: Lamelle micrométrique.....	30
Figure 16: Observation microscopique de la mayonnaise 30% sans SIN1450.....	37
Figure 17: Observation microscopique de la mayonnaise 30% Avec SIN1450	38
Figure 18: Observation microscopique de la mayonnaise 44%.	40
Figure 19: Observation microscopique de la mayonnaise 74%.	41
Figure 20: Répartition de la taille des gouttelettes de D50 pour les trois analyses de la mayonnaise a 30% d'huile sans le SIN1450.....	45
Figure 21: La distribution en pourcentage en fonction de diamètre des particules en μm pour la mayonnaise à 30% d'huile sans le SIN 1450.	45
Figure 22: répartition de la taille des gouttelettes de D50 pour les trois analyses de la mayonnaise a 30% d'huile avec le SIN1450.	47
Figure 23: La distribution en pourcentage en fonction de diamètre des particules en μm pour la mayonnaise à 30% d'huile avec le SIN 1450.....	47

Introduction

Introduction

Les industries agroalimentaires regroupent principalement les activités de transformation de biens agricoles en produits alimentaires (**Gautier et al, 2012**). La plupart des aliments naturels ou traités par des procédés industriels se présentent sous forme d'émulsion, ou étaient dans un état émulsionné pendant leur production c'est le cas de la mayonnaise. L'étude des émulsions est ainsi complexe mais primordiale dans ce domaine pour assurer des produits stables possédant les propriétés attendues par le consommateur (**Laurine et al, 2018**).

Le terme émulsion désigne un système colloïdal comprenant au moins deux liquides non miscibles (habituellement l'eau et l'huile), dont l'un est dispersé en petites gouttes dans une phase continue constituée par l'autre liquide, sous une forme plus ou moins stable

Leur élaboration est une opération du génie des procédés dont le principal enjeu est de combiner de façon adéquate les propriétés physico-chimiques des constituants de l'émulsion et les conditions hydrodynamiques liées à la technique mise en œuvre pour réaliser l'émulsification.

Ce sont des systèmes thermodynamiquement instables, qui sont sujet à une déstabilisation se traduisant par un état final de séparation des phases. Pour avoir une émulsion plus stable dans le temps, on rajoute souvent des agents tensioactifs. Le principal rôle de ces derniers est d'abaisser la tension interfaciale entre les deux liquides non miscibles donnant lieu à la formation de gouttelettes de plus petite taille sous agitation mécanique et formant un film protecteur autour de ces gouttelettes pour ainsi limiter leur agrégation (**Rojas, 2007**).

Une bonne maîtrise de la formulation seule ne peut assurer ou garantir la préparation d'une mayonnaise stable, le procédé d'émulsification (type et géométrie d'agitation, vitesse et temps d'émulsification...) jouent un rôle important dans l'élaboration et les caractéristiques finales de ces systèmes (finesse, stabilité) (**Miyagawa et Adachi, 2017**).

Dans le but d'étudier la stabilité de formulations de mayonnaise avec différentes proportions de phases huileuses et aqueuses, les effets de plusieurs variables du processus sur la stabilité de l'émulsion huile dans l'eau ont été étudiés étant donné que la valeur marchande des aliments est altérée par la déstabilisation (**Miyagawa et al, 2019**).

Dans ce contexte, notre travail s'est attaché à étudier la stabilité de la mayonnaise fabriquée à base de différents taux d'huiles de tournesol par l'utilisation de microscope optique et de granulométrie laser.

Nous nous proposons dans un premier temps de situer le contexte de l'étude en matière de stabilisation d'émulsions par une étude bibliographique. Tout d'abord, quelques généralités sur les émulsions, leurs caractéristiques sont détaillées dans le Chapitre 1. Puis on détaillera les mécanismes de stabilisation et de déstabilisation en chapitre 2. Le Chapitre 3 est consacré à la présentation des différentes molécules qui stabilisent les émulsions. Enfin, dans le chapitre 4, on donnera un petit aperçu sur l'émulsion type mayonnaise.

Dans la seconde partie de ce mémoire, sont présentés nos matériel et méthodes d'analyse. La formulation de 4 échantillons de mayonnaise dans le but de connaître le pourcentage de l'huile de tournesol qui assure la stabilité de l'émulsion ensuite des analyses physicochimiques et microbiologiques pour assurer la qualité du produit fini et enfin l'étude de la stabilité de l'émulsion sous microscope optique et granulomètre laser.

La 3^e partie est consacrée à la discussion de l'ensemble des résultats de cette étude.

Chapitre I : Généralités sur les émulsions

1 . Définition

Une émulsion est définie comme une dispersion d'un liquide en fines gouttelettes sphériques, de diamètre variant de 0,1 à quelques dizaines de micromètres (phase dispersée) dans un autre liquide (phase continue), les deux liquides étant non miscibles (Arditty, 2004).

Le liquide sous forme de gouttelettes est qualifié de phase dispersée, phase discontinue ou phase interne ; - l'autre liquide est appelé phase dispersante, phase continue ou phase externe (Figure 01).

Les émulsions appartiennent donc aux systèmes dispersés. Généralement, l'une des phases possède un caractère hydrophobe ou lipophile, c'est la phase huileuse ou grasse. L'autre est hydrophile, on parle alors de phase aqueuse. Il peut également s'agir de deux phases grasses ou inversement, de deux phases aqueuses. Les émulsions sont des systèmes thermodynamiquement instables qui se séparent plus rapidement en deux phases (Fantou, 2018).

En raison de cette instabilité les émulsions peuvent être stabilisées cinétiquement par des molécules amphiphiles telles que les tensioactifs ou les polymères, et qui s'adsorbent spontanément aux interfaces, ce qui mène à la formation d'un film interfacial autour de gouttelette de l'émulsion dont le rôle dans la préparation est de stabiliser le système en évitant les phénomènes de dégradation (Destribats, 2010).

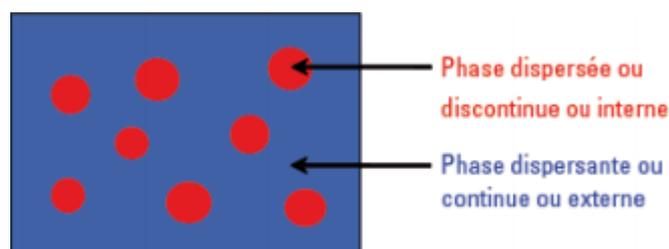


Figure 1: Émulsion : phase dispersée et phase dispersante (Doumeix, 2001).

2 . Types d'émulsion

On peut classer les émulsions selon la répartition des phases ou suivant la taille des gouttelettes dispersées.

3 . Classification

On distingue trois grandes catégories d'émulsion selon la dimension des gouttelettes présentes dans la phase dispersée. En les classant dans l'ordre croissant de taille, on trouve les microémulsions, nano-émulsions, et macro-émulsions.

- **Les macroémulsions**

Il s'agit de systèmes dispersés hors équilibre comportant deux phases liquides non miscibles. Les émulsions sont des systèmes instables du point de vue thermodynamique, car la séparation des deux phases conduit à une diminution de l'énergie libre. Cependant, la cinétique de grossissement de gouttes peut être suffisamment retardée pour que l'émulsion reste stable pendant une durée déterminée. Le diamètre moyen de ces émulsions classiques est supérieur ou égal au micromètre (Pierat, 2010).

- **Les nano/mini émulsions**

Ces deux termes sont utilisés pour nommer des systèmes biphasiques, de taille de gouttes comprises entre 20 et 200 nm (Solans et al, 2005). En raison de la taille des gouttes, les nanoémulsions sont transparentes ou translucides à l'œil et sont stables à la sédimentation ou au crémage. La préparation des nanoémulsions exige soit l'utilisation de méthodes hautement énergétiques, comme la microfluidisation, ou bien l'utilisation de méthodes non conventionnelles et complexes, mais de faible consommation énergétique, comme l'inversion de phase. L'avantage des miniémulsions est leur extraordinaire stabilité au vieillissement et à la dilution (Pierat, 2010).

- **Les microémulsions**

Ce terme est utilisé aujourd'hui pour désigner un système monophasique dans lequel un tensioactif particulièrement performant rend possible la coexistence, à l'échelle quasi moléculaire, des phases eau et huile. Contrairement aux macro ou nanoémulsions, elles sont thermodynamiquement stables (Pierat, 2010).

De plus chacun de ces types d'émulsion possède des caractéristiques qui lui sont propres (indiquées sur le tableau 1)

Tableau 1: caractéristique des différentes catégories d'émulsions (RAHMOUNI, 2016).

Propriété	Macro-émulsion	Nano-émulsion	Micro-émulsion
Apparence	Opaque	Transparent où légèrement turbide	Transparent où légèrement turbide
Stabilité	Thermodynamiquement instable	Thermodynamiquement instable mais cinétiquement stable	Thermodynamiquement stable
Durée de vie	Courte	Courte	Longue
Taille gouttelettes	Supérieur 1µm	Entre 0.2 et 5 µm	Entre 0.1 et 1 µm
Energie nécessaire a formation	Méthode a forte ou faible énergie	Méthode a forte ou faible énergie	Méthode a faible energie (formation spontanée)
Cout pour la formation	Peu important	Important	Peu important
Pourcentage de tensioactif	Inférieur à 5 %	Entre 5 et 10 %	Supérieur à 10%

4 . Composition

4.1 . Phases lipophile et hydrophile

➤ La phase huileuse

Elle est également utilisée comme solvant pour les émulsifiants plus lipophiles, les nutriments solubles dans l'huile. La phase huileuse dans les émulsions alimentaires, provenant de sources animales ou végétales, se présente principalement sous forme de triglycérides. L'huile contient également des niveaux de di- et monoglycérides, de lipides polaires et d'acides gras libres. Ces lipides tendent à être tensioactifs, plus solubles dans l'eau et parfois utilisés comme émulsifiants alimentaires. Les trois chaînes d'acides gras les plus courantes sont les chaînes palmitiques saturée (C16), stéarique (C18), oléique insaturée (C18: 1) et linoléique (C18: 2).

La matière grasse est un nutriment essentiel et la phase huileuse confère une sensation caractéristique à la bouche à des produits tels que la crème, le beurre et le fromage (Benaïssa, 2006).

➤ **La phase aqueuse ou phase hydrophile**

Le rôle de la phase aqueuse est principalement la solubilisation des composants solubles dans l'eau (sels, émulsifiants, protéines, polysaccharides, etc.), soit comme phase continue dans les émulsions H/E, soit comme phase dispersée dans les émulsions E/H. Les molécules d'eau possèdent de fortes liaisons hydrogène attractives dépendant de l'orientation, ce qui entraîne une forte tension interfaciale. La rupture de la phase dispersée en fines gouttelettes, ainsi que les forces de tension interfaciale doivent être réduites par la présence d'émulsifiants (Benaïssa, 2006).

4.2 . Émulsifiants

Des substances peuvent être ajoutées à la phase hydrophile ou lipophile pour participer à la stabilisation des émulsions, ces substances appelées émulsifiants, stabilisent l'interface entre les gouttelettes dispersées et la phase dispersante et/ou limitent la rencontre entre les gouttelettes dispersées (Jouanny-Bouyer, 2011). Un émulsifiant efficace doit avoir les caractéristiques générales suivantes :

- ✓ Capacité de s'adsorber rapidement à la surface des gouttelettes fraîchement formées pendant l'homogénéisation.
Capacité de réduire la tension interfaciale d'une quantité significative.
- ✓ Capacité de former un revêtement interfacial qui soit résistant à la rupture et / ou fournir une interaction répulsive suffisamment forte entre les gouttelettes (McClements, 2004).

Il existe différents types d'émulsifiants : les tensioactifs (TA), les particules solides, les chaînes de polymères et les protéines. Les plus couramment utilisés sont les TA (**Jouanny-Bouyer, 2011**).

Chapitre II : Mécanisme de déstabilisation

- **Mécanismes de déstabilisation**

Les émulsions étant des systèmes hors équilibre, plusieurs mécanismes peuvent entraîner leur déstabilisation et mener à une modification de leur morphologie ou à une séparation de phase macroscopique, différents mécanismes de rupture existent, ils peuvent être réversibles ou irréversibles (**Brochette, 1999**).

Tableau 2: Phénomènes et causes de l'instabilité des émulsions (**Brochette, 1999**).

Phénomènes	Causes
Murissement d'Ostwald	Solubilité de la phase dispersée dans la phase dispersante
Crémage et sédimentation	Différence de densité entre les 2 phases
Floculation	Répulsions insuffisantes entre les gouttelettes
Coalescence	Rapprochement des gouttelettes et rupture du fil interfacial
Inversion de phase	La phase continue d'une émulsion devient la phase dispersée

1 . Effet de la taille des gouttelettes d'huile sur la stabilité

1.1. Coalescence

La coalescence se produit lorsqu'il y a une rupture du film protecteur de la phase continue. Ceci est dû à un rapprochement des gouttes qui va tendre à réduire le film mince sous l'effet de la pression exercée sur les gouttes. Les gouttelettes vont alors fusionner pour donner des gouttelettes de taille supérieure. A terme, on peut voir apparaître une rupture de l'émulsion ou un déphasage. Afin de limiter ce phénomène, il est donc préférable d'utiliser un tensioactif qui va renforcer le film protecteur en augmentant l'élasticité interfaciale (**Ali, 2016**).

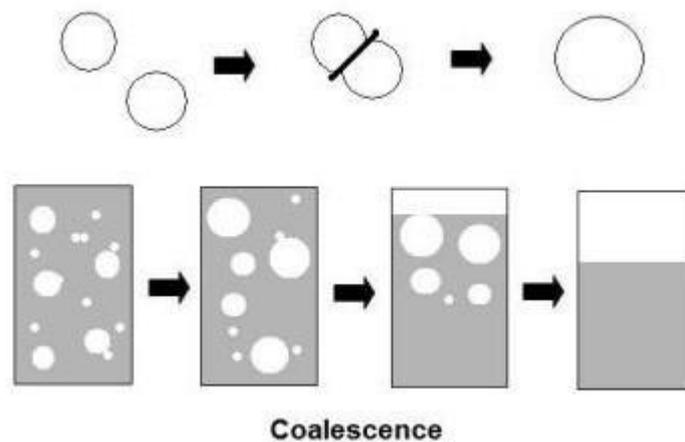


Figure 3: Phénomène de coalescence ou rupture de phase (Pierat, 2010).

-Pour éviter ce phénomène il faut :

-prévenir la floculation

-renforcer la résistance du film par le choix du tensioactif (Pierat, 2010).

1.2. Mûrissement d'Ostwald

Il existe toujours une solubilité partielle de la phase dispersée dans la phase continue, à l'issue de l'étape d'émulsification, la population de gouttelettes n'est pas homogène en taille. Il existe un flux de matière des petites vers les grosses gouttes, au travers de la phase continue, ce phénomène est lié à la différence de pression de part et d'autre de l'interface entre la phase dispersée et la phase continue. En effet, la courbure de la surface des gouttes engendre un excès de pression à l'intérieur des gouttes, appelé surpression de Laplace. Cette surpression est d'autant plus élevée que le diamètre des gouttes est faible. Les petites gouttes se vident au profit des grosses, et la granulométrie se modifie puisque les classes de faible taille disparaissent. Ce phénomène irréversible constitue le mûrissement d'Ostwald (Stauffer, 2014).

Ce phénomène peut être évité par :

- ✓ Monodispersion de la population de gouttelettes.
- ✓ Diminution de la solubilité en ajoutant du sel dans une émulsion E/H ou un soluté apolaire de masse molaire élevée pour une émulsion H/E,
- ✓ Addition de tensioactifs faisant barrière à la diffusion de molécules de la phase dispersée (Pierat, 2010).

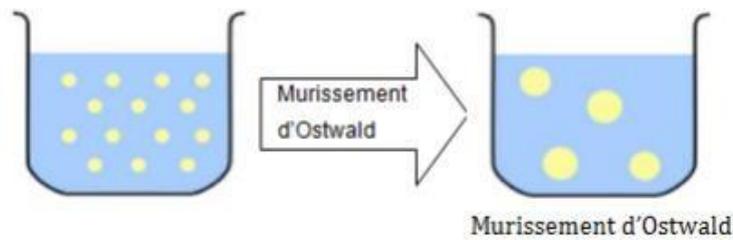


Figure 4: Murissement d'Ostwald (Dr. M.DJEBBAR, 2019).

2 . Migration des gouttelettes

2.1 . Crémage et sédimentation

L'origine de ces deux phénomènes résulte d'une différence de densité entre les phases dispersées et dispersantes. Dans le phénomène de crémage les gouttelettes vont migrer de la phase dispersée vers le haut (émulsion H/E) tandis que dans le phénomène de sédimentation elles vont migrer vers le bas (émulsion E/H).

La taille, la différence de densité entre les deux phases et la pesanteur vont être des paramètres influant sur la migration des gouttelettes. En effet, le crémage a lieu si la densité de la phase dispersée est supérieure à celle de la phase dispersante et dans le cas inverse, il y a sédimentation.

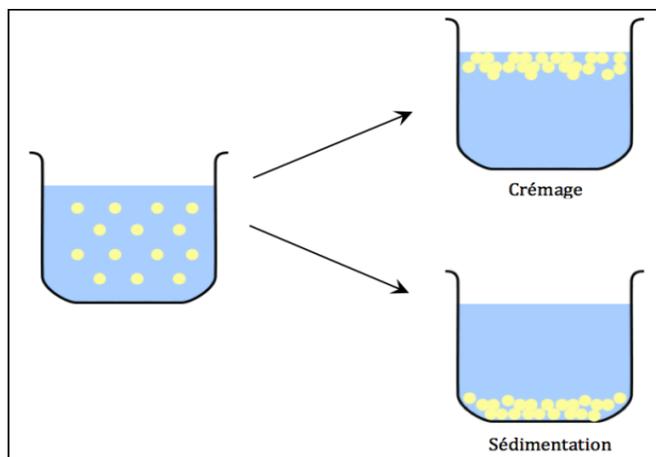


Figure 5: Phénomènes de crémage et sédimentation (Dr. M.DJEBBAR, 2019).

Ces deux phénomènes peuvent être contrôlés en augmentant la viscosité de la phase dispersante ou en utilisant un agent de texture. Ils sont également réversibles : si l'on réagit l'émulsion celle-ci retrouve son aspect initial. Sur le long terme, ces phénomènes concentrent localement les gouttes et accélèrent les instabilités telles que la coalescence (Ali, 2016).

2.2 . Flocculation :

La flocculation commence dans les émulsions dès que l'agitation est arrêtée. Les agrégats commencent à se former très rapidement : en effet leur temps de formation est compris entre quelques fractions de secondes et plusieurs secondes, en fonction de la concentration de la phase aqueuse interne. Cependant, leur structure dans les émulsions E / H et la vitesse de leur formation dépendent de la concentration de la phase dispersée (Ali, 2016).

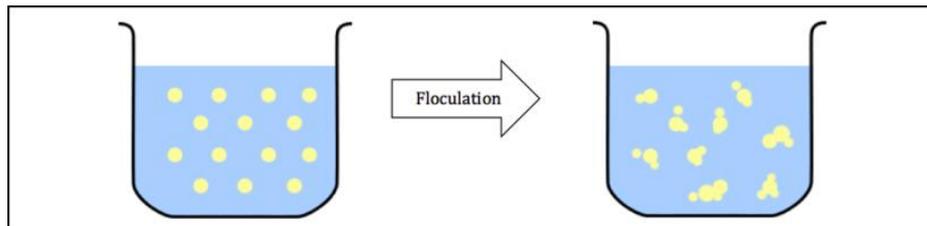


Figure 6: Phénomène de flocculation (Dr. M.DJEBBAR, 2019).

Pour des gouttes aqueuses ayant une taille comprise entre 100 et 300 nm, le mouvement brownien est la principale raison de la flocculation. En effet, si des particules entrent en collision cela conduit à la formation d'agrégats contenant des centaines de gouttelettes. Ces agrégats peuvent avoir une forme sphérique compacte. Dans ce cas, une augmentation de la taille des agrégats conduit à leur sédimentation et à la séparation de la phase organique de l'émulsion. De plus, ces agrégats peuvent être des structures ramifiées qui occupent presque la totalité du volume des émulsions H/E ou E/H. Cependant, la flocculation peut être maîtrisée

En augmentant la viscosité de la phase dispersante car si elle est plus épaisse cela diminue la vitesse de collision entre les gouttelettes ;

- En ajoutant des tensioactifs C'est également un phénomène réversible : l'agitation permet de remettre les gouttes en suspension (Ali, 2016).

3 . Inversion de phases

Une inversion de phase (Figure 07) a lieu quand la phase continue d'une émulsion devient la phase dispersée, et inversement. Une inversion d'émulsion peut se faire lors d'un changement de formulation ou de composition qui provoque un changement du type de l'émulsion. Ce type d'inversion est appelé inversion dynamique car elle a lieu à cause de ce changement continu.

Une inversion peut être favorable ou défavorable, et sera exploitée ou évitée. L'intérêt principal de ce mécanisme est la possibilité de fabriquer une émulsion avec une faible taille de gouttes et un faible apport d'énergie (**Pierat, 2010**).

L'inversion de phase peut être maîtrisée en contrôlant les paramètres suivants :

- La température.
- La concentration de l'émulsion.
- Le type et la concentration de l'émulsifiant.

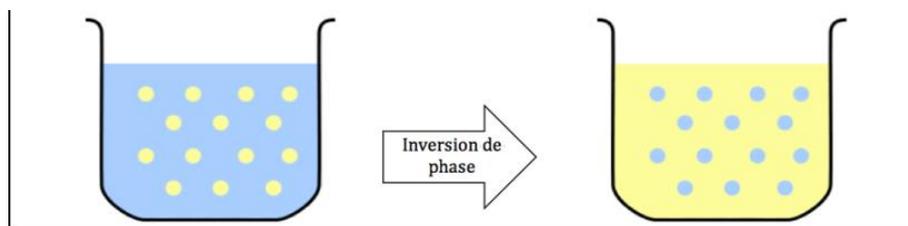


Figure 7: Inversion de phase (**Dr. M.DJEBBAR, 2019**).

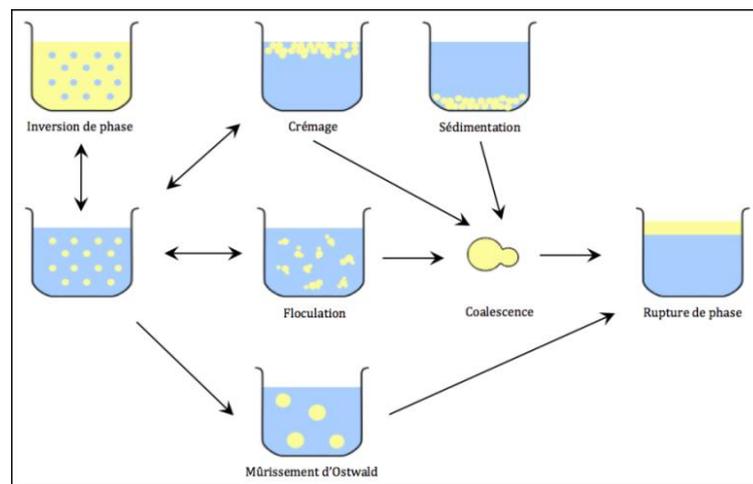


Figure 8: Schémas récapitulatif des différents phénomènes d'instabilité des émulsions (**Dr. M.DJEBBAR, 2019**).

Chapitre III : Molécules stabilisants les émulsions

1 . Les additifs alimentaires

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées en petite quantité aux aliments au cours de leur préparation, dans un but précis d'ordre technologique tel que la conservation, coloration, édulcoration. (Aboiron *et al*, 2004).

Définition de l'additif dans le cadre du Codex Alimentarius

On entend par additifs alimentaires toute substances qui n'est pas normalement consommée en tant que denrée alimentaire, ni utilisée comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire, quel ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition internationale à la denrée alimentaire, dans un but technologique (y compris organoleptique). A une quelconque étape de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement de conditionnement de l'emballage de transport ou de l'entreposage de ladite denrée entraîne , ou peut , selon toute vraisemblance , entraîner (directement ou indirectement) son incorporation ou celle de ces dérivés dans la denrée ou peut en affecter d'une autre façon les caractéristique. (de Reynal, 2009).

Règlementation

Le décret exécutif n°12-214 du 15Mai 2012 ; fixe les conditions d'utilisation des additifs alimentaires, en 20 articles. Elle est fondée sur la directive du codex alimentarius relative aux Additifs Alimentaires. Les conditions d'utilisation des Additif Alimentaire, en plus de ceux mentionnées par la commission du codex alimentarius s'ajoute : Seuls les Additifs Alimentaire halal peuvent être incorporés dans les denrées alimentaires. L'acheteur est informé via l'emballage du produit alimentaire, de l'emploi éventuel d'un additif alimentaire avec indication de son nom et de sa fonction principale dans le produit fini. Le nom spécifique et/ou son numéro du système international de numérotation (SIN) + de sa fonction technologique (SEMOUD, 2020)

1.1. Emulsifiants

Les émulsifiants sont des agents très largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire. Leur particularité est de stabiliser des systèmes alimentaires complexes mettant en jeu des phases non-miscibles (exemple : l'eau et l'huile). En raison de l'instabilité des émulsions industrielles, elles comportent toujours des émulsifiants, ou émulsionnants, formant un film interfacial, ou film mince, ou membrane interfaciale, autour des globules de la phase dispersée.

Il s'agit le plus souvent de petites molécules amphiphiles appelées tensioactifs, surfactifs, surfactants ou agents de surface (Doumeix, 2001).

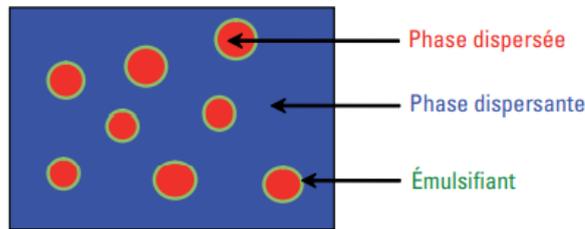


Figure 9: Représentation d'une émulsion avec émulsifiant (Doumeix, 2001).

1.2. Epaississants et stabilisants

1.2.1. Amidon

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs. L'amidon est biosynthétisé sous forme de grains dont la taille, la forme et la structure cristalline dépendent de son origine botanique (Buléon *et al.*, 1998).

C'est un nutriment abondant, renouvelable, peu coûteux, qui trouve dans les aliments de multiples fonctions comme épaississant, gélifiant, liant sous sa forme d'empois d'amidon granulaire. Sous forme hydrolysée, l'amidon est utilisé comme matière sucrante, liante ; il fait partie des additifs alimentaires (Singh *et al.*, 2007).

Les amidons natifs correspondent au produit brut, extrait sans modification de sa structure moléculaire.

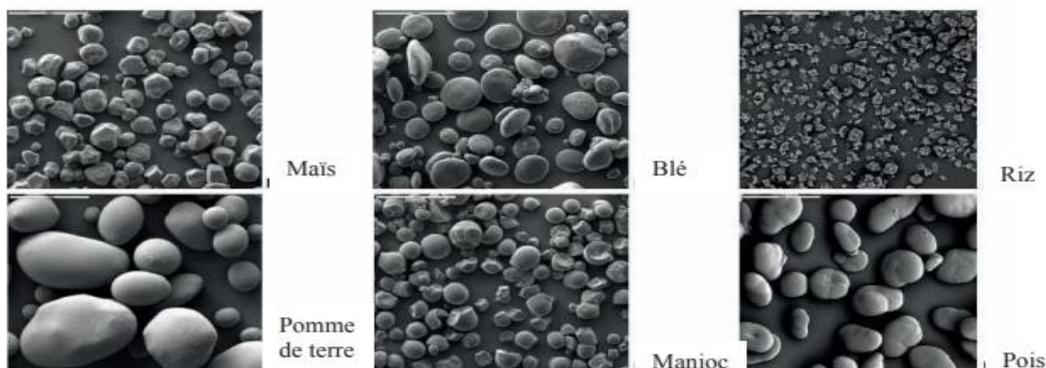


Figure 10: Formes et tailles des granules d'amidon de maïs, blé, riz, pomme de terre, manioc et de pois (MEB grossissement $\times 280$) (Mbougoung, 2009).

- **Amidon modifié**

Avec les procédés modernes de fabrication, sont apparus des amidons modifiés provenant de différentes sources sont généralement utilisés comme agents épaississants pour fournir les structures souhaitées dans les produits alimentaires (**Silva et coll., 2006**). Ils présentent des propriétés texturants, stabilisantes et épaississantes répondant à des exigences technologiques de plus en plus pointues, adaptées aux matrices alimentaires innovantes.

L'amidon modifié est une substance transformée qui provient de modifications chimiques effectuées sur l'amidon natif au moyen d'un ou plusieurs traitements chimiques d'amidons alimentaires, qui peuvent avoir été soumis à un traitement physique ou enzymatique, et peuvent être fluidifiés par traitement acide ou alcalin ou blanchis (**de Reynal, 2009**).

Les amidons transformés utilisés dans les émulsions par exemple :

- Adipate de diamidon acétylé SIN 1422
- Phosphate de diamidon hydroxypropyle SIN 1442
- L'octényle succinate d'amidon sodique SIN 1450

1.2.2. Hydrocolloïdes

Les hydrocolloïdes sont des polysaccharides doués de propriétés particulières pour épaissir ou gélifier des systèmes aqueux. On recherche leur pouvoir gélifiant réversible ou pas, leur effet sur la viscosité.

On les utilise en les solubilisant, selon plusieurs modalités, qui sont fonction de la forme que vont adopter les macromolécules en solution, selon leur rigidité et selon les interactions entre macromolécules : C'est la théologie des solutions. Selon qu'il existe ou pas d'interactions entre macromolécules, on aura un épaississant pur ou un gélifiant.

Les propriétés recherchées par les technologues seront de lier l'eau afin d'améliorer le comportement rhéologique et d'obtenir une texture mieux adaptée à l'application (**de Reynal, 2009**).

Comme exemple d'hydrocolloïdes, la gomme xanthane

- **Gomme Xanthane**

La gomme xanthane est un polysaccharide bactérien utilisé dans plusieurs sphères de fabrication industrielle. En alimentaire, ses nombreuses propriétés en font un ingrédient de

choix. Elle est reconnue pour sa très grande stabilité à différentes conditions de pH et de températures en plus d'être soluble à chaud et à froid. Ses propriétés épaississantes et stabilisantes sont largement exploitées dans la production des solutions très visqueuses à faible concentration et dans plusieurs sphères de fabrication industrielle (**Bertrand, 2008**).

La gomme xanthane est soluble dans l'eau et est utilisée dans la préparation des émulsions. Dans des conditions appropriées de concentration, elle est utilisée pour empêcher la floculation et le crémage des émulsions, en raison de l'augmentation de la viscosité apparente de la phase continue, ce qui retarde le mouvement des gouttelettes dispersées. Dû à ces propriétés rhéologiques et d'épaississements uniques, elle est reconnue comme un excellent stabilisant d'émulsion (**Hemar et al., 2001**).

2 . Les tensioactifs

Un tensioactif (aussi appelé surfactant ou agent de surface) est une molécule modifiant la tension interfaciale entre deux phases. Généralement, un tensioactif est une molécule amphiphile, c'est à dire possédant à la fois une partie hydrophile polaire et une autre hydrophobe apolaire (**Messaoud, 2020**). Le schéma d'un tensioactif est présenté dans la figure 11.

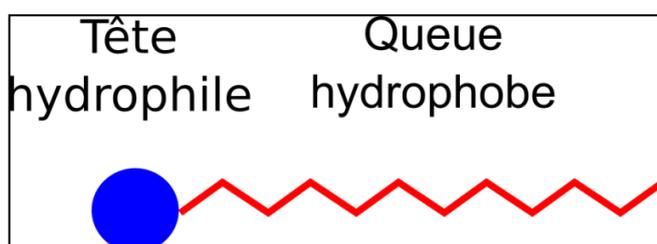


Figure 11: Schéma structural d'un tensioactif.

Ils jouent un rôle indispensable lors du procédé d'émulsification mais également pour le maintien de la dispersion dans le temps. En effet, de par leur caractère amphiphile, ils ont la capacité de s'adsorber à l'interface eau/huile et ainsi de diminuer la différence de pression entre les deux liquides. De telles molécules permettent de réduire la quantité d'énergie à apporter au système pour rompre les gouttelettes et favoriser ainsi la mise en émulsion.

L'utilisation de tensioactifs, seuls ou en mélanges, permet d'obtenir des gouttelettes plus fines avec une interface eau/huile stable afin de retarder les phénomènes de déstabilisation, notamment la coalescence (**Fantou, 2018**).

En fonction du type d'émulsion, l'orientation des tensioactifs ne sera pas la même. En effet, dans le cas d'une émulsion Huile dans l'eau la tête hydrophile est placée à l'extérieur des gouttelettes et inversement dans le cas d'une émulsion Eau /huile Cette orientation des tensioactifs est présentée.

Il existe de nombreuses molécules tensioactives très différentes les unes des autres. On peut classer ces molécules en fonction de la charge de la tête hydrophile.

2.1 . Classification des tensioactifs

Il existe de différentes classifications possibles des tensioactifs ; ils peuvent être classés en fonction de :

La nature de leur tête polaire (non ionique ; anionique ; cationique ou amphotère)

La longueur de la partie lipophile qui permet de classer les tensioactifs en agents mouillants (C8-C10) ; détergents (C12-C16) ; émulsionnants ou adoucissants (C18-C22).

De leur origine : naturelle ou synthétique.

- **Les tensioactifs anioniques**

La partie hydrophile est chargée négativement. Ils sont surtout détergents, mouillants, moussants.

- **Les tensioactifs cationiques**

La tête polaire est chargée positivement. Par exemple, les amines protonés. Cependant, ce type de tensioactifs regroupe des molécules toxiques et irritantes, leur utilisation est donc limitée.

- **Les tensioactifs zwitterioniques ou amphotères**

La partie hydrophile porte une charge négative et une charge positive. La nature de la charge varie en fonction du PH ; ils sont cationiques en milieu acide ; anioniques en milieu alcalin ; ils possèdent à la fois les propriétés des anioniques et celles des cationiques mais à un degré moindre. Ils sont compatibles (ils peuvent se mélanger) avec tous les types de tensioactif lorsque le PH du milieu est compris entre 5 et 8.

- **Les tensioactifs non ioniques**

Sont par définition non chargés. Ils sont donc moins sensibles à la présence d'électrolytes et sont compatibles avec les tensioactifs anioniques et cationiques. **Kerverdo, S., & Brancq, B. (2008).**

Ces derniers peuvent également contribuer à la stabilisation des émulsions en jouant sur les forces électrostatiques d'après la théorie de Derjaguin, Landau, Verwey et Overbeek (ou encore DLVO). Selon cette théorie (**Matthews et al., 1970**) la stabilité des émulsions est principalement liée à la compétition entre les interactions attractives et répulsives entre les gouttelettes.

- **Les Tensioactifs d'origine naturel**

- **Le Jaune d'œuf et albumine**

L'œuf de poule a été qualifié par Baldwin (1986) d'ingrédient polyfonctionnel, parce qu'il peut remplir simultanément plusieurs fonctions technologiques dans un même produit alimentaire formulé. Ses propriétés émulsifiantes, gélifiantes, épaississantes, colorantes et aromatiques en font encore aujourd'hui un ingrédient de base universel de la cuisine domestique et de l'agroalimentaire. Un grand nombre de préparations culinaires font ainsi appel à l'œuf entier qui exprime l'ensemble de ces propriétés. Pour d'autres préparations, des propriétés plus spécifiques sont recherchées, ce qui peut amener à utiliser séparément le jaune et le blanc d'œuf. Alors que le jaune d'œuf est l'agent émulsifiant par excellence, le blanc d'œuf est une référence en termes de foisonnement (**Lechevalier, 2010**).

Au niveau industriel, le jaune d'œuf est plus utilisé pour ses propriétés fonctionnelles que nutritionnelles et se présente sous différentes formes : congelé, en poudre ou liquide. Il est incorporé dans de nombreux produits alimentaires pour ses propriétés émulsifiantes exceptionnelles et aussi parce qu'il procure aux aliments le goût et la couleur désirés (**Bringe et al., 1995**).

Le jaune d'œuf est ainsi un ingrédient indispensable à la fabrication d'émulsions froides (mayonnaises) c'est un tensioactif, Il participe à la formation et à la stabilisation des émulsions en constituant un film interracial entre l'huile et l'eau. Ce film permet d'une part de diminuer la tension interraciale entre l'huile et l'eau et, d'autre part de former une barrière protégeant les gouttelettes d'huile de la rupture, Les recherches entreprises ces dernières années, ont largement

contribué à cette compréhension et permettent actuellement de mieux maîtriser les émulsions fabriquées avec du jaune d'œuf. (Lechevalieret *al.*, 2010).

3 . Balance hydro-lipophile HLB

Il existe différents concepts permettant de classer les tensioactifs selon leur affinité avec la phase continue. L'un des plus utilisés est le HLB ou balance hydrophile – lipophile, défini par **Griffin** et qui permet de classer les tensioactifs selon leur nature hydrophile ou lipophile. Il s'agit d'une échelle semi-empirique allant de 0 à 20, soit des tensioactifs les plus hydrophobes au plus hydrophiles (**Fantou,2018**).

Cette balance permet ainsi de savoir pour quelle application le tensioactif est le mieux adapté. De ce fait, pour savoir quel tensioactif utiliser pour formuler une émulsion, il faut obligatoirement déterminer la HLB de celui-ci afin d'assurer une stabilité optimale de l'émulsion (**Davies, 1957**).

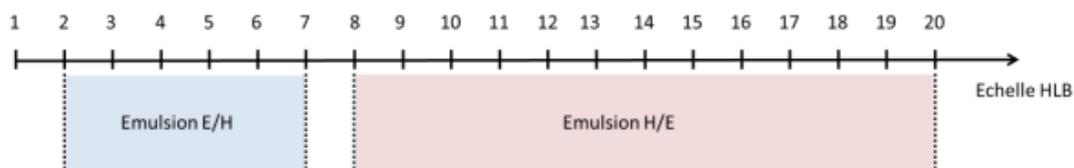


Figure 12: Echelle de la balance hydro-lipophile HLB (**Davies, 1957**).

- Si l'indice HLB < 8, alors l'amphiphile est lipophile.

- Si l'indice HLB > 12 alors l'amphiphile est hydrophile.

(Plus la valeur est proche de 20, plus la solubilité dans l'eau est grande)

- De plus, on utilisera un tensioactif pour une émulsion Huile dans l'eau si HLB > 12

et un tensioactif pour une émulsion Eau dans l'huile si HLB < 8.(**Fantou,2018**).

Chapitre IV : Emulsion alimentaire type mayonnaise

1 . Définition de la mayonnaise

La mayonnaise est l'un des types de sauces les plus populaires au monde. Il s'agit d'une émulsion huile-dans-eau semi-solide produite sous forme de mélange de jaune d'œuf, de vinaigre, d'huile et de certains autres ingrédients (**Depree & Savage, 2001**).

C'est est une sauce jaune pâle à la texture épaisse et crémeuse (figure 13). Elle peut être divisée en deux types principaux selon la quantité de l'huile, La mayonnaise allégée en matières grasses contient environ 30 % d'huile alors que la mayonnaise grasse en contient environ 74 à 80 % (**Morna, 2019**).



Figure 13: Aspect et texture d'une sauce froide de type mayonnaise.

Une mayonnaise est une émulsion huile dans l'eau stabilisée par les lipoprotéines du jaune d'œuf. La mayonnaise commerciale contient d'habitude 77 à 82% d'huile, du jaune d'œuf du vinaigre du sel et de la moutarde ou d'autres épices. L'huile contribue aux propriétés rhéologiques du produit (**Graille, 2003**).

La mayonnaise contient des émulsifiants, divers additifs dont des épaississants comme la gomme xanthane et l'amidon modifié qui contribuent à sa texture, ainsi que des ingrédients qui relèvent le goût, comme le sel, le sucre, les épices.

Chacun de ces ingrédients à un rôle spécifique et le tout est mélangé par un procédé thermomécanique qui crée de nombreuses et nouvelles interactions entre les molécules.

La stabilité d'une mayonnaise ne peut donc s'expliquer par un simple mélange entre de l'eau et de l'huile qui sont pourtant ses principaux constituants. (**Etiévant et al, 2021**).

En effet, l'eau et l'huile ne se mélangent pas naturellement, le mélange ne se fait que si une énergie mécanique est apportée, le mélange génère une suspension de gouttelettes d'huile dans une phase aqueuse (donc une émulsion), mais comme l'énergie de l'état dispersé est

supérieure (c'est-à-dire qu'il est moins stable) à celle de l'état non dispersé (**Etiévant et al., 2021**).

La mayonnaise, est un système thermodynamiquement instable. De plus, il faut pouvoir la conserver plusieurs semaines, ce qui introduit la notion de stabilité cinétique, c'est-à-dire une stabilité qui dure dans le temps (**Etiévant et al, 2021**).

2 . Procèdes de fabrication

- **Matière première**

Jaunes d'œufs, huile, eau, vinaigre, sels et épices et additifs.

Deux phases sont nécessaires à la fabrication de la mayonnaise. La formulation de ces phases se fait de la manière suivante :

Préparation de la phase grasse : La phase grasse est constituée de l'huile dans les proportions définies selon la recette ainsi que des auxiliaires de fabrication qui y sont solubles tels que : l'émulsifiant, les arômes. La préparation proprement dite de la phase grasse consiste à dissoudre les additifs dans l'huile. (**kone, 2001**).

Préparation de la phase aqueuse : La phase aqueuse est constituée de l'eau et du vinaigre ainsi que des additifs qui y sont solubles tels que : jaune d'œuf, le sel, le sucre et les conservateurs, etc. (**kone, 2001**).

Le processus de fabrication dans une installation de type FRYMA se déroule de la manière suivante (**ANGLIONIN Charles ,2014**) :

- Peser les matières premières

Introduire la phase aqueuse contenant le jaune d'œuf dans la cuve sans le vinaigre.

- Ajouter le vinaigre en maintenant l'agitation 5minutes à grande vitesse (900tr/min) attendre que la phase aqueuse ait atteint 30°C
- Arrêter le fonctionnement et faire un prélèvement dans un Becher adapté pour mesurer la viscosité et le pH.
- Faire le vide et lancer l'agitation 3 minutes à vitesse moyenne (400 tr/min)
- Ajouter très progressivement en filet mince l'huile à 30°C en maintenant l'agitation moyenne.

Si l'émulsion se forme ajouter la phase huileuse plus rapidement lorsque la mayonnaise est formée. - Réaliser cette émulsion à 25°C pendant 20 minutes à vitesse moyenne (600 tr/min max)

- Arrêter l'agitation/casser le vide et faire un prélèvement (pH/paramètres microscopiques) refroidir le mélange en faisant circuler de l'eau froide dans la double enceinte (régler le débit donné par le robinet d'eau pour garantir le bon fonctionnement de la pompe) lancer l'agitation 10 minutes à vitesse moyenne,
- Arrêter l'agitation/casser le vide et faire un prélèvement (pH/paramètres microscopiques/ viscosité) - Evacuer le produit.
- Pesée/conditionnement du produit et étiquetage.

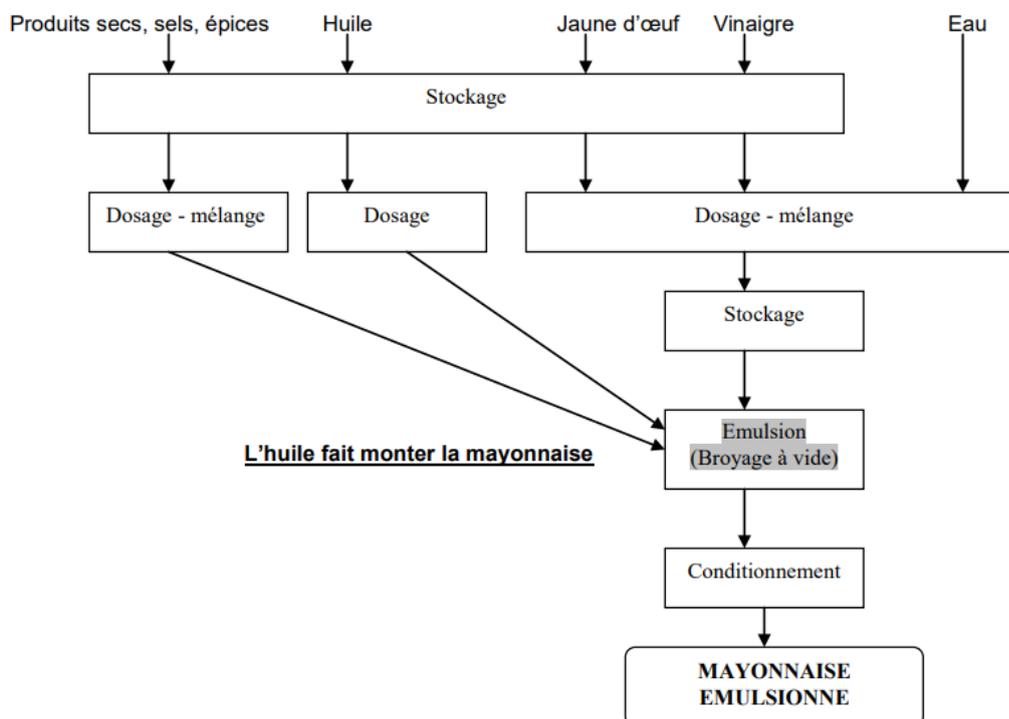


Figure 14 : Diagramme de fabrication de la mayonnaise (kone, 2001).

3 . Contrôle de la qualité et conservation

Les mayonnaises sont des produits relativement fragiles sur le plan microbiologique et certains ingrédients dont particulièrement le jaune d'œufs frais est souvent contaminé. La quantité d'eau disponible pour les micro-organismes et le pH constituent les facteurs clés pour la stabilité de la mayonnaise. Un contrôle basé sur les bonnes pratiques de fabrication (GMP = *Good Manufacturing Practices*) ainsi que sur la qualité des matières premières, Particulièrement les œufs, est décisif pour la qualité du produit fini. Il ne faut, en outre pas oublier le contrôle de l'air ainsi que des emballages utilisés (KONE, 2001).

A cet effet les différents examens qui doivent être effectués dans le produit fini sont les suivants :

- ✓ Examen bactériologique : nombre de germes totaux inférieur à 3 000 / g et absence de germes pathogènes ;
- ✓ Teneur en acide acétique,
- ✓ Viscosité ;
- ✓ Stabilité de l'émulsion ;
- ✓ Qualité de l'émulsion.

Pour le conditionnement, la mayonnaise est conservée (conditionnée) dans des bouteilles et pots en verre ou en plastique. Elle est conservée à des basses températures (réfrigérateur) durant le stockage et aussi après l'ouverture (**FERIEL *et al*, 2008**).

Matériel et méthodes

- **Le but de l'étude**

L'objectif de ce travail est d'étudier la stabilité d'une émulsion type mayonnaise à différents taux huile de tournesol 30%, 44 % et 74% sous le microscope optique, granulométrie laser et de faire les analyses physico-chimiques et microbiologiques du produit fini.

1. Matériel

1.1. Les ingrédients alimentaires

Les ingrédients utilisés pour l'obtention des échantillons de mayonnaises ont été comme suit : huile de tournesol, jaune d'œuf, sucre, vinaigre, sel de cuisine, colorant, amidon, antioxydant, extrait d'épices, eau. Tous les ingrédients alimentaires utilisés étaient de bonne qualité.

1.2. Préparation des échantillons de mayonnaise

Dans le but d'étudier l'influence de la teneur en huile sur la stabilité de la mayonnaise, celle-ci a été fabriqué au laboratoire selon le protocole suivant :

- ❖ On pèse dans des béchers les ingrédients des différentes phases :
 - Phase 1 : Amidon+ huile
 - Phase 2 : C'est la phase poudre (sucre, sel, œufs en poudre et les additifs)
 - Phase 3 : C'est la phase acide (Vinaigre)
- ❖ On mélange l'eau et les ingrédients de la phase poudre dans le bol du thermomix à une vitesse 3.5, pendant 10 secondes à une température de 0°C.
- ❖ On verse la phase amidon +huile progressivement en un mince filet, tout en continuant de battre pendant 1 minute à 0°C à vitesse 4.
- ❖ Le vinaigre est introduit après l'obtention d'une masse dense et homogène, à ce moment, la vitesse du thermomix est réglée à 5.5. L'opération du mélange est fixée à 7 minutes.
- ❖ Les échantillons de mayonnaise obtenus ont été placés dans des récipients alimentaires en verre stérile de 500 ml hermétiquement fermés.

4 essai sont réalisés à différent taux d'huile :

- Mayonnaise à 30% d'huile avec jaune d'œuf et amidon modifié SIN 1422
- Mayonnaise à 30% d'huile avec Jaune d'œuf et amidon modifié SIN1442 +SIN1450

(stabilisant).

- Mayonnaise a 44 % d'huile avec jaune d'œuf et amidon modifié SIN1442
- Mayonnaise a 74% d'huile avec jaune d'œuf et amidon modifié SIN1442

2. Méthodes analytiques

Les analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons de la mayonnaise à 30% ,44 %, 74% d'huile.

2.1. Analyses physicochimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au sein du laboratoire d'entreprise IFFCO FOODSTUFF.

Les principaux paramètres physico-chimiques analysés sont :

- pH
- Texture
- Viscosité
- Acidité titrable

2.1.1. Détermination du pH

- **Principe**

La mesure du pH est effectuée par un pH-mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans la mayonnaise à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé

- **Mode opératoire**

- ✓ Avant d'effectuer une mesure, on rince toujours la sonde à l'aide d'eau distillée, puis on l'essuie.
- ✓ On plonge la sonde dans la mayonnaise et on lit le pH
- ✓ Après chaque utilisation, on rincera et on essuiera la sonde tout en mettant l'appareil en position repos.

- **Expression des résultats**

Lire directement le résultat sur le PH-mètre

2.1.2. Détermination de la Texture

- **Principe**

Le principe consiste en l'application de forces de traction ou compression sur l'échantillon, puis l'observation de son comportement. La résistance du matériau, exprimée en Newton ou en grammes, est mesurée au moyen d'une cellule de charge calibrée (**Grosseron.com**).

- **Mode opératoire**

- ✓ Mettre l'échantillon à tester (Mayonnaise) dans un bécher.
- ✓ Placer le bécher sous le texturomètres.
- ✓ Appuyez sur le bouton de démarrage (START).

Expression des résultats

Lire la valeur de la texture affichée sur l'écran.

2.1.3. Détermination de la Viscosité

- **Principe**

Elle est mesurée par le biais d'un viscosimètre rotatif modèle LAMY RHEOLOGY B-ONE PLUS qui détermine la viscosité d'un fluide à un gradient de vitesse donné. Le principe de fonctionnement consiste à appliquer une force de mouvement exercé sur un axe central qui est un mobile de taille fixe à vitesse constante.

La plage de mesure est déterminée par la vitesse de rotation du mobile, la taille et la forme du mobile, couple torsion du ressort calibré. La résistance au mouvement de rotation du mobile est enregistrée à l'aide d'un ressort spirale interne puis convertis en unité viscosimétrique centi-poise ou (milli-pascal seconde) (**Decodts et Flamarion, 1985**).

- **Mode opératoire**

L'analyse de la viscosité de l'échantillon s'effectue en plusieurs étapes comme suit :

- ✓ Placer le mobile ainsi que son protecteur sur la partie tournante.
- ✓ Mettre l'échantillon à tester (Mayonnaise) dans un bécher de 500 ml
- ✓ Insérer le mobile dans le produit à tester jusqu'au milieu de repère gravé sur l'axe
- ✓ Cliquer sur l'onglet < mesure > puis lancer pour commencer la mesure

- **Expression des résultats**

Lire la valeur de viscosité affichée sur l'écran.

2.1.4. Détermination de l'acidité titrable

- **Principe**

Il s'agit d'un titrage acido-basique, l'acide acétique est neutralisé par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH, en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (Luquet, 1985).

- **Mode opératoire :**

- ✓ Peser 0.3 g de mayonnaise dans un petit bécher
- ✓ Ajouter de l'eau distillée
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré phénolphtaléine
- ✓ Titrer avec la solution NaOH jusqu'à l'apparition d'une coloration rose.

- **Expression des résultats**

$$AT=(V \times 0.6) / \text{prise de poids}$$

Avec : **AT** : Acidité titrable ; **V** : le volume en ml correspond à la chute de la beurette

2.2. Analyses microbiologiques

Ces analyses ont été effectuées au niveau de laboratoire d'entreprise IFFCO FOODSTUFF.

Les tests auxquels sont soumises les mayonnaises destinées à la consommation humaine sont :

- Recherche des Germes totaux.
- Recherche des Coliformes Fécaux.
- Recherche des Lactobacillus.
- Recherche des Staphylococcus aureus.
- Recherche des levures et moisissures.

❖ Préparation de la suspension mère

On prélève aseptiquement à l'aide d'une balance électrique 10 g à partir des 4 échantillons à analyser et on ajoute dans un flacon gradué stérile, 90ml de diluant (bouillon TSE); enfin on mélange pendant 2 ou 3 minutes, jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène.

2.2.1. Dénombrement des germes totaux (N.A 1207)

- **Principe**

Il consiste à prendre 1 ml de la suspension mère et l'incorporer dans un milieu solide P.C.A (plat count Agar), préalablement fondu pour dénombrement.

- **Technique**

Porter 1ml de la suspension mère avec une pipette stérile dans les boites de pétri vides et stériles inscrite toutes information, puis on fait couler environ de 20ml de la gélose **P.C.A** fondu dans les boites de pétri, on mélange l'inoculum au milieu en faisant des mouvements rotatoires ou circulaires.

- ✓ **Incubation** : 30 °C pendant 24 à 48 h
- ✓ **Lecture** : Les colonies se présentent sous forme lenticulaires en masse. On ne dénombre que les boites contenant entre 3 et 300 colonies.

2.2.2. Dénombrement des levures et moisissures (ISO 20128)

- **Principe**

Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (pH de développement comprise entre 3et 7) et mésophiles (Température de croissance de 20 à 30°C).

Les levures sont typiquement unicellulaires de forme ronde ou ovoïde et se multiplient par bourgeonnement. Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes.

- **Mode opératoire**

Porter 0.5ml de la suspension mère avec une pipette stérile dans les boites de pétri vides et stériles inscrite toutes information, puis on fait couler environ de 20ml de la gélose **sabouraud** fondu dans les boites de pétri, on mélange l'inoculum au milieu en faisant des mouvements rotatoires ou circulaires.

- ✓ **Incubation** : Incuber à 22°C pendant 5 jours.
- ✓ **Lecture** : Les colonies des levures sont brillantes, rondes et bondées, de couleurs différentes, de formes convexes ou plates et souvent opaques ; par contre les moisissures apparaissent sous forme de poile de chat.

2.2.3. Dénombrement des coliformes fécaux (ISO 16649-2)

- **Principe**

Les coliformes fécaux ont les mêmes caractères des coliformes totaux mais ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44°C.

Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec les sels biliaires comme un agent sélectif.

- **Mode opératoire**

Porter 1ml de la suspension mère avec une pipette stérile dans les boîtes de pétri vides et stériles inscrite toutes informations, puis on fait couler environ de 20ml de la gélose **VRBL (milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)** fondu dans les boîtes de pétri, on mélange l'inoculum au milieu en faisant des mouvements rotatoires ou circulaires.

- ✓ **Incubation** : 44 °C pendant 24 à 48 h.
- ✓ **Lecture** : Les colonies des coliformes fécaux apparaissent en masse se forme de petites colonies de couleur rouge foncé et de 0,5mm de diamètre.

2.2.4. Dénombrement des Lactobacillus (JO N°S52 2015)

- **Principe**

Le Lactobacillus est un type de bactérie. Il existe de nombreuses espèces de lactobacillus. Ce sont des bactéries qui vivent normalement dans nos systèmes digestif, urinaire et génital sans causer de maladie. Les Lactobacillus sont également présents dans certains aliments fermentés comme le yaourt et dans les compléments alimentaires.

- **Mode opératoire**

Porter 1ml de la suspension mère avec une pipette stérile dans les boîtes de pétri vides et stériles inscrite toutes informations, puis on fait couler environ de 20ml de la gélose **MRS (gélose Man, Rogosa et Sharpe)** fondu dans les boîtes de pétri, on mélange l'inoculum au milieu en faisant des mouvements rotatoires ou circulaires.

- ✓ **Incubation** : 37 °C pendant 24 à 48 h
- ✓ **Lecture** : Les lactobacilles sont de petits bacilles minces, immobiles, à Gram positif en chaîne. Les colonies immatures apparaissent lisses, convexes et translucides.

2.2.5. Dénombrement des *Staphylococcus aureus* (JO N°68 2014)

- **Principe**

Staphylococcus aureus est une bactérie GRAM positif de 0,5 A 1,5 μm de diamètre, asporulée, non mobile, elle est groupée en amas ou en paire (Hermiere *et Al.*, 1992 ; Kosikowski et Mistry, 1997). C'est une bactérie aéro-anaérobie qui a un métabolisme respiratoire et fermentatif (Kloos et Schleifer, 1986), La recherche de souche toxigène et des entérotoxines doit être réalisée dans l'aliment.

- **Mode opératoire**

Porter 10ml de la suspension mère avec une pipette en verre stérile dans des boites de pétri qui contient déjà la gélose Baird-Parker puis étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile.

- ✓ **Incubation** : 37 °C pendant 24 à 48 h.
- ✓ **Lecture** : les colonies se présentent sous forme sphérique pigmentées jaune d'or.

3. Etude de stabilité d'émulsion

L'étude de la stabilité a été réalisée au sein du laboratoire Endocrinologie de la faculté de biologie de l'USTHB en utilisant le matériel suivant :

- **Lamelle micrométrique** : lame de verre dans laquelle sont imprimés des graduations de résolution 1/100mm. Elle s'utilise pour l'étalonnage de mesure. Son utilisation nécessite soit un oculaire micrométrique pour l'observation visuelle, soit d'un logiciel de mesure si elle est utilisée avec caméra pour mesurer des échantillons (**Figure 15**).
- **Le segment gradué**:(échelle graduée comportant 100 graduations espacées de 10 μm , dont la dimension augmente avec le grossissement de l'objectif (**Figure 15**).

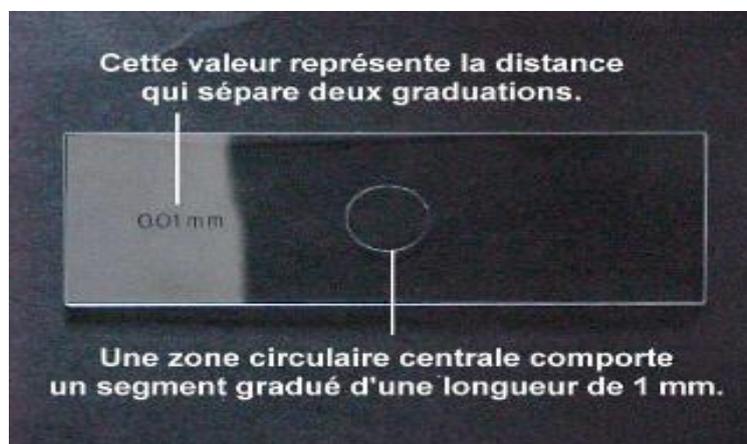


Figure 15: Lamelle micrométrique

3.1. Analyse de la microstructure

Les paramètres principaux étudiés pour décrire la microstructure d'une émulsion sont la taille, la distribution de taille des gouttelettes et leur organisation les unes par rapport aux autres en utilisant le **Microscope optique et la Granulométrie laser**

3.1.1. Microscopie optique avec caméra

❖ **Caméra: HIROCAM 5MP DIGITAL EYEPIECE**

Cet appareil photo numérique combiné avec oculaire 10X intégré est un excellent moyen de prévisualiser des images numériques en couleur directement de votre microscope sur votre ordinateur via le port USB.

❖ **Microscope optique : Photomicroscope trinoculaire OPTIKA B-500 Tpl**

La microscopie optique est une technique relativement simple et rapide, qui permet de déterminer la taille et la distribution de taille des gouttelettes de l'émulsion, ainsi que leur évolution au cours du temps grâce à un logiciel (**TS view**).

• **Principe**

Le microscope optique utilise la lumière. Il est doté de deux lentilles :

- ✓ L'objectif, pour agrandir l'objet que l'on souhaite observer (il existe plusieurs grossissements) ;
- ✓ L'oculaire pour que les rayons arrivent à l'œil de manière parallèle, ce qui permet à l'œil de se reposer.

Des instruments supplémentaires permettent de régler la quantité de lumière (le diaphragme) ou la mise au point (molettes liées à un système de crémaillère) pour affiner l'observation de l'échantillon placé sur la platine porte-échantillon.

La résolution des microscopes optiques ne peut être supérieure à 0,2 micromètre, cette résolution étant limitée par la diffraction de la lumière. Des techniques permettent de s'approcher de cette limite : l'utilisation d'un objectif à immersion (dans l'huile), ou en diminuant la longueur d'onde de la lumière (toutefois limitée au visible).

• **Avant l'observation au microscope**

- ✓ Dans une lame micrométrique verser une petite goutte de la mayonnaise.
- ✓ Poser la lamelle délicatement sur l'objet à observer.
- ✓ Avec un doigt appuyer sur la lamelle pour faire dispersé l'échantillon en fine couche.

- **Utilisation du microscope**

- ✓ Brancher le photomicroscope et la camera
- ✓ Installation du logiciel TS View
- ✓ Configuration du port USB pour la camera
- ✓ Configuration du contraste et/ou lumière : AUTO WHITE BALANCE (image noir et blanc)
- ✓ La mise au point de la lame
- ✓ Lentille frontale escamotable (insertion à Gr 10,40,100) .
- ✓ Prendre la photo
- ✓ Effectuer les mesures : sélection de la lame graduée d'un bout à l'autre et insérer l'étalonnage correspondant

GRx4-----length 1000 um

GRx10-----length 1000 um

GRx40-----length 250 um

GRx100-----length 100 um

La microscopie optique présente certains inconvénients, notamment parce qu'elle permet seulement une analyse relativement subjective concernant la taille et la distribution des gouttelettes. La présence de gouttelettes les plus petites est généralement sous - estimée. De plus, les grosses gouttelettes peuvent être aplaties entre la plaque et la lamelle et donc apparaître déformées, leur diamètre apparent étant alors sur - estimé.

Il s'avère nécessaire de corrélérer et compléter les données obtenues par microscopie optique avec une autre technique d'analyse de taille des dispersions, telle que la granulométrie laser.

3.1.2. Granulométrie laser

La granulométrie laser est l'une des techniques les plus utilisées permettant d'obtenir des informations sur la taille et la distribution de taille des gouttelettes d'un système dispersé. En suivant l'évolution de ces deux paramètres au cours du temps, cette technique met en évidence certains phénomènes de déstabilisation. En revanche, la préparation de l'échantillon nécessitant le plus souvent sa dilution préalable, cette technique ne permet pas de caractériser l'organisation originale des gouttelettes au sein de l'émulsion.

- **Principe**

Le principe du granulomètre à laser repose sur la projection d'un laser à travers l'échantillon. Selon la taille des gouttelettes, elles diffusent la lumière à des angles variables par rapport au faisceau de lumière.

Ainsi, plus les gouttelettes sont d'une taille importante plus l'angle de déviation est petit. Inversement, plus les gouttelettes sont de petites tailles, plus l'angle de déviation est important.

Le granulomètre permet ainsi d'obtenir l'ensemble des tailles des gouttelettes présentes dans un échantillon ainsi que leur proportion. Les émulsions peuvent être très instables, c'est pourquoi il est nécessaire de réaliser cette analyse très peu de temps après avoir réalisé l'émulsion.

Le granulomètre laser est relié à un logiciel informatique spécialisé. Toute interaction avec l'appareil peut donc se faire via ce logiciel. Nous programmons l'appareil pour que chaque analyse soit réalisée 3 fois afin de limiter les erreurs. **(Fantou, 2018)**

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques de la Mayonnaise

Les résultats des analyses physico-chimiques de la mayonnaise sont récapitulés dans le tableau 03

Tableau 3: Résultats des analyses physico-chimiques de la Mayonnaise.

	Mayonnaise à 30% d'huile	Mayonnaise à 30% d'huile Avec SIN1450	Mayonnaise à 44% d'huile	Mayonnaise à 74% d'huile	Norme (exigence de l'entreprise)
pH	3.65	3.63	3.67	3.70	3.12-3.80
Texture	63.4	79.9	62.4	76.3	54-85 N
Viscosité	34775	41644	35558	40995	35000-44000 Mp/s
Acidité titrable	0.60	0.60	0.58	0.55	0.40-0.60 %

1.1. pH et acidité

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées pour étudier le comportement de la Mayonnaise en termes de pH et d'acidité.

Le pH des produits alimentaires est mesuré à la fois pour des raisons de contrôle de qualité et pour des raisons de sécurité. En particulier, il joue un rôle important dans la préservation de la qualité des produits alimentaires ainsi pour la détection de l'ajout des additifs modificateurs de pH (l'acide citrique, le citrate trisodique, etc.) qui sont souvent utilisés en industrie alimentaire (MAPAQ, 2018).

A des pH en dessous de 4.5, l'activité et la survie d'une grande flore microbienne sont très réduites. Entre 4.5 et 6.0, seuls les acidotolérants résistent. Au pH neutre, la plupart des microorganismes se trouvent dans les conditions optimales de survie (Nout et al., 2003).

Les résultats montrent que le pH varie entre 3,63 et 3,7. C'est un pH acide qui permet d'éliminer le risque de croissance des germes pathogènes. L'acide acétique (provenant du vinaigre), complétée par l'effet d'autres éléments présents, s'oppose efficacement à la croissance des levures, lactobacilles et moisissures.

L'acidité titrable déterminée varie de 0.55% à 0.6% pour les 4 types de mayonnaise. Ces résultats sont dans les normes d'après les limites rapportées par l'entreprise IFFCO qui sont respectivement 0.4% et 0.6 % (**Tableau3**).

Pour ces 2 paramètres, on remarque que le pH et l'acidité ne varie pas pour les 4 recettes utilisées, car **le degré d'acidité est influencé par le vinaigre** ajouté qui est un paramètre fixe.

Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par **Palma (2004)** qui ont trouvé des taux d'acidité allant de 0,48 à 0,80.

1.2. Viscosité

La viscosité des 4 types de mayonnaises est de : 34775, 41644, 35558, 40995 respectivement pour la mayonnaise à 30% d'huile, la mayonnaise à 30% d'huile avec SIN1450, la mayonnaise à 44% d'huile et la mayonnaise à 74% d'huile.

D'après les exigences internes de l'entreprise IFFCO, une bonne viscosité doit être comprise entre 35000 et 44000 milli-pascal seconde, ces valeurs se situent dans l'intervalle (35000-44000) donné par la norme.

D'après les résultats obtenus, on remarque que le mayonnaise préparé avec un faible pourcentage en huile (30%) contenant SIN 1450 est plus visqueuse que les autres mayonnaises, vient par la suite la mayonnaise préparée avec 70% d'huile.

La mayonnaise préparée avec un faible pourcentage d'huile (30%) sans le SIN 1450 a la plus faible viscosité.

Plus la mayonnaise est visqueuse, plus elle se déforme lentement.

Lorsque la viscosité de la phase aqueuse est augmentée cela permet de ralentir la migration des gouttelettes au sein de l'émulsion et donc de retarder les phénomènes de déstabilisations (**Adair et Al, 2001**).

La viscosité peut être modifiée par l'ajout d'hydrocolloïdes : agents gélifiants ou épaississants, habituellement des polysaccharides tels que l'amidon ou la gomme de xanthane, qui peuvent également affecter la formation d'émulsion, la rhéologie et la stabilité par la formation d'un réseau de gel.

L'utilisation appropriée des agents épaississants supprime le crémage en augmentant la viscosité de la phase continue ou par la formation d'un réseau de gel.

1.3. Texture

Les résultats obtenus présentent des valeurs de : 63.4, 79.9, 62.4, 76.3 pour les 4 types de mayonnaise. Ces résultats sont dans l'intervalle rapporté par l'entreprise IFFCO qui varie de 54 à 85.

Une **texture** particulière a été obtenues grâce à des agents de texture (stabilisant : SIN1450) introduits volontairement dans notre mayonnaise dans le rôle est de maîtriser **la structure et la consistance et contribuer à la stabilisation de notre produit**, en ralentissant les phénomènes de déstabilisation. Cette texture a été aussi obtenue pour la mayonnaise avec un taux de 70% d'huile.

2. Résultats des analyses microbiologiques de la mayonnaise

Les résultats de dénombrement des germes des 4 types de mayonnaise sont représentés dans le tableau 04.

Tableau 4: Les résultats des analyses microbiologique de la Mayonnaise.

Paramètres	Unités	Résultats				Tolérance		Evaluation	Normes
		E1	E2	E3	E4	Objectifs	Max		
Germes totaux	UFC/g	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	< 10 ²	10 ³	Conforme	N.A 1207
<i>Lactobacillus</i>	UFC/g	abs	abs	abs	abs	Absence		Conforme	JO N°S52 2015
Coliformes fécaux	UFC/g	abs	abs	abs	abs	<4	40	Conforme	ISO 16649-2
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	abs	abs	abs	abs	<10	10 ²	Conforme	JO N°68 2014
Levures et moisissures	UFC/g	<10	<10	<10	<10	<10	20	Conforme	ISO 20128

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les 4 types de mayonnaise sont récapitulés dans le **tableau 04**.

Ces résultats montrent que le nombre de germes totaux sont inférieurs à 100 UFC/g pour les 4 types de mayonnaise. Il en est de même pour les levures et moisissures dont le résultat est inférieur à 10.

On remarque l'absence totale des lactobacilles, des coliformes fécaux et de *Staphylococcus aureus* qui concerne les coliformes totaux.

Ces résultats sont conformes aux normes du journal officiel Algérien

Afin de réduire le risque de contamination bactériennes notamment, il est généralement recommandé quand il s'agit de la préparation d'une mayonnaise avec des œufs non pasteurisés, d'ajuster le pH du produit à l'aide du vinaigre aux alentours de 4,1 et de ne pas le maintenir au-delà de 24 heures à température ambiante.

L'analyse microbiologique nous révèle que nos préparations sont de bonnes qualités microbiologiques.

3. Résultats de l'observation sous microscope optique

3.1. Mayonnaise à 30% d'huile sans stabilisant sous microscope optique

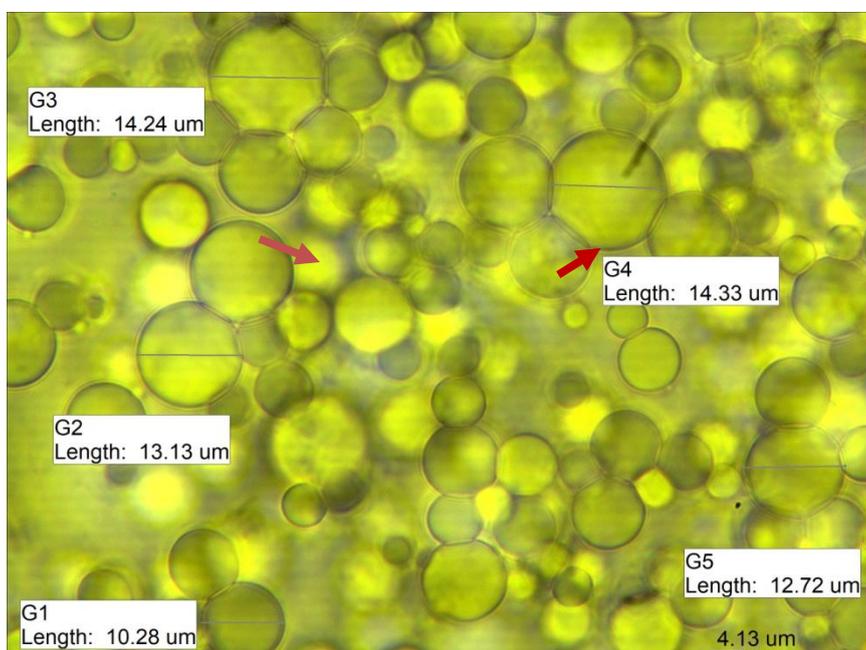


Figure 16: Observation microscopique de la mayonnaise 30% sans SIN1450.

L'examen microscopique d'émulsion sans stabilisant montre la dispersion des gouttelettes huileuses dans la phase aqueuse, de plus nous observons qu'il y a un espace entre les phases. La taille des globules varie comme suit: 10,28-12,72- 13,13 - 14,24 et 14.33 μm .

On a remarqué que les gouttelettes sont généralement toutes de tailles différentes et parfois de formes différentes et la plupart de ses globules sont de grandes tailles $>10\mu\text{m}$.

D'après les valeurs distinguées en fonction de taille des gouttelettes, La taille de globule ne doit pas dépasser la limite de 10 μm .

On remarque aussi dans la **Figure 16**, la présence de gouttelettes de forme non sphérique indiquant la présence d'un des phénomènes de déstabilisation.

Notre mayonnaise est une émulsion faible en matière grasse, La présence d'espace indique que la phase dispersée est faible donc les gouttelettes se déplacent beaucoup au sein de l'émulsion qui rend le système moins stable. Nous avons pu voir alors l'impact d'absence de stabilisant sur la taille des globules.

3.2. Mayonnaise à 30% d'huile avec SIN1450 sous microscope optique

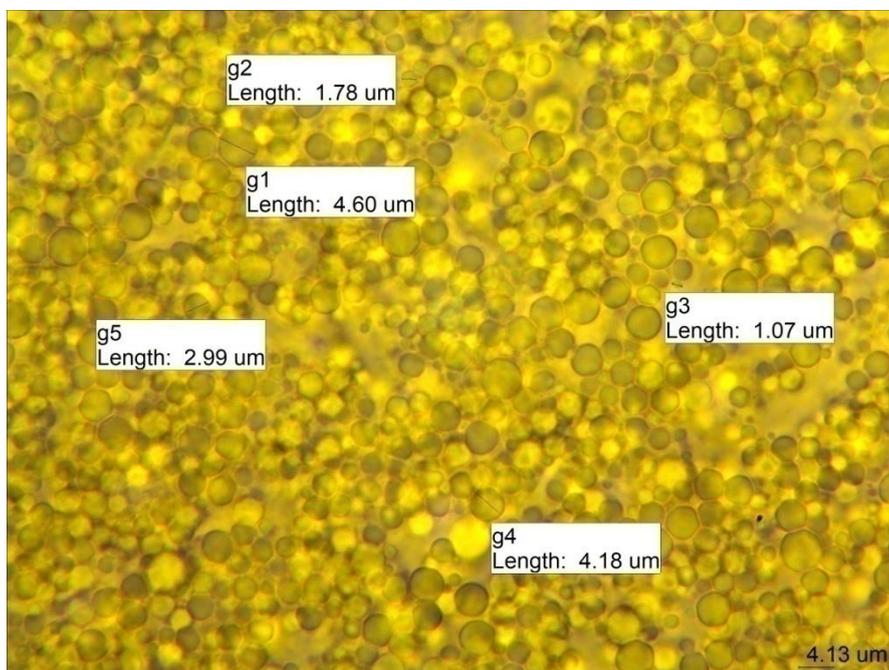


Figure 17: Observation microscopique de la mayonnaise 30% Avec SIN1450

La figure représente une émulsion d'huile dans l'eau stabilisée par le SIN 1450 caractérisée par une dispersion des petits globules huileux de forme sphérique dans une

phase aqueuse, par contre à la première figure l'observation signale un manque d'espace entre ses globules.

L'image capturée par le logiciel ne présente pas une grande différenciation dans la taille des gouttelettes qui sont presque similaires : 1,07-1,78- 2,99 – 4,18 et 4,60 μm , la majorité de taille de ses globules ne dépasse pas 5 μm .

Notre émulsion est composée de petites gouttelettes dont la majorité a une taille inférieure à 5 μm , la limite maximale donnée pour une seule gouttelette est 10 μm .

Contrairement à la première émulsion, un amidon modifié SIN1450 a été ajouté lors de la formation de notre mayonnaise allégé pour remplacer la matière grasse et garantir une bonne stabilité.

Les amidons modifiés provenant de différentes sources sont généralement utilisés comme agents épaississants pour fournir les structures souhaitées dans les produits alimentaires permettent d'apporter de la texture à nos produits, en particulier dans les produits allégés pour remplacer la matière grasse (**Silva et al, 2006**).

L'amidon d'anhydride octénylesuccinique (OSA) est un nouveau type d'amidon chimiquement modifié doté de propriétés tensioactives (**Zhu et al, 2013**). Il est produit par estérification de différentes sources d'amidon avec de l'acide octénylesuccinique anhydre dans des conditions alcalines (**Tesch et al, 2002 ; Bao et al, 2003 ; Dokic, 2008**).

Les chaînes latérales hydrophobes courtes du succinate d'octényle peuvent être responsables de l'adsorption des molécules d'amidon OSA à l'interface huile/eau (H/E), et le long du squelette d'amylopectine protège les gouttelettes contre la floculation par le mécanisme de stabilisation stérique. Contrairement aux tensioactifs typiques, l'amidon OSA forme un film solide à l'interface H/E et offre une bonne résistance à la réagglomération (**Bhosale&Singhal, 2006 ; Timgren, et al, 2013**).

L'augmentation de la viscosité de la phase continue en combinaison avec la capacité d'adsorption aux interfaces, permet à l'amidon OSA d'agir comme stabilisant et également comme émulsifiant dans les systèmes d'émulsion H/E, SIN1450 a été approuvé comme additif alimentaire par la FDA et l'UE (**Tesch et al, 2002**).

En effet, la présence de cet additif qui joue un rôle d'un émulsifiant et agents tensioactif au même temps permet de bien disperser l'huile en stabilisant les gouttelettes et l'émulsion dans

la région instable. L'ajout de ce dernier se place à l'interface huile/eau et facilite la suspension des gouttelettes, elle diminue la tension interfaciale et augmente la stabilité de la dispersion.

Il faut savoir aussi que la taille des gouttelettes diminue lorsque la concentration en tensioactif augmente dans le système.

Donc l'ajout d'amidon d'anhydride octénylesuccinique (OSA) favorise le développement de plus petites gouttelettes et diminue les tensions interfaciales, cela favorise la stabilité de l'émulsion et retarde les phénomènes de déstabilisations à long terme.

3.3. Mayonnaise à 44% d'huile sous microscope optique

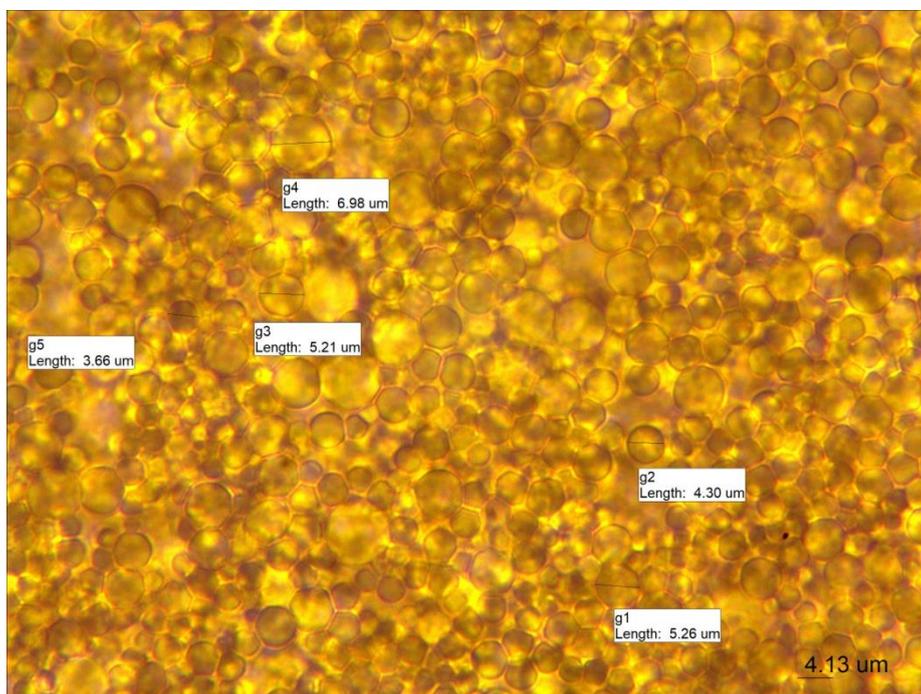


Figure 18: Observation microscopique de la mayonnaise 44%.

La figure représente une émulsion type huile dans l'eau observée par un microscope optique « OPTIKA B-500 Tpl », on observe des gouttelettes d'huile de forme sphériques liée entre elles et dispersées dans une phase aqueuse avec absence des phénomènes de déstabilisations.

Les mesures de taille ont donné des valeurs comme le suivant : 3.66 ,4.30 ,5.21, 6.98 μm. Parmi les caractéristiques des macroémulsions la taille du globule normal est comprise entre 1 et 10μm donc ses résultats sont satisfaisants et montre que l'émulsion observé au microscope est stable.

3.4. Mayonnaise à 74% d'huile sous microscope optique

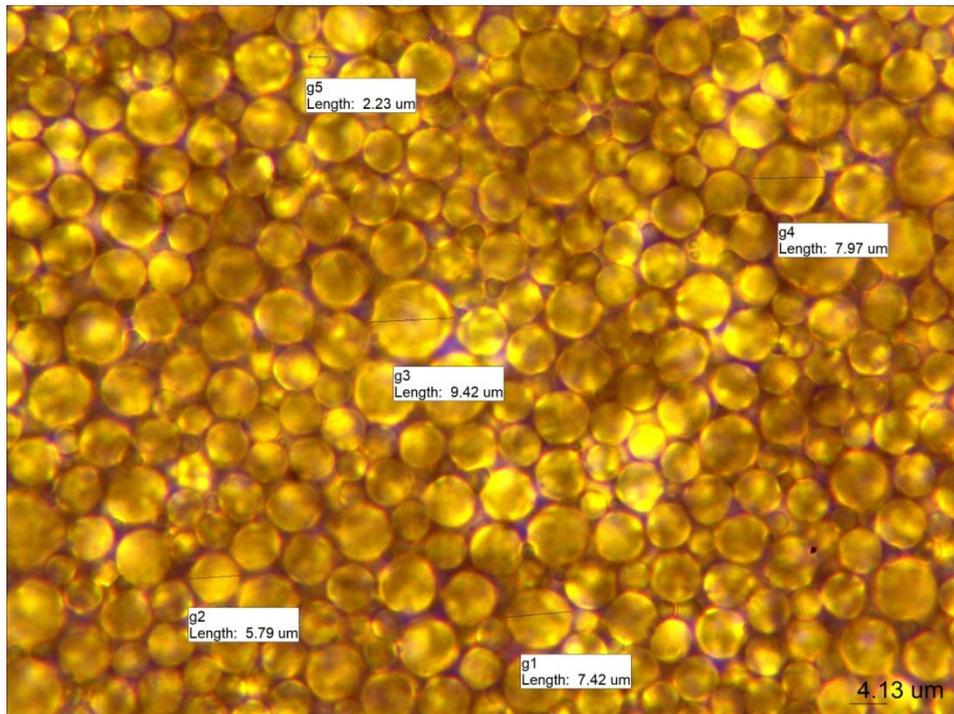


Figure 19: Observation microscopique de la mayonnaise 74%.

La figure montre une dispersion des gouttelettes huileuses sphériques dans une phase aqueuse sous microscope optique

Les mesures réalisées par logiciel 'TS VIEW' on donnés les valeurs suivantes : 2,23- 5,59 -7.11 - 7,42 et 9,42 μm ,

L'observation signale une différenciation dans la taille des gouttelettes par apport à la mayonnaise 44% et 30% avec SIN1450.

La taille des gouttelettes formant la phase dispersée d'une émulsion huile dans eau est typiquement de l'ordre de (1 à 10 μm) donc notre mayonnaise 74% est stable.

Ces résultats obtenues pour la mayonnaise 44 %et 74% d'huile prouvent leur stabilité microscopique

Ces deux émulsions sont formées de 2 phases immiscibles, les molécules à l'interface des liquides n'étant pas entourées de molécules de même nature, elles ne sont pas en équilibre. Il se développe donc une force à l'interface qui va avoir pour effet de contracter la surface de contact afin de stabiliser cette interface. Cette force s'appelle la tension interraciale.

Elle existe au niveau de toute interface entre deux milieux différents (deux solides, deux liquides, ou entre un liquide et un solide)

L'émulsification est un processus obtenant de cette énergie. Par conséquent, il faut appliquer plus d'énergie pour préparer des émulsions avec une plus grande surface spécifique par de petites gouttelettes, plus elle est élevée, plus l'énergie nécessaire pour fabriquer de la surface sera importante et donc plus il sera difficile de générer une goutte.

Les conditions d'agitation telles que le temps d'émulsification et la vitesse d'agitation ont une influence capitale sur la taille des gouttes d'une émulsion (ALLOUCHE, J 2003).

Un des objectifs majeurs lors de la formulation d'une émulsion stable est donc de réduire la tension interfaciale. Cela est possible en ajoutant des molécules capables d'abaisser cette barrière énergétique.

Des tensioactifs naturels et des polymères ont été ajoutés lors de la formation des émulsions avec différents pourcentages, le tensioactif s'absorbe à l'interface liquide-liquide et va ainsi modifier la tension interfaciale.

Cette dernière va diminuer jusqu'à atteindre une valeur minimale significative et former un revêtement interfacial qui soit résistant à la rupture et / ou fournir une interaction répulsive suffisamment forte entre les gouttelettes, Les polymères permettent d'apporter de la texture à nos mayonnaises.

En effet, à faible concentration ils ont la faculté d'augmenter la viscosité de la phase hydrophile et permet de ralentir la migration des gouttelettes au sein de l'émulsion et donc de retarder les phénomènes de déstabilisations.

4. Résultats de la granulométrie laser

Grâce à la technologie de diffraction laser, on peut déterminer la taille des particules et la distribution granulométrique des dispersions liquides de l'échelle nanométrique à l'échelle millimétrique. La connaissance de la taille des particules et de la distribution granulométrique de notre émulsion est essentielle pour la conception et le contrôle de la qualité des mayonnaises, car ces deux paramètres ont une incidence sur le produit fini.

La granulométrie laser a été faite uniquement pour la mayonnaise avec 30% d'huile sans stabilisant et pour la mayonnaise avec 30% d'huile avec stabilisant, on répète l'analyse 3 fois,

ce qui nous permet d'obtenir une analyse correcte. Chaque analyse est représentée par une ligne de couleur différente.

Nous étudierons le D_{10} , D_{50} , D_{90} et le Span.

Avec :

D_{10} : représente la taille des particules pour laquelle 10% du volume (ou masse) de l'échantillon possède une granulométrie plus fine

D_{50} : représente la taille des particules pour laquelle 50% du volume (ou masse) de l'échantillon possède une granulométrie plus fine et 50% plus grosses. Également connu sous le nom de diamètre médian.

D_{90} : représente la taille des particules pour laquelle 90% du volume (ou masse) de l'échantillon possède une granulométrie plus fine

D_{10} est toujours plus petit que D_{50} qui est plus petit que D_{90} , et plus ils sont proches, plus la taille des gouttelettes sera homogène

Le Span : représente la distribution des tailles des gouttelettes de l'échantillon.

Plus le Span est grand, plus il y a de gouttelettes de tailles différentes ou autrement dit, plus l'échantillon est poly disperse. La valeur du Span est obtenue d'après la formule ci-dessous :

$$Span = (D_{90} - D_{10}) / D_{50}$$

De plus, le logiciel renvoie également un graphique représentant la distribution (volume) ou la quantité des gouttelettes en fonction du diamètre des gouttelettes pour les 3 analyses effectuées successivement (ce qui correspond à 3 courbes sur le graphe).

La taille des gouttelettes de l'échantillon peut ainsi être déduite grâce au graphique tracé par le logiciel.

La distribution de taille : est une description du fait que tous les composants de l'échantillon n'ont pas la même taille, il existe une gamme de taille présentes, que nous décrivons mathématiquement par une distribution en terme : intensité, le nombre ou le volume (masse)

4.1 . Résultats de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d'huile sans stabilisant

Les résultats de cette analyse sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 5: Paramètres de mesure de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d'huile sans SIN1450.

Indice	D ₁₀ [μm]	D ₅₀ [μm]	D ₉₀ [μm]	Taille moyenne [μm]	Span	Couleur
1	5,917	12,048	27,401	15,425	1,783	
2	5,978	19,947	1539,393	523,310	76,876	
3	4,349	10,633	738,305	170,003	69,027	

La valeur du Span est de 1,781 / 76,876 et 69,027 ce qui correspond à une distribution de tailles des gouttelettes très large et différentes.

D'après le tableau 05 et pour la première analyse, on remarque que 10% des gouttelettes ont des diamètres inférieurs à 5,917 μm , 50% des particules d'huile ont des diamètres inférieurs 12,048 μm , tandis que 90% des particules ont des diamètres inférieurs à 27,401 μm pour la première analyse.

Concernant la 2ème analyse, 10% des gouttelettes ont des diamètres inférieurs à 5,978 μm , 50% des particules d'huile ont des diamètres inférieurs 19,947 μm , tandis que 90% des particules ont des diamètres inférieurs à 1539,393 μm .

10% des gouttelettes ont des diamètres inférieurs ou égal à 4,349 μm , 50% des particules d'huile ont des diamètres inférieurs ou égal 10,633 μm tandis que 90% des particules ont des diamètres inférieurs ou égal à 738,305 μm pour la troisième analyse.

Sur le graphique de la (**Figure 19**) D₅₀(μm) des trois analyses on observe que 50% du volume de l'échantillon possède une granulométrie de 12,048 μm pour la première analyse, de 19,947 μm pour la deuxième analyse et de 10,633 μm pour la troisième analyse.

La valeur du Span est de 1.781, 76.876, 69.027 ce qui correspond à une distribution de tailles des gouttelettes très large et différentes

La figure suivante montre Répartition de la taille des gouttelettes de D₅₀ pour les trois analyses de la mayonnaise à 30% d'huile sans le SIN1450

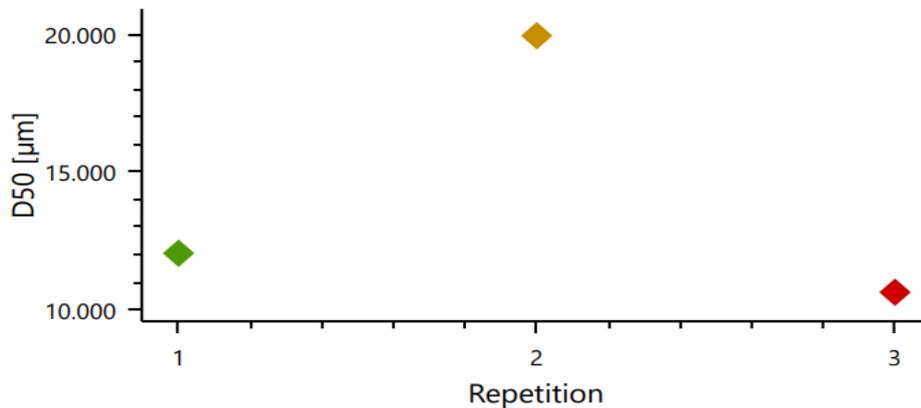


Figure 20: Répartition de la taille des gouttelettes de D₅₀ pour les trois analyses de la mayonnaise a 30% d'huile sans le SIN1450.

On remarque que 50% des gouttelettes sont de grandes tailles puisqu'elles ont un diamètre supérieur à 10 µm pour les trois analyses.

Le graphique de la **figure 20**, représente la distribution des particules en fonction de leur diamètre.

Distribution (volume)

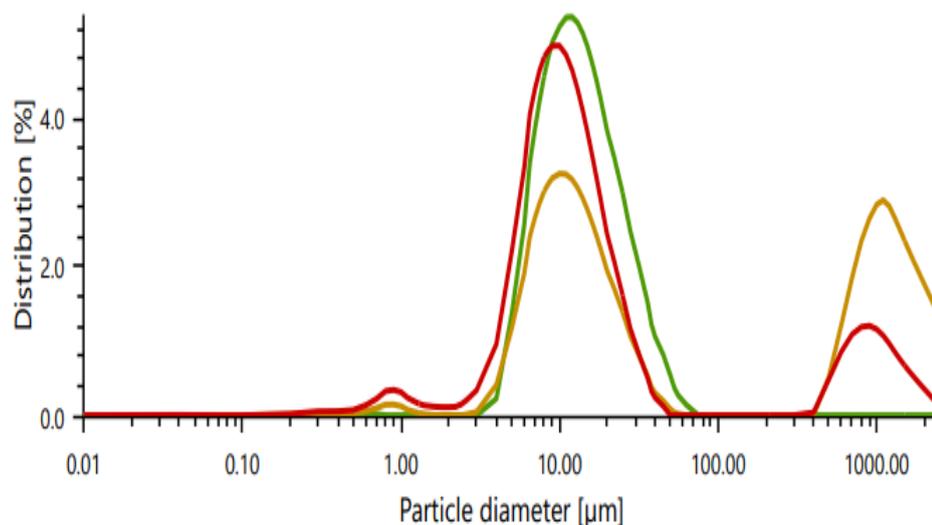


Figure 21: La distribution en pourcentage en fonction de diamètre des particules en µm pour la mayonnaise à 30% d'huile sans le SIN 1450.

Le tracé est caractérisé par plusieurs pics indiquant la présence de particules de tailles différentes, il nous permet d'identifier le diamètre des gouttelettes présentes dans l'échantillon.

On remarque la présence d'un pic à 12 μm avec une distribution de 6 % pour la 1^{ier} analyse (courbe verte sur le graphe). Pour la 2^{ème} analyse le graphe présente deux pics principaux l'un à 10 μm et l'autre à 1200 μm avec une distribution de 3.2% (courbe orange sur le graphe).

Pour la 3^{ème} analyse un pic à 10 μm avec une distribution 4.8% et un autre à 700 μm avec une distribution de 1% (courbe rouge).

4.2 . Résultats de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d'huile avec sin1450

Les résultats de cette analyse sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Paramètres de mesure de la granulométrie laser pour la mayonnaise à 30% d'huile avec SIN1450.

Indice	D ₁₀ [μm]	D ₅₀ [μm]	D ₉₀ [μm]	Taille moyenne [μm]	Span	Couleur
1	0,2496	3,868	10,206	5,082	2,574	
2	0,17239	2,381	6,326	2,967	2,584	
3	0,16622	2,096	5,980	2,762	2,774	

10% des gouttelettes ont des diamètres inférieurs à 0.2496 μm , 50% des particules d'huile ont des diamètres inférieurs 3.868 μm , tandis que 90% des particules ont des diamètres inférieurs à 10.206 μm pour la première analyse

Pour la 2^{ème} analyse et la 3^{ème} analyse, on remarque que le graphe orange et rouge sont presque identique , c'est-à-dire, 10% des gouttelettes ont des diamètres inférieurs à 0.17239 μm , 50% des particules d'huile ont des diamètres inférieurs 2.381 μm , tandis que 90% des particules ont des diamètres inférieurs à 6.32 μm

La valeur du Span est de 2,574 - 2,584 et 2,774 ce qui correspond à une distribution de tailles des gouttelettes étroite. Les gouttelettes sont donc globalement toutes d'une taille proche

La figure suivante montre Répartition de la taille des gouttelettes de D₅₀ pour les trois analyses de la mayonnaise à 30% d'huile avec le SIN1450

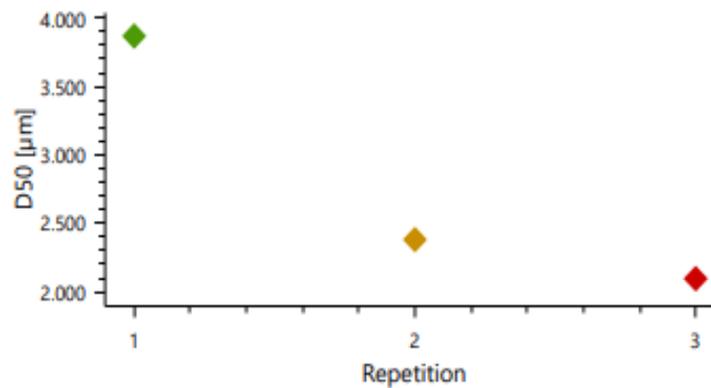


Figure 22: répartition de la taille des gouttelettes de D50 pour les trois analyses de la mayonnaise à 30% d'huile avec le SIN1450.

50% des gouttelettes sont de tailles fines puisqu'elles sont inférieures à 10 µm pour les 3 analyses.

Le graphique de la **figure 21**, représente la distribution des particules en fonction de leur diamètre.

Distribution (volume)

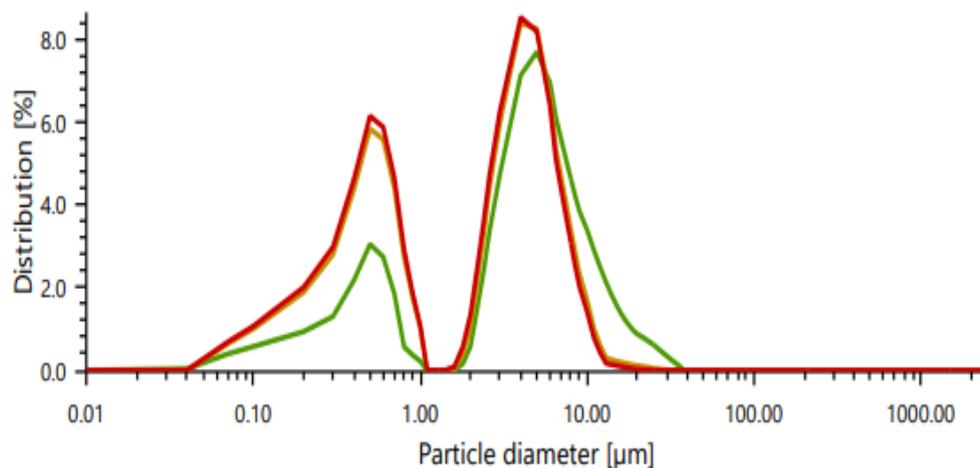


Figure 23: La distribution en pourcentage en fonction de diamètre des particules en µm pour la mayonnaise à 30% d'huile avec le SIN 1450.

La courbe de distribution granulométrique (**Figure 22**) sur l'échantillon de mayonnaise à 30% avec le SIN1450 nous montre :

Deux pics principaux pour les 3 analyses, l'un à 0.5 μm avec une distribution de 2.8% pour la 1^{ier} analyse et l'autre à 5 μm avec une distribution de 7.6% (courbe verte sur le graphe).

Pour la deuxième et la troisième analyse on a obtenu les mêmes valeurs donc un graphe identique (courbe rouge et orange superposables)

Deux pics principaux l'un à 0.5 μm et l'autre à 4 μm avec une distribution de 8.4% (courbe rouge et orange sur le graphe).

L'étude de la stabilité de la mayonnaise à l'aide de la granulométrie laser montre que la mayonnaise à 30% d'huile qui contient un stabilisant qui est dans notre cas le SIN1450 est plus stable que la mayonnaise à 30% d'huile sans stabilisant.

En effet, cette dernière contient des gouttelettes d'huile de grandes tailles et leur distribution est différente.

L'émulsion préparée avec le stabilisant est caractérisée par des distributions de tailles de gouttelettes d'huile sphériques plus au moins homogènes et très similaires.

Conclusion et perspectives

L'objectif de ce travail est d'étudier la stabilité de la mayonnaise fabriquée à base de différents taux d'huiles de tournesol par l'utilisation de microscope optique et au granulomètre laser et d'étudier aussi certains paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit fini.

Il existe plusieurs paramètres qui influencent la stabilité de l'émulsion type mayonnaise, on a choisi de fixer certains paramètres qui sont : Le pourcentage de l'agent épaississant amidon modifié 1422, le temps et la vitesse d'agitation, la température. Et en variant les facteurs suivants : taux d'huile (30%,44% et 74%) et la nature du tensioactif.

Les résultats de l'analyse physicochimique du produit fini indiquent que les mayonnaises élaborées ont un pH et une acidité titrable conforme aux normes exigées ce qui les rend favorable à une bonne conservation et lui confèrent une bonne qualité microbiologique.

L'étude montre aussi que la texture et la viscosité des 4 mayonnaises sont correctes, néanmoins on a obtenu une meilleure viscosité avec la mayonnaise fabriquée à 30% d'huile avec stabilisant qui est l'amidon qui a permis la formation d'un réseau de gel. Nos émulsions ne présentent aucune démixtion, qui peut être provoquée par les phénomènes de déstabilisation.

Les résultats de l'analyse microbiologique du produit fini montrent l'absence des germes pathogènes. Cette innocuité microbiologique est attribuée aux bonnes conditions d'hygiène dans lesquelles notre mayonnaise a été préparée et analysée ainsi qu'au pH acide qui a permis d'avoir une bonne conservation.

Du point de vue microscopique, la taille des globules ne doit pas dépasser la limite de 10 μm pour dire que la mayonnaise est stable.

La mayonnaise à faible teneur en matière grasse « 30% d'huile » et sans le tensioactif chimique SIN1450 était instable. En revanche la mayonnaise à 30% d'huile où on a rajouté le tensioactif chimique SIN1450 est stable

Cette stabilité est obtenue à 44 % et à 74% d'huile en présence d'une quantité nécessaire de tensioactif naturel.

Pour confirmer les résultats du test de stabilité au microscope optique, on a utilisé une autre technique qui est la granulométrie laser pour la mayonnaise fabriquée avec 30% d'huile avec et sans stabilisant.

Les résultats ont montré que la mayonnaise sans l'ajout d'un tensioactif chimique SIN1450 était instable par rapport à la mayonnaise contenant le SIN1450.

Comme perspectives, ce travail mériterait d'être complété par :

- ❖ La réalisation d'analyses sensorielles afin de distinguer la mayonnaise la plus appréciée par le consommateur.
- ❖ Utiliser une autre méthode pour déterminer la taille des gouttelettes de l'émulsion à l'aide d'un turbiscan qui permet de déterminer la stabilité d'une suspension sur le principe de la diffusion simple de la lumière par le milieu étudié.
- ❖ Déterminer le taux de l'humidité par séchage de la mayonnaise dans un dessiccateur muni d'un système électronique (Infrarouge) permettant de calculer le taux de matière sèche restante.

Enfin, ce travail, mérite d'être reconduit et poursuivi par d'autres travaux portant sur la fabrication d'une mayonnaise stable et saine avec un taux de tensioactif chimique et de gras faible afin de créer une formule qui répond aux exigences des consommateurs et qui intéresse économiquement l'entreprise productrice.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A

Aboiron, J., Hameury, E., & Roux, E. (2004). Additifs alimentaires: Les lécithines. Université Paris Val de Marne. 31p.

Abdelhakim, E. M. Effet du type de jaune d'œuf sur la qualité organoleptique et microbiologique de la Mayonnaise, Mémoire de master 2, université de mostganem, 2018.

Adair, J. H., Suvaci, E., & Sindel, J. (2001). Surface and colloid chemistry.

Anglionin, C (2014). Fabrication d'une mayonnaise créole site : (2) (PDF) Fabrication d'une mayonnaise Créole | ANGLIONIN Charles - Academia.edu.

Ali, A., 2016. Nanoémulsions d'intérêt pharmaceutique stabilisées par la beta-lactoglobuline (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay)

Allouche, J., 2003. Développement de nouvelles méthodes pour l'élaboration d'émulsions multiples eau/huile/eau (Doctoral dissertation, Vandoeuvre-les-Nancy, INPL).

B

Bao, J., Xing, J., Phillips, D. L., & Corke, H. (2003). Physical properties of octenyl succinic anhydride modified rice, wheat, and potato starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2283-2287. <http://dx.doi.org/10.1021/jf020371u>. PMID:12670171.

Bertrand, M. È. (2008). Étude des propriétés gélifiantes et viscosifiantes de systèmes mixtes isolat de protéines de lactosérum-polysaccharides en conditions associatives.

Beraud, M., Colin, T., Grasser, B., & Fériel, E. (2008). Job quality and career opportunities for call center workers: Contrasting patterns in France. *Low-Wage Work in France*, 254-87.

Bhosale, R., & Singhal, R. (2006). Process optimization for the synthesis of octenyl succinyl derivative of waxy corn and amaranth starches. *Carbohydrate Polymers*, 66(4), 521-527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.04.007>

Buleon, A., Colonna, P., Planchot, V., & Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International journal of biological macromolecules*, 23(2), 85-112.

Benaïssa, F., 2006. Emulsions multiples stabilisées par des hybrides de biopolymères naturels (Doctoral dissertation, Médéa).

Brochette, P., 1999. Emulsification. Elaboration et étude des émulsions. Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés, 2(J2150), pp.J2150-1.

C

Caballero, B., Trugo, L.C. and Finglas, P.M., 2003. Encyclopedia of food sciences and nutrition. Academic.

D

Davies, J. T. (1957). A quantitative kinetic theory of emulsion type, I. Physical chemistry of the emulsifying agent. In *Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interface. Proceedings of the International Congress of Surface Activity* (Vol. 1, pp. 426-438).

Depree, J. A., & Savage, G. P. (2001). Physical and flavour stability of mayonnaise. *Trends in Food Science & Technology*, 12(5-6), 157-163.

De Reynal, B. (2009). Les additifs alimentaires. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires (4e ed.), 3.

Doumeix, O. (2001). Les émulsions. Opérations unitaires en génie biologique Scéren CNDPCRD.

Dokic, P., Dokic, L., Dapcevic, T., & Krstonosic, V. (2008). Colloid characteristics and emulsifying properties of OSA starches. *Progress in Colloid & Polymer Science*, 135, 48-56.

E

Etiévant, P., Gros, V., & Feillet, P. (2021). Chapitre 9: La construction des aliments: une question de chimie. In *La chimie et l'alimentation* (pp. 171-182). EDP Sciences.

F

Fantou, C. (2018). Synthèse et caractérisation de dérivés amphiphiles du xanthane: application à la stabilisation d'émulsions (Doctoral dissertation, Normandie).

G

Gautier, E. L., Shay, T., Miller, J., Greter, M., Jakubzick, C., Ivanov, S., ... & Randolph, G. J. (2012). Gene-expression profiles and transcriptional regulatory pathways that underlie the identity and diversity of mouse tissue macrophages. *Nature immunology*, 13(11), 1118-1128.

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

H

Hemar, Y., Tamehana, M., Munro, PA et Singh, H. (2001). Influence de la gomme xanthane sur la formation et la stabilité des émulsions huile-dans-eau de caséinate de sodium.

Hydrocolloïdes alimentaires , 15 (4-6), 513-519.

J

Jouanny-Bouyer, E., 2011. STABILISATION D'ÉMULSIONS D'INTÉRÊT PHARMACEUTIQUE PAR DES PROTÉINES ET DES POLYSACCHARIDES: exemples de la β -lactoglobuline, de la gomme arabique et de la gomme xanthane (Doctoral dissertation, Paris 11).

K

Kone.S., (2001).Fabrication artisanale de la mayonnaise. Site web :

http://pmb.sicac.org/opac_css/doc_num.php?explnum_id=474.

Kerverdo, S., & Brancq, B. (2008). Tensioactifs basés sur des sucres. l'actualité chimique, (323-324), 35.

L

Laca, A., Sáenz, M. C., Paredes, B., & Díaz, M. (2010). Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent. *Journal of Food Engineering*, 97(2), 243-252.

Lechevalier, V., Croguennec, T., Anton, M., & Desfougères, Y. (2010). L'oeuf ingrédient alimentaire (pp. 350-469). Tec & Doc, Lavoisier.

LES ÉMULSIONS ALIMENTAIRES ET COSMÉTIQUES site web :<http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/rapport-final-emulsions-2018.pdf>

M

MAPAQ, Caractérisation et identification d'un aliment potentiellement dangereux. 2018-10-25.

Matthews, B. A., & Rhodes, C. T. (1970). Use of the Derjaguin, Landau, Verwey, and Overbeek theory to interpret pharmaceutical suspension stability. *Journal of pharmaceutical sciences*, 59(4), 521-525.

Mbougoueng, P. D. (2009). Influence des amidons natifs ou acétylés de manioc et de pomme de terre sur les propriétés physico-chimiques et texturales du pâté de Boeuf (*Bos indicus*) (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).

McClements, D.J., 2004. Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC press

Messaoud, S. Y. H. (2020). Récupération assistée du pétrole par injection de Surfactants (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).

M.DJEBBAR,(2018-2019). Les émulsions (Faculté de médecine Annaba).

Miyagawa, Y., Yoshida, M., Chizawa, Y., & Adachi, S. (2019). Induction periods for lipid crystallization of various vegetable oils. *Journal of oleo science*, 68(1), 45-52.

N

Nout Robert., Hounhouigan Joseph, D., Tiny van Boekel. (2003). Les aliments, transformation, Conservation et Qualité. BaeckhysPublishers, Wageningen, Netherlands.

P

Palma A, Aziz MG, Chawdhury MM, Uddin MB, Alam M. 2004. Effect of edible oils on quality and shelf life of low fat mayonnaise. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(6): 340-343.

Pierat, N., 2010. Préparations d'émulsions par inversion de phase induite par agitation (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

R

RAHMOUNI, I., 2016. Formulation d'une émulsion à base d'huile d'argan en utilisant un plan d'expérience

Rojas Sarmiento, M. P., Laverde, U., Vera López, E., Landinez Tellez, D. A., & Roa-Rojas, J. (2007). Conductivity fluctuation and superconducting parameters of the $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}(\text{PO}_4)_x\text{O}_{7-\delta}$ material. *Physica B Condensed Matter*, 398(2), 360-363.

S

SEMOUD, A. (2020). LES ADDITIFS ALIMENTAIRES. Site web :Les-additifs-alimentaires-1.pdf (univ-annaba.dz)

Silva, G. D. O. D., Takizawa, F. F., Pedroso, R. A., Franco, C. M. L., Leonel, M., Sarmento, S. B. S., & Demiate, I. M. (2006). Physicochemical characteristics of modified food starches commercialized in Brazil. *Food Science and Technology*, 26(1), 188-197.

Singh, J., Kaur, L., & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food hydrocolloids*, 21(1), 1-22

Stauffer, F., 2014. La préparation d'émulsions doubles par un système microfluidique (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

Salager, J.L., Forgiarini, A., Lopez, J.C., Marfisi, S. and Alvarez, G., 2004, June. Dynamics of near-zero energy emulsification. In *Proceedings of the 6th World Surfactant Congress CESIO* (pp. 21-23).

Site web :

Tesch, S., Gerhards, Ch., & Schubert, H. (2002). Stabilization of emulsions by OSA starches. *Journal of Food Engineering*, 54(2), 167-174. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00206-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00206-0).

Timgren, A., Rayner, M., Dejmek, P., Marku, D., & Sjöö, M. (2013). Emulsion stabilizing capacity of intact starch granules modified by heat treatment or octenyl succinic anhydride. *Food Science and Nutrition*, 1(2), 157-171. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.17>. PMID:24804025.

V

Vandeputte, J. (2012). Les agro-tensioactifs. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(2), 133-133.

Zhu, J., Li, L., Chen, L., & Li, X. (2013). Nano-structure of octenyl succinic anhydride modified starch micelle. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 1-8.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.033>.

Résumé

Le présent travail a pour objectif d'étudier la stabilité de la mayonnaise au microscope optique et au granulomètre laser.

Dans ce travail, nous avons réalisé quatre essais de fabrication d'« une mayonnaise » à des pourcentages différents d'huile 30% avec et sans un tensioactif chimique SIN1450, 44 % ,74 % afin d'élaborer un produit stable.

Les analyses physico-chimiques ont révélé que tous les essais répondent aux exigences réglementaires internes de l'entreprise IFFCO et l'analyse microbiologique effectuée sur le produit fini confirme la conformité du produit par l'absence totale des germes pathogènes.

L'observation microscopique réalisée et granulométrie laser montre l'instabilité de la mayonnaise à faible taux d'huile et tensioactif naturel et confirme la stabilité des autres.

Mots clés : mayonnaise, SIN1450, qualité microbiologique, qualité physico-chimiques, stabilité, tensioactif.

Abstract

The objective of the present work is to study the stability of mayonnaise by optical microscope and laser granulometer.

In this work, we conducted four tests of manufacturing "a mayonnaise" at different percentages of oil 30% with and without a chemical surfactant SIN1450, 44% and 74% in order to develop a stable product.

The physico-chemical analysis revealed that all the tests meet the internal regulatory requirements of the company IFFCO and the microbiological analysis performed on the finished product confirms the conformity of the product by the total absence of pathogenic germs.

The microscopic observation and laser granulometry show the instability of the mayonnaise with low oil content and natural surfactant and confirms the stability of the others.

Key words: mayonnaise, SIN1450, microbiological quality, physicochemical quality, stability, surfactant.

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة ثبات المايونيز تحت المجهر الضوئي وبمحلل حجم جزيئات الليزر.

في هذا العمل، أجرينا أربع تجارب لصنع "مايونيز" بنسب مختلفة من 30٪ زيت مع وبدون خافض للتوتر السطحي الكيميائي SIN1450، 44٪، 74٪ من أجل تطوير منتج مستقر.

كشفت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن جميع الاختبارات تلي المتطلبات التنظيمية الداخلية لشركة IFFCO والتحليل الميكروبيولوجي الذي تم إجراؤه على المنتج النهائي يؤكد مطابقة المنتج من خلال الغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض.

تُظهر الملاحظة المجهرية وتوزيع حجم جزيئات الليزر عدم استقرار المايونيز مع محتوى منخفض من الزيت وخافض للتوتر السطحي الطبيعي ويؤكد استقرار المايونيز الآخرين.

الكلمات المفتاحية: المايونيز، SIN1450، الجودة الميكروبيولوجية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الاستقرار، الفاعل بالسطح.