

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA – Bejaïa

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité : Sciences des Corps Gras



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER

Thème

Effets du traitement thermique sur la qualité des
mayonnaises

Présenté par:
Drici Karim & Fennas Karima
Soutenu le: 25 Juin 2023

Devant le jury composé de:

Mme. Brahmi Nabila	MCA	Présidente
Mr. Chikhoun Amirouche	MCA	Examineur
Mme. Ouchemoukh Nadia	Pr.	Promotrice

Année universitaire:2022/2023

Remerciements

Nos remerciements vont tout d'abord à Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, la patience, la puissance et la volonté pour réaliser ce mémoire.

Tout d'abord nous tenons à remercier, très sincèrement, les membres de jury, madame Brahmi Nabila et monsieur Chikhoun Amirouche qui ont accepté de juger ce travail. Ils ont également contribué, par leurs remarques et suggestions, à améliorer la qualité de ce mémoire, et nous leurs en sommes très reconnaissants. Et à Mademoiselle sadou dyhia (doctorante à l'université de Bejaïa) de nous avoir apporté ses conseils précieux et ses encouragements tout au long de ce travail.

Nous désirons exprimer notre profonde et vive reconnaissance à notre encadreur madame Ouchemoukh Nadia qui a mis toute sa compétence à notre disposition, pour ses directives et Conseils judicieux. Nous voudrions aussi la remercier pour le temps et la confiance qu'elle nous a accordé tout au long de ce travail, et surtout d'avoir cru en nos capacités.

A tous les enseignants qui ont donné un plus et un sens durant notre parcours pour qu'on puisse suivre le bon chemin, on assurant notre réussite.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère celle qui m'a donnée la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que Dieu les garde et les protège.

*A mes très chères sœurs **Malika Lila Zahia Kahina Nadia Nacera Bida***

*A mes très chers frères **Mohand Abdellah***

*A ma chère nièce **Dalia** et mes neveux **Dylan Yanis Yougourthen***

*A mes cousines **djida louiza***

*A mon beau-frère **Ait Aldjet Ferhat***

*A mon amour **Messaoudene Hamza** pour son aide et support dans les moments difficiles pour son amour et son encouragement*

*A ma tante **Dahbia** et ces filles **Fatima Assia Nacera Rabiha Sabrina Dounia***

*A mon tonton **ouatah Mohand seghir***

*A ma meilleure copine **Sabrina***

*A mes copines **Lamia Sonia Badiaa Chafiaa Kahina Zahra Soraya***

*A mon binôme **Karim** pour son soutien, sa patience, sa compréhension tout au long de ce travail.*

Karima

Dédicace

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail à :

A mes très chers parents

Aucun mot ne saurait exprimer mon amour, mon respect, mon affection et ma considération pour vous papa et maman, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien être. J'espère être la hauteur de ce que vous m'avez inculqué, tout en sachant que tout ce je pourrai faire ne peut égaler ce que vous m'avez donnée.

Que dieu. Le tout puissant, vous garde et vous procure bonheur et santé.

*A mon adorable petite sœur **anaïs** et à mon petit frère **naïm***

Je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.

*A ma copine **Hanane** pour son aide et support dans les moments difficiles pour son amour et son encouragement.*

*Sans oublier ma camarade **karima** pour son soutien, sa patience, sa compréhension tout au long de ce travail.*

Karim

Liste des figures

- Figure 1 :** Emulsion et ses phases.
- Figure 2 :** Répartition de la production mondiale des graines oléagineuses en 2002 / 2003.
- Figure 3:** Préparation traditionnelle de la mayonnaise.
- Figure 4 :** Photographie d'un échantillon de mayonnaise Fleurial.
- Figure 5 :** Process de fabrication industrielle de la mayonnaise.
- Figure 6 :** Photographie de la mayonnaise faite maison.
- Figure 7 :** Photographie de la mayonnaise maison avec EDTA.
- Figure 8 :** Mayonnaise enrichie avec les feuilles romarin.
- Figure 9 :** Photographie de viscosimètre brookfield.
- Figure 10 :** Photographie de consistomètre de bostwick.
- Figure 11 :** Taux de viscosité des quatre échantillons de mayonnaise en Cp.
- Figure 12 :** Taux de consistance dans les quatre échantillons de mayonnaise.
- Figure 13 :** Taux de densité dans les quatre échantillons de mayonnaise.
- Figure 14 :** Taux d'extraits secs des quatre échantillons de la mayonnaise à différentes températures.
- Figure 15 :** Taux d'humidité des 4 échantillons a différentes températures.
- Figure 16 :** Taux de sel pour les quatre échantillons de mayonnaise.
- Figure 17:** Taux de l'acidité dans les quatre échantillons de mayonnaise.
- Figure 18 :** Potentiel d'hydrogène des quatre échantillons a différentes températures.
- Figure 19 :** Résultat de l'indice de peroxyde des échantillons a différentes températures.
- Figure 20 :** Pouvoir discriminant par descripteur.
- Figure 21 :** Coefficients des modèles des échantillons de mayonnaise M1, M2, M3 et M4
- Figure 22 :** Corrélations entre les Biplot et les facteurs.
- Figure 23 :** Préférence via la classification ascendante hiérarchique.
- Figure 24 :** Cartographie des préférences de la mayonnaise.

Liste des tableaux

Tableau I : Valeur nutritionnelle de la mayonnaise.

Tableau II : Mécanisme d'oxydation des lipides.

Tableau III: Facteurs favorisant l'oxydation.

Tableau IV : Exemples d'antioxydants naturel et de synthèse.

Tableau V : Valeurs de coefficient d'extinction spécifique en UV à 232 nm.

Tableau VI : Valeurs de coefficient d'extinction spécifique en UV à 270nm.

Liste des abréviations

pH : Potential d'hydrogène.

AGPI : Acide Gras Poly Insaturé.

IP : Indice de Peroxyde.

ISO: International Organization of Standardization.

H/E : Huile dans l'eau.

AGPI : Acide gras polyinsaturé.

EST : Extrait Sec Total.

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction :.....1

Synthèse bibliographique

I.	Généralités sur les émulsions.....	3
	I.1. Emulsion.....	3
	I.2. Type d'émulsion.....	4
	I.3. Emulsifiants.....	4
II.	Généralité sur les mayonnaises.....	5
	II.1. Historique	5
	II.2. Définition.....	6
	II.3. Huiles utilisées pour la fabrication de la mayonnaise.....	6
	II.4. Ingrédients de la mayonnaise et leurs caractéristiques.....	8
	II.5. Processus de fabrication de la mayonnaise.....	11
	II.5.1. Mayonnaises faites maison (traditionnelle)	11
	II.5.2. Mayonnaise industrielle	12
	II.6. Valeurs nutritionnelles de la mayonnaise pour 100g.....	13
III.	Oxydation des lipides et intérêts des antioxydants	15
	III.1. Oxydation des lipides	15
	III.2. Mécanismes d'oxydation des lipides.....	15
	III.2.1. Auto oxydation.....	16
	III.2.2. Photo oxydation	18
	III.2.3. Oxydation enzymatique.....	19
	III.3. Produits formés au cours de l'oxydation des lipides	19
	III.3.1. Produits primaires	19
	III.3.2. Produits secondaires	19
	III.4. Facteurs influençant l'oxydation	20
	III.5. Effets de l'oxydation sur l'organisme	20
	III.6. Antioxydants	21
	III.6.1. Classification	21
	III.6.1.1. Antioxydants naturels	21
	III.6.1.2. Antioxydants synthétiques	21
	III.6.2. Rôle des antioxydants.....	22

Partie pratique

I.	Matériel et méthodes	23
I.1.	Préparation des échantillons	23
I.1.1.	Mayonnaise industrielle Fleurial (M1).....	23
I.1.2.	Mayonnaises maison.....	24
I.2.	Analyses physico-chimiques	26
I.3.	Analyses de stabilité	31
I.3.1.	Indice de peroxyde.....	31
I.3.2.	Extinction spécifique	32
I.4.	Analyses sensorielles	34
II.	Résultats et discussion.....	36
II.1.	Analyses physico-chimiques	36
II.2.	Analyses de stabilité	43
II.2.1.	Indice de peroxyde	43
II.2.2.	Extinction spécifique.....	45
III.	Analyses sensorielles	46
III.3.1.	Caractérisation des produits	46
III.3.2.	Pouvoir discriminant par descripteur	46
III.3.3.	Coefficients des modèles	48
III.3.4.	Analyses composant principale (ACP)	50
III.3.5.	Classification ascendant hiérarchique (CAH)	51
III.3.6.	Cartographie externe des préférences	52
	Conclusion et perspective	53

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

INTRODUCTION

Introduction

Le domaine agroalimentaire est l'un des secteurs qui évolue progressivement dans l'innovation alimentaire. Son défi est l'industrialisation des recettes traditionnelles et l'optimisation des procédés de formulation. Parmi ces formulations, la mayonnaise (**Chatterjee et Bhattacharjee, 2014**).

Cette dernière est une émulsion d'huile dans une eau stable composée de jusqu'à 80% d'huile (**Chang et al., 1972**). Elle est l'une des plus importantes des vinaigrettes salées préparées en mélangeant soigneusement le jaune d'œuf, le vinaigre et l'huile. Elle est devenue très consommable avec la propagation des restaurants « Fast-Food » et préparée souvent au niveau des cuisines (**Ma et Boye, 2013**).

La mayonnaise est un produit alimentaire émulsifié, semi-solide, à faible pH, contenant 70 à 80% de matières grasses. Le jaune d'œuf s'est historiquement imposé dans l'univers des sauces et il demeure l'émulsifiant de référence ainsi qu'un ingrédient indispensable à la fabrication de différents types d'émulsions froides telle que la mayonnaise (**Harrison et Cunningham, 1986; Galet et al., 2010**).

Il existe plusieurs type de mayonnaise : la mayonnaise industrielle et la plus courant et est utilisé pour une variété de plats, tels que les sandwichs, les salades et les trempettes. On a aussi la mayonnaise végétalienne faite sans œufs ni produit laitier est utilisé par les personne qui suivent un régime végétalienne ou végétarien. Ils existe également des mayonnaise aromatisé telles que la mayonnaise a l'ail, la mayonnaise au citron et la mayonnaise épicée qui peuvent être utilisé pour ajouter de la saveur a des plat spécifique (**Raikos et al., 2016**).

En raison de la teneur élevée en matières grasses, l'oxydation des lipides dans la mayonnaise entrave sa stabilité durant le stockage (**Calligaris et al, 2007**). L'oxydation est un problème sérieux, qui se produit en raison de l'incorporation de l'air dans l'émulsion pendant le mélange des ingrédients. Cette oxydation est une réaction entre les lipides insaturés et l'oxygène moléculaire : c'est le rancissement oxydatif, phénomène chimique, spontané, évolutif, irréversible, altératif (**Rahmani, 2007**) et qui forme des hydroperoxydes. Ces composé sont instables et donnent une myriade de réactions secondaires produisant ainsi des alcools, acides, aldéhydes, cétones etc... responsables des modifications d'odeurs, de saveur, de couleur et de texture .Ce processus peut être accéléré par la chaleur, la lumière et les métaux.

Les composés indésirables produits par l'oxydation des lipides détériorent la qualité de la mayonnaise en dégradant la qualité sensorielle et nutritionnelle des aliments et engendrent des pertes économiques, en raison de l'oxydation des lipides (**Shon, 2011**).

Les antioxydants sont des molécules qui protègent les aliments contre les réactions d'oxydations qui accélèrent leur vieillissement, en retardant le début de l'oxydation ou ralentissant la vitesse à laquelle elle se déroule (**Shahidi et Ambigaipalan, 2017**).

Deux types d'antioxydants (synthétiques et naturels) sont appliqués à l'échelle industrielle pour contrôler l'oxydation et la dégradation des lipides, (**Eshghi et al., 2014**). Les antioxydants synthétiques sont plus économiques que les antioxydants naturels mais ils sont thermiquement instables, volatils et peuvent avoir un impact négatif sur la santé (**Alizadeh et al., 2019**).

C'est dans ces perspectives et face à ce que « **Cevital SAP** » a déjà développé comme recherches sur les extraits de plantes et leurs effets sur ses produits, qu'on a pensé à réaliser un travail au sein de cet organisme dans le but de voir l'effet de la température sur l'oxydation de la matière grasse dans la mayonnaise préparée avec ou sans antioxydants additionnés ou non de plante aromatique.

Le présent travail est organisé en deux parties :

Une partie bibliographique exposant des généralités sur la mayonnaise, l'oxydation des lipides et les antioxydants.

Une partie expérimentale consacrée au matériel et les méthodes utilisées pour l'analyse des types de mayonnaises, suivie de la discussion des résultats obtenus et enfin, les principales conclusions et les perspectives envisagées.

I. Généralités sur les émulsions

1. Emulsions

Les émulsions sont des dispersions de deux liquides non miscibles. L'un forme la phase dispersée (discontinue) et l'autre forme la phase dispersante (continue). La zone de séparation ou de contacts entre les phases dispersées forme une interface (**Doumeix, 2001**).

Les émulsions sont constituées de trois régions ayant des propriétés physico-chimiques différentes : phase discontinue, phase continue et interface entre les deux phases, (**Ishibashi, 2016**). La figure 1 montre l'émulsion entre les phases dispersée et dispersante.

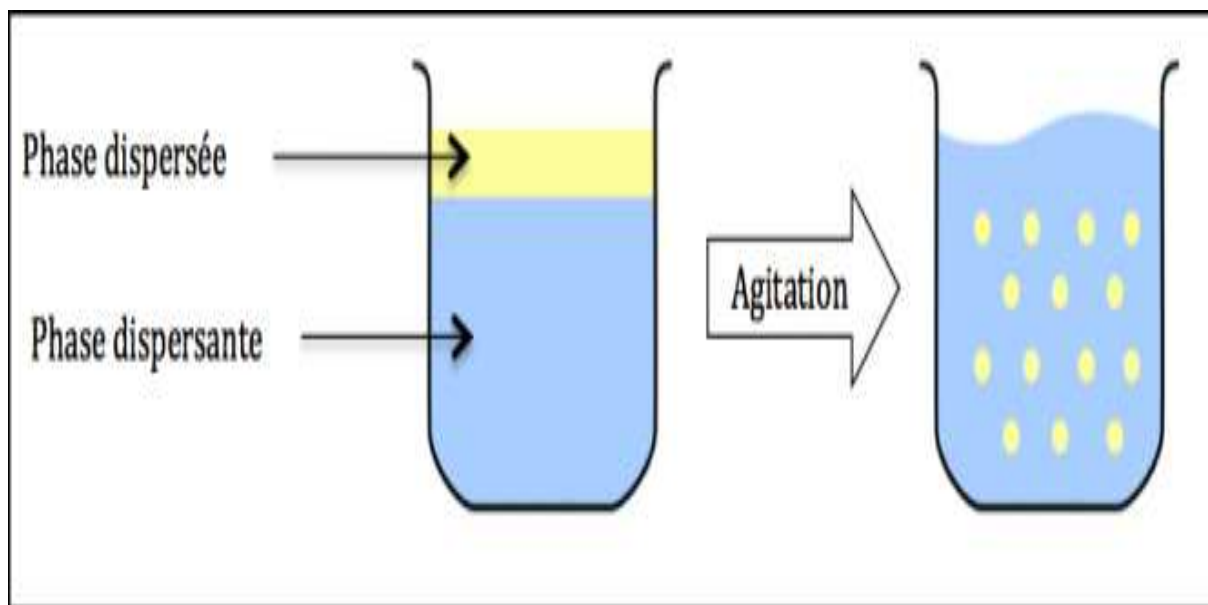


Figure 1 : L'émulsion et ses phases (Anonyme 1, 2023)

2. Types d'émulsions

Il existe deux types d'émulsions, selon la répartition des différentes phases utilisées (**Laurine et al.; 2018**):

- ❖ Une émulsion directe huile dans l'eau (appelée H/E) si la phase dispersants est hydrophile et la phase dispersée est lipophile (le lait, mayonnaise.....)
- ❖ Une émulsion inverse (E/H pour eau dans huile) est caractérisée par une phase dispersante lipophiles et phase dispersées hydrophiles (margarine, beurre...).

3. Emulsifiants

Les émulsifiants (tensioactifs) sont des molécules modifiant la tension inter-faciale entre les tensioactifs. C'est une phase qui possède à la fois une partie hydrophile polaire et une autre partie hydrophobe non polaire (**Laurine, 2018 ; Deville et al., 2020**).

Ils remplissent deux fonctions importantes : d'une part, il abaisse la tension inter-faciale entre l'huile et l'eau réduisant ainsi l'instabilité et affecte la thermodynamique du système ; et d'autre part, il forme une couche d'interface entre l'huile et l'eau ; assurant ainsi la stabilité physique des gouttelettes. Ces deux fonctions sont remplies grâce à la capacité des émulsifiants à s'adsorber entre l'huile et l'eau (**Legrand, 2013**).

Bien que la mayonnaise soit une émulsion huile dans l'eau (H/E), les émulsifiants utilisés sont les œufs et plus spécifiquement le jaune d'œuf contient des phospholipides notamment de la lécithine, qui ont la capacité de stabiliser l'émulsion en agissant à l'interface entre l'huile et l'eau. Les phospholipides possèdent une tête hydrophile et une queue hydrophobe. Cela leur permet de s'orienter de manière à ce que leur tête soit en contact avec l'eau et leur queue avec l'huile, formant ainsi une couche protectrice autour des gouttelettes d'huile. Lorsque le jaune d'œuf est mélangé à l'huile et à d'autres ingrédients de la mayonnaise, comme le vinaigre ou le jus de citron il crée une émulsion stable en empêchant les gouttelettes d'huile de se regrouper et de se séparer de la phase aqueuse. (**Sirvente, 2007**).

Il est important de noter que d'autres émulsifiants peuvent également être utilisés dans certaines variantes de la mayonnaise commerciale, tels que les amidons modifiés, les protéines du lait, les gommes alimentaires ou les agents émulsionnants synthétique. Ces ingrédients sont ajoutés pour obtenir une texture et une stabilité optimales dans le produit fini.

II. Généralités sur la mayonnaise

1. Historique

La mayonnaise est probablement l'une des sauces ou des condiments les plus utilisés dans le monde aujourd'hui avec plusieurs théories sur l'origine de la sauce. L'une des théories les plus courantes est que la mayonnaise a été inventée en France, à Mahón, une ville située sur l'île de Minorque dans les îles Baléares. Au XVIIIe siècle, les troupes de Louis François Armand de Vignerot du Plessis, duc de Richelieu, auraient découvert la sauce lors d'une expédition à Mahón. La sauce était faite avec de l'huile d'olive, du jaune d'œuf et du vinaigre ou du jus de citron. La sauce aurait ensuite été renommée "mahonnaise" en hommage à la ville où elle aurait été découverte une autre théorie suggère que la mayonnaise a été créée en Espagne, ou une sauce similaire appelée « salsa mahonesa » était préparé. Cette sauce était également faite avec de l'huile d'olive, du jaune d'œuf et du vinaigre ou du jus de citron. Quelle que soit son origine, la mayonnaise est devenue populaire en Amérique de 1917 à 1927 (**Harrison et Cunningham, 1985**).

L'Algérie est l'un des plus grands pays consommateurs de sauce, en 2020 l'Algérie a importé l'équivalent de 750 millions de dollars entre la mayonnaise et le ketchup, plusieurs entreprises se sont lancées dans la production de sauce en premier lieu « Cevital » par sa marque « Fleurial » chargée de la fabrication de la mayonnaise pour l'objectif de satisfaire le marché algérien.

Aujourd'hui, la mayonnaise est produite industriellement dans le monde entier et est disponible dans une grande variété de saveurs et de textures (**Depree et Savage, 2001**).

2. Définition

La mayonnaise est une sauce froide émulsionnée à base d'huiles et d'œuf, traditionnellement préparée en fouettant lentement l'huile dans des jaunes d'œuf et des ingrédients tels que du vinaigre, de la moutarde et du sel, jusqu'à ce que le mélange épaississe et forme une émulsion stable : émulsion semi-solide d'huile (phase discontinue) dans l'eau (phase continue) (**Shen et al., 2011**).

La mayonnaise préparée de cette manière contient généralement 70 à 80% de matières grasses et elle présente des propriétés viscoélastiques dues au réseau formé par les lipoprotéines adsorbées autour des gouttes d'huile avoisinantes (**Ma et Canovas, 1995**).

En raison de son faible pH et de sa teneur élevée en matières grasses, la mayonnaise est relativement résistante à la détérioration microbienne. Bien que la détérioration puisse se produire à cause des levures et des moisissures, relativement peu d'autres organismes ont été isolés de la mayonnaise (**Decker, Warner et al., 2005**).

La mayonnaise peut être utilisée comme condiment pour les salades, les sandwichs, les hamburgers, les frites et les fruits de mer et elle peut être aromatisée avec des épices, des herbes et d'autres ingrédients pour en modifier la saveur.

3. Huile utilisée pour fabrication de la mayonnaise

Les huiles végétales sont excellentes pour la santé. Elles sont composées de lipides, éléments essentiels pour la santé du corps. Malgré toute la mauvaise presse faite sur le gras ces dernières années, les bons gras sont bénéfiques et nécessaires (**Dahamna, 2020**).

Seul un tiers de la production mondiale des corps gras est destiné à un usage industriel. Les deux tiers de la production sont en effet destinés à l'alimentation. (**Ornella, 2009**). Parmi les multiples usages industriels des corps gras, on peut citer trois types d'huile utilisés dans la fabrication de la mayonnaise : huile de colza, huile de soja et huile de tournesol.

3.1. Huile de colza

L'huile de colza est une huile végétale extraite des graines de colza, une plante de la famille des Brassicacées. Elle est également connue sous le nom d'huile de canola, qui est un cultivar de colza spécifique développé au Canada.

L'huile de colza est une huile très saine pour la consommation humaine, car elle est riche en acides gras insaturés, en particulier en acide alpha-linolénique, qui est un acide gras oméga-3 bénéfique pour la santé cardiaque et cérébrale. Elle est également riche en vitamine E, un antioxydant qui aide à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres.

3.2. Huile de soja

L'huile de soja est une huile végétale extraite des graines de soja. Elle est largement utilisée en cuisine pour la friture, la cuisson et la préparation de sauces.

L'huile de soja est également utilisée dans la fabrication de nombreux produits alimentaires transformés, tels que les aliments pour animaux, les margarines et les mayonnaises. Elle est riche en acides gras polyinsaturés et notamment en acide gras essentiel α -linoléique. Elle est recommandée pour les assaisonnements. Sa richesse en lécithine la rend précieuse pour la reconstitution des cellules nerveuses et cérébrales. Sa bonne digestibilité en fait une bonne remplaçante de l'huile d'olive pour ceux qui ne peuvent la tolérer (Cossut et al., 2002).

3.3. Huile de tournesol

Le tournesol est une plante oléagineuse annuelle dont le nom scientifique est *Helianthus annuus L.* L'appellation tournesol provient de sa tendance à se tourner vers le soleil pendant la journée, alors que son nom scientifique fait référence à la forme caractéristique de son inflorescence composée. Elle est l'une des huiles les plus couramment utilisées dans la cuisine en raison de son goût doux et neutre, de sa disponibilité et de son prix abordable. L'huile de tournesol est riche en acides gras mono insaturés et polyinsaturés, en particulier en acide linoléique, un acide gras essentiel que le corps ne peut pas produire par lui-même et doit donc être consommé dans l'alimentation. L'huile de tournesol contient également des antioxydants et des vitamines E, ce qui lui confère des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes bénéfiques pour la santé.

Cependant, il est important de noter que l'huile de tournesol est relativement élevée en acides gras oméga-6, ce qui peut entraîner un déséquilibre dans la consommation d'acides gras oméga-3 et oméga-6, ce qui peut avoir des conséquences néfastes pour la santé si elle est consommée en excès.

Dans un contexte d'augmentation de la production mondiale d'oléagineux, passant entre 1996/97 et 2003/04 de 260 à 324 millions de tonnes, le tournesol occupe une quatrième place (7,4%), après le soja qui domine la production (59,8%), assez proche des productions de colza (10,0%), de coton (10,4%) et d'arachide (6,7%) (Kartika, 2005) (Figure 2).

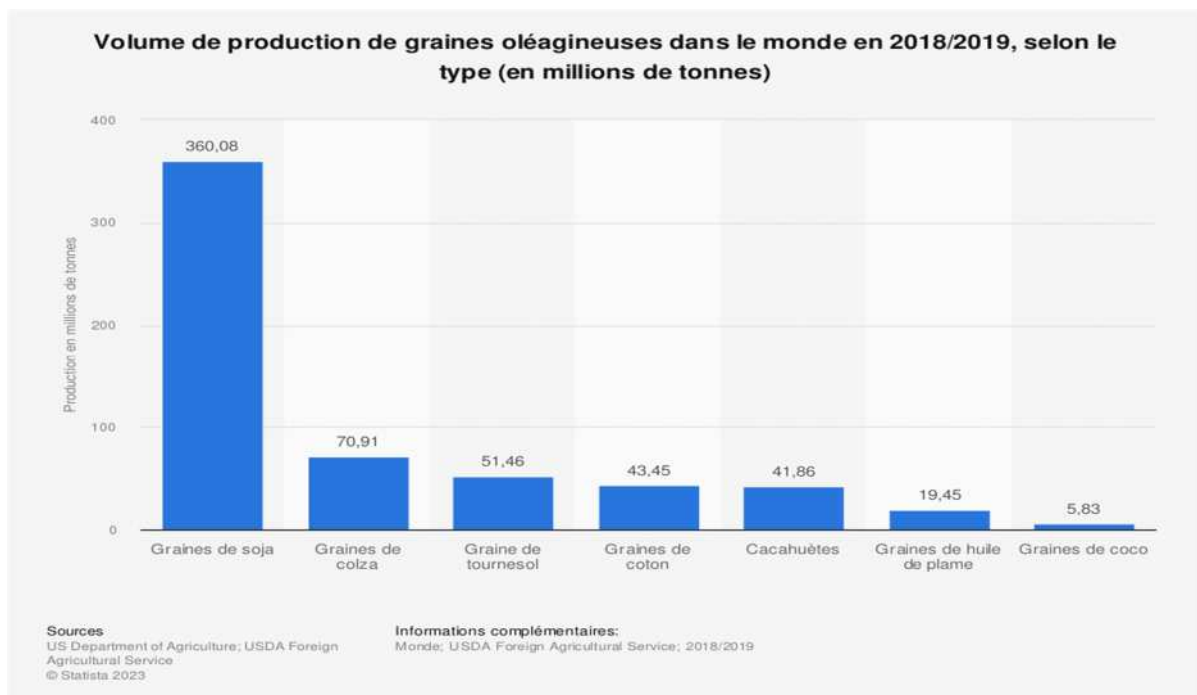


Figure 2 : Répartition de la production mondiale des graines oléagineuses en 2018 / 2019 (Anonyme 2, 2023).

4. Ingrédients de la mayonnaise et leurs caractéristiques

Tous les ingrédients doivent être de bonnes qualités et propres à la consommation humaine. L'eau doit être potable, les œufs et les ovo produits doivent être des œufs de poule ou des ovo produits de poule.

Les matières premières doivent être conformes aux exigences des normes Codex alimentaire FAO/OMS et en particulier aux normes de vinaigre et les huiles végétales comestibles. Ces derniers doivent être entreposés, traités et manipulés dans des conditions appropriées de manière à conserver leurs caractéristiques chimiques et microbiologiques (**Codex Alimentaire Stan168, 1989**).

L'Huile et les jaunes d'œufs sont toujours de nos jours les ingrédients de base de la mayonnaise, mais d'autres ingrédients minoritaires viennent s'y ajouter tels que la moutarde (moutarde de Dijon, moutarde douce...) bien entendu, mais aussi le sel, le vinaigre, le jus de citron, des aromates et des herbes.

Les normes définies par codex stipulent que la mayonnaise doit contenir au minimum 78,5% de matières grasses et au minimum 6% de jaune d'œuf pur. (**Codex alimentaire 2000**).

4.1. Huile

Pour la fabrication de mayonnaises, seules les huiles d'origine végétale sont autorisées. Les plus couramment employées sont les huiles de tournesol, de colza ou de soja. De nombreux critères qualitatifs sont requis pour les huiles entrant dans la composition des mayonnaises. Ce sont principalement des critères de pureté, traduisant la qualité de leur raffinage, Ils n'ont que peu d'impact physique sur la réussite immédiate du produit fini mayonnaise, mais influenceront favorablement son vieillissement. Par contre le critère technique essentiel pour qu'une huile puisse convenir physiquement à la fabrication d'une mayonnaise industrielle est l'absence totale de fraction solide à basse température. En effet, la cristallisation des « cires » peut initier la coalescence des gouttelettes d'huile et, par conséquent, une séparation des phases après quelques semaines. Cela explique la raison pour laquelle l'huile de tournesol doit impérativement être décriée (**Sirvente, 2007**).

4.2. Jaune d'œuf

Le jaune d'œuf est utilisé dans la préparation de la mayonnaise principalement en raison de ses propriétés émulsifiante due à la complexe lécithine (33%) protéine (16%) qu'il contient, ils se présentent sous diverses formes : frais, congelé, en poudre ou concentré (**Rudra, 2020**).

Le jaune d'œuf possède plusieurs agents :

agent de coloration : donne une teinte jaune aux produits auquel il est incorporé ;

agent de coagulation : le jaune coagule à 70°C, dilué dans un liquide il coagule vers 80/85°C ;

agent émulsifiant: la lécithine présente dans les lipides du jaune favorise les émulsions (sauce mayonnaise) ;

agent de saveur : le jaune donne une saveur caractéristique aux produits ;

agent de liaison : les protéines présentes dans le jaune permettent de lier entre elles les particules des produits. (**Génie Alimentaire, 2000**).

4.3. Lécithine

Le jaune d'œuf se compose essentiellement de protides et de lipides. Parmi les lipides, on trouve la lécithine, qui a un rôle d'agent émulsifiant (rôle d'émulsifiant) très important pour lier et favoriser les émulsions (sauce mayonnaise...) (**Pirad, 2012**).

4.4. Vinaigre

Le vinaigre permet, de stabiliser la mayonnaise grâce à son acidité, il est donc important dans la composition d'une mayonnaise, Il joue un double rôle dans la fabrication de la mayonnaise, d'une part, il contribue à la valeur gustative du produit fini et d'autre parts, il permet d'assurer une certaine propreté microbiologique.

Il existe plusieurs types de vinaigre (vinaigre de cidre, vinaigre blanc, vinaigre de vin). Le vinaigre de cidre est le meilleur vinaigre pour faire une mayonnaise, car il a un goût relativement neutre et doux et un degré d'acidité faible (5%). Ce vinaigre est donc idéal pour stabiliser l'émulsion et donner une petite pointe d'acidité tout en évitant de prendre le dessus sur le goût typique de la mayonnaise. (Deville et Monteux, 2020).

4.5. Moutarde

La moutarde est un condiment fabriqué à partir des graines d'une plante de moutarde appartenant à la famille des Brassicaceae, qui comprend d'autres légumes tels que le chou, le Navet, le colza... (Posada-Ayala et al., 2015).

La moutarde apporte une quantité d'eau plus importante que celle de l'huile. Par conséquent, elle permet la dispersion des micelles dans l'eau (Anderle et al., 2021). Elle joue également un rôle gustatif essentiel pour obtenir une mayonnaise « relevée » (Charreau et al., 2006).

4.6. Poivre et sel

Le poivre n'apporte que des qualités gustatives à la mayonnaise. Dans le sel de table (Na Cl), les ions sodium (Na) ont une charge opposée à celles des groupes phosphates, les extrémités polaires des lécithines, Le sodium neutralise donc ces groupes chargés négativement. Les ions chlorure (Cl-) neutralisent les charges positives des atomes d'azote. Cela diminue les répulsions électrostatiques entre les têtes polaires des micelles qui sont donc plus stables (Haeghebaert et al., 2002 ; This, 2009).

4.7. Ingrédients facultatifs

Parmi les ingrédients facultatifs, il existe des ingrédients alimentaires destinés à affecter de manière significative les propriétés physiques et sensorielles du produit. Les ingrédients sont comme suit (**Bouridane et al., 2018**) :

- a)- Blanc d'œuf de poule.
- b) - Produit à base d'œuf de poule.
- c) - Sucres.
- d) - Condiments, épices, herbes aromatiques.
- e) - Fruits et légumes, y compris les jus de fruits et de légumes.
- f) - Produits laitiers (fromage).
- g) - Eau

5. Processus de fabrication de la mayonnaise

Les ingrédients utilisés pour la préparation de la mayonnaise changent selon le niveau de préparation. Au niveau traditionnel, la mayonnaise est préparée à partir des ingrédients simples, tandis qu'au niveau industriel, elle se prépare à partir de plusieurs ingrédients. (**Shen et al., 2011**).

5.1. Mayonnaise faite maison (traditionnelle)

La mayonnaise traditionnelle est fabriquée à partir d'ingrédients simples et essentiels tels que l'huile, les jaunes d'œufs, la moutarde, sel, le vinaigre et les épices. Elle est préparée en mélangeant soigneusement tous les ingrédients et en battant avec un batteur électrique jusqu'à l'obtention d'une mayonnaise homogène (figure 3). La mayonnaise ainsi préparée contient généralement 70 à 80% de matières grasses (**Shen et al., 2011**).

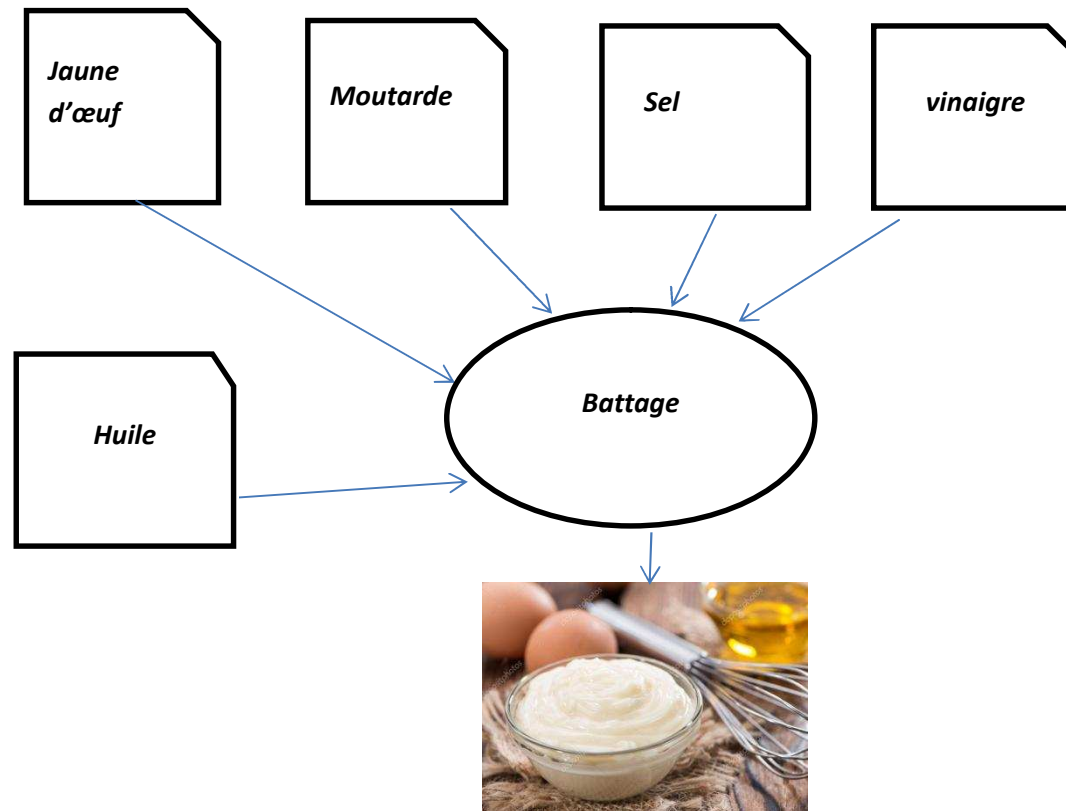


Figure 3: Préparation traditionnelle de la mayonnaise.

5.2. Mayonnaise industrielle

Il existe deux types de processus de production de mayonnaise industrielle : discontinu et continu. Ces derniers peuvent être réalisés à froid ou à semi-chaud. Dans le froid, toutes les opérations de fabrication (mélange des ingrédients, formation d'émulsion pendant de l'homogénéisation, conditionnement) sont effectuées à froid. Dans le processus semi-chaud, les ingrédients (eau, épices) sont pasteurisés à 80C° pendant quelque minutes puis refroidis.

D'autres procédés sont similaires au procédé à froid par ce que l'homogénéisation nécessite une basse température pour former une émulsion stable (Saarela et al., 2010).

5.2.1. Préparation de la phase grasse

La phase grasse est constituée de l'huile à des proportions définies selon la recette ainsi que des auxiliaires de fabrication qui y sont solubles tels que l'émulsifiant, les vitamines et les

arômes. La préparation proprement dite de la phase grasse consiste à dissoudre les additifs dans l'huile. Le liquide limpide ainsi obtenu constitue la phase grasse complète (**Ishibachi, 2016**).

5.2.2. Préparation de la phase aqueuse

La phase aqueuse est constituée d'eau et du vinaigre ainsi que des additifs qui y sont solubles tels que: le sel, le sucre, les arômes, les conservateurs etc. (**Ishibachi, 2016**).

Le procédé discontinu est le procédé de choix pour la production de la mayonnaise à l'échelle semi-artisanale. Il se déroule de la manière suivante sous vide : Introduire la phase aqueuse et le jaune d'œuf dans la cuve et mettre en marche le broyeur colloïdal avec retour dans la cuve en suit introduire, en petites quantités au départ, la phase huileuse après augmenter progressivement la quantité de la phase huileuse à ajouter au fur et à mesure que l'émulsion commence à devenir visqueuse. (**Mun, 2009**).

6. Valeurs nutritionnelles de la mayonnaise

Le tableau I présente l'apport énergétique (Calories) de 100 grammes du produit Mayonnaise et les nutriments (protéines, glucides, matières grasses / lipides, acides gras saturés, sels minéraux et vitamines) qui entrent dans sa composition.

Les quantités de nutriments indiquées sont mentionnées sur l'étiquette ou l'emballage du produit (**Skripko, 2020**).

Tableau I : Valeurs nutritionnelles de la mayonnaise (Skripko, 2020).

Composition et valeur énergétique	Pour 100 g
Énergie	2724,8 kJ
Lipides	71g
Acides gras saturés	4,33g
Acides gras insaturé	66,67
Glucides	2,21g
Protéine	0,85 g
Sel	1,5 g
Vitamine E	54,48mg

III. Oxydation des lipides et intérêts des antioxydants

1. Oxydation des lipides

Les matières grasses s'altèrent essentiellement par oxydation. Cette dernière est une réaction entre les lipides insaturés et l'oxygène moléculaire : c'est le rancissement oxydatif, phénomène chimique, spontané, évolutif, irréversible et altératif. Elle forme des hydroperoxydes en 1ère phase d'auto oxydation suivie par une phase de propagation du phénomène. Les hydroperoxydes sont instables et donnent une myriade de réactions secondaires produisant ainsi des alcools, acides, aldéhydes, cétones, etc... (Rahmani, 2007).

Responsables des modifications d'odeurs, de saveur, de couleur et de texture ce processus peut être accéléré par la chaleur, la lumière et les métaux.

L'oxydation des lipides a des conséquences néfaste sur la fonctionnalité des matières première, la qualité sensorielle et nutritionnelle des aliments et engendre des pertes économiques (Shon, 2011).

2. Mécanismes d'oxydation des lipides

Il existe plusieurs types d'oxydations qui mettent en œuvre des mécanismes réactionnels très différents, aboutissant au rancissement oxydatif. Les altérations conduisant au rancissement oxydatif sont l'auto-oxydation, la photo oxydation et l'oxydation enzymatique (Pokorny, 2003) (Tableau II).

Tableau II : Mécanisme d'oxydation des lipides (Pokorny, 2003).

<i>Type</i>	<i>lipides</i>	<i>Catalyseur</i>	<i>Agent</i>	<i>Prévention</i>
<i>D'oxydation</i>	<i>oxydé</i>		<i>Oxydant</i>	
<i>Auto-oxydation</i>	Tous les lipides insaturés	métaux lourds, radicaux libres	Oxygène triplet	antioxydants
<i>Photo-oxydation</i>	Tous les lipides insaturés	Molécules photosensibles	Oxygène singulet	Piégeurs d'oxygène singulet
<i>Oxydation enzymatique</i>	Tous les lipides poly- insaturés	Lipoxygénases	Oxygène triplet	Inactivation des enzymes

2.1. Auto oxydation

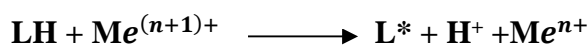
L'auto oxydation des lipides est connue comme étant un ensemble des réactions radicalaires en chaîne qui se déroulent en trois étapes : l'initiation, la propagation et la terminaison.

2.1.1. Initiation

L'initiation du phénomène d'oxydation correspond à la formation des radicaux lipidiques libres. L'initiation primaire des radicaux libres correspond à l'initiation de la chaîne radicalaire par une action directe sur la molécule d'acide gras insaturé. Un atome d'hydrogène labile situé en *a* d'une double liaison de la chaîne aliphatique insaturée est arraché et un radical libre stabilisé par résonance est formé (**Pokorny, 2003**). Cette réaction a lieu à des températures élevées qui ont une énergie suffisante pour rompre les liaisons C-H et former une variété de radicaux alkyles (**Nawar, 1969**).



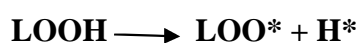
Le départ de l'hydrogène est également facilité par la présence d'ions métalliques.



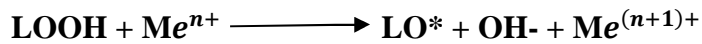
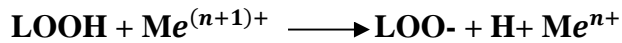
L'arrachement de l'atome hydrogène est assez spécifique et survient préférentiellement au niveau des hydrogènes allyliques pour lesquels l'énergie d'activation de la liaison C-H est la plus faible.

L'initiation secondaire des radicaux libres correspond à l'initiation de la chaîne radicalaire à partir des molécules d'hydroperoxydes initialement présentes dans le système. Les hydroperoxydes sont des composés instables qui, à haute température, se décomposent, par scission homolytique, en deux types de radicaux libres : les radicaux pyroxyles (LOO^*) et les radicaux alkoxydes (LO^*).

Ceux-ci peuvent à leur tour propager l'oxydation ou subir des réarrangements (rupture, cyclisation, polymérisation) (**Choe et Min 2006; Choe et Min 2009**).



La scission des hydroperoxydes peut être catalysée par des métaux comme le fer et le cuivre, capables d'intervenir sous leurs différentes formes (valences 2 et 3 pour le fer et valences 1 et 2 pour le cuivre).



Si on considère la présence systématique des peroxydes dans les milieux lipidiques naturels, on pourrait en conclure que la décomposition des hydroperoxydes est la principale source d'initiation de l'oxydation des lipides (**Cillard, 2006**).

2.1.2. Propagation

Le radical libre formé fixe un atome d'oxygène en donnant un radical peroxyde instable (Réaction rapide) qui, par action d'une seconde molécule d'acide gras, conduit d'une part à un hydroperoxyde, d'autre part à un second radical libre (Réaction lente). Ce dernier réagit avec une autre molécule d'acide gras (propagation) et l'on aboutit à une suite de réactions radicalaires.

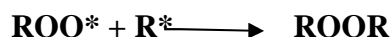
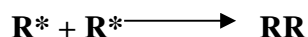


Les peroxydes sont peu stables et vont donner naissance, par coupure, à des produits secondaires volatiles (hydrocarbures, aldéhydes, cétones, acides, alcools, esters) et non volatils (éthers oxydes, époxydes, oxy-monomères/-dimères) qui sont responsables de la détérioration organoleptique (**Cillard, 2006**).

Les hydroperoxydes peuvent également se décomposer par scission homolytique de la liaison O-O pour former un radical alcoyl et un radical hydroxyle. Le radical alcoyl réagit avec d'autres substrats et propage la réaction en chaîne. Il peut également subir une scission carbone-carbone de part et d'autre du radical pour former un radical alkyl et un radical vinyl. Le radical alkyl peut réagir avec un hydrogène, un radical hydroxyle ou une molécule d'oxygène générant ainsi des hydrocarbures, des alcools et d'autres hydroperoxydes. Le radical vinyl peut réagir avec un radical hydroxyle, un radical hydrogène ou l'oxygène moléculaire pour générer des aldéhydes et des hydrocarbures (**Cadenas, 1998**).

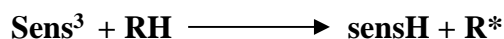
2.1.3. Terminaison

La terminaison consiste à former des composés stables issus de la rencontre entre deux espèces radicalaires ou le plus souvent par la réaction d'un radical avec une molécule antioxydante dite 'briseur de chaîne' (Kohen et Nyska, 2002).

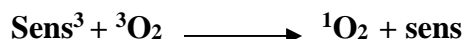


2.2. Photo oxydation

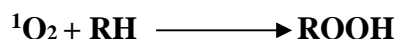
La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydroperoxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo sensibilisateurs tels que les hémoprotéines ou la riboflavine (Hultin, 1992). Les photo sensibilisateurs (Sens) absorbent l'énergie lumineuse et passent à l'état triplet excité (Sens3) (Hultin, 1994). Les photos sensibilisateurs interviennent dans l'oxydation des lipides selon deux types de mécanismes. Les photos sensibilisateurs de type I, telle que la riboflavine, agissent comme les radicaux libres initiateurs. Dans leur état triplet, elles arrachent un atome d'hydrogène ou un électron aux molécules lipidiques pour former un radical capable de réagir avec l'oxygène (Frankel, 1998).



Selon le second mécanisme, les molécules photosensibles de type II, telles que la chlorophylle et l'érythrosine, réagissent dans leur état excité (Sens3) avec l'oxygène triplet auquel elles transfèrent leur énergie pour donner de l'oxygène singulet (1O_2).



L'oxygène singulet ainsi formé est très électrophile et peut réagir directement sur un acide gras insaturé (RH) formant ainsi un hydroperoxyde ROOH.



Par la suite interviennent les réactions radicalaires en chaîne de l'auto oxydation. Les hydroperoxydes ainsi formés sont différents de ceux formés par auto oxydation (**Frankel, 1998**).

2.3. Oxydation enzymatique

Le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés peut être d'origine enzymatique. Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxygénase et la cyclooxygénase (**Hultin, 1994**). La lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydroperoxydes. Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés. Son activité est donc souvent couplée avec celle des lipases et phospholipases. La cyclooxygénase est une lipoxygénase qui incorpore deux molécules d'oxygène au niveau d'un acide gras pour former des hydroperoxydes spécifiques (**Eymard, 2003**). L'oxydation enzymatique se produit même à basse température. Durant le stockage à l'état congelé, l'activité enzymatique est très faible. Cependant, une fois la décongélation amorcée et des températures de 0°C à 4°C atteintes, il semblerait que cette activité reprenne et s'accroisse (**Frankel, 1998**).

3. Produits formés au cours de l'oxydation des lipides

3.1. Produits primaires

Des radicaux libres sont formés au cours des phases d'initiation et de propagation de la réaction d'oxydation des lipides. Les hydroperoxydes qui sont considérés comme des produits primaires sont des espèces très instables et très réactives et sont des composés cytotoxiques (**Kanazawa et al., 2000**).

3.2. Produits secondaires

La scission des produits primaires de l'oxydation conduit à la formation de composés secondaires souvent volatils. Ces composés sont responsables de la dégradation des qualités organoleptiques des aliments; caractéristiques des composés carbonylés et des alcools issus de la dégradation des AGPI (acide gras poly insaturé) probablement par voie enzymatique.

Ces ruptures conduisant à la formation des composés volatiles à courte chaîne telles que les hydrocarbures, les alcools, les acides carboxyliques, les cétones et les aldéhydes (**Perrin, 1992 ; Eymard, 2003**).

4. Facteurs influençant l'oxydation

Le rancissement oxydatif est un phénomène purement chimique et spontané dès lors que des AGI sont en présence d'oxygène atmosphérique ; notons à ce stade que la lumière ou la température sont des facteurs accélérateurs mais ne sont pas des éléments nécessaires et suffisants pour déclencher des phénomènes d'oxydation (**Judde, 2004**). Le tableau III montre les différents facteurs qui favorisent l'oxydation.

Tableau III: Les facteurs favorisant l'oxydation (**Multon, 2002**).

<i>Facteurs internes</i>	<i>Facteurs externes</i>
Nature et/ou la qualité de la matière grasse	Oxygène
Instauration (nombre et position)	Température
Dispersion (augmentant la surface d'échange avec O ₂)	L'aération
Activité de l'eau > 0,3 (favorisant l'oxydation enzymatique et l'activité des métaux)	Lumière (radiation UV ou ionisation)
Enzymes (lipases, lipoxygénases)	
Pigments (catalysant la photo-oxydation)	
Métaux de transition (fer, cuivre)	
Les traces de photo sensibilisateur	
Absence d'antioxydants naturels	

5. Effets de l'oxydation sur l'organisme

L'oxydation des lipides est une série complexe de réactions indésirables qui provoquent la dégradation des graisses et des huiles et diminuent la qualité organoleptique et nutritionnelle dans les aliments contenant de l'huile comme la mayonnaise, et peuvent jouer un rôle dans le développement des maladies par leurs toxicités (**Judde, 2004 ; Muik et al., 2005**).

6. Antioxydants

Un antioxydant est une molécule qui protège les aliments contre les réactions d'oxydations qui accélèrent leur vieillissement, en retardant le début de l'oxydation ou ralentissant la vitesse à laquelle elle se déroule (**Shahidi et Ambigaipalan, 2017**). Leur rôle n'est pas d'améliorer la qualité des aliments, mais pour la maintenir, en prolongeant la durée de conservation (**Reische et al., 2002**).

6.1. Classification

Les antioxydants sont classés selon leur origine en antioxydants naturels et synthétiques.

6.1.1. Antioxydants naturels Ils sont de plus en plus préférés aux produits de synthèse et sont considérés plus fonctionnels pour améliorer la durée de conservation des aliments et de promotion de la santé. Ces antioxydants, essentiellement d'origine végétale, sont apportés sous la forme de composés phénoliques d'acide ascorbique et de caroténoïdes (**Anbudhasan et al., 2014**).

6.1.2. Antioxydants synthétiques Ce sont des molécules stériquement encombrées, utilisés dans l'industrie alimentaire pour la conservation des aliments. Ils sont pratiquement tous des composés phénoliques para substituer avec des groupes actifs. Ils sont autorisés à des concentrations de l'ordre 0,02% par rapport à la matière grasse (**Pokorny, 2003**).

Tableau n IV : Exemples d'antioxydants naturels et de synthèse (**El-Agamy et al, 2004**).

<i>Antioxydants naturels</i>	<i>Antioxydants synthétiques</i>
Vitamine E	TBHQ
Les extraits de romarin, la sauge et l'origan	EDTA
Les caroténoïdes (l' α - et le β - carotènes, lycopène,...)	Le BHT
Vitamine C	Le BHA

6.2. Rôle des antioxydants

Il existe deux types d'antioxydants : primaire et secondaire.

6.2.1. Antioxydants primaires

Les antioxydants primaires ou radicalaires ou vrais, permettent l'interruption de la chaîne auto catalytique, ils interceptent les radicaux propagateurs de la peroxydation lipidique et retardent la peroxydation, ce sont principalement des composés phénoliques mono- ou polyhydroxylés (tocophérols, tocotriénols, BHT, BHA, flavonoïdes...) avec diverses substitutions sur les noyaux (**Cillard et Cillard, 2006**).

6.2.2. Antioxydants secondaires

Les antioxydants secondaires ou préventifs assurent l'inhibition de la production des radicaux libres. Ce sont des substances décomposant les hydroperoxydes en alcool, des thiols (glutathion, acides aminés soufrés) ou les disulfures, des protecteurs vis-à-vis des UV, comme les carotènes, des chélatants des métaux promoteurs d'oxydation type fer et cuivre, comme l'acide citrique et les lécithines) ou enfin de séquestrant d'oxygène comme l'acide ascorbique. (**Rolland, 2004**).

I. Matériel et méthodes

Le présent travail a été effectué en niveau du complexe industriel agroalimentaire **Cevital** sis à El-kseur, wilaya Bejaia. Il est porté sur l'étude de quatre échantillons de mayonnaises : trois mayonnaises faites maison dont une sans conservateur, une avec EDTA et une autre avec des feuilles du romarin, une autre mayonnaise industrielle (Fleurial).

Des analyses physico-chimiques et des analyses de stabilité telle que l'indice de peroxyde et le K 232, K 270. Sont effectués sur 4 échantillons de mayonnaise à différentes températures T 22C°, T 40 C°, T 60 C°. et une analyse sensorielle est aussi réalisée.

1. Préparation des échantillons

1.1. Mayonnaise industrielle Fleurial (M1)

L'échantillon M1 est une mayonnaise de marque Fleurial qui provient de l'unité « Cevital » (figure 4). Les ingrédients utilisés pour l'obtention de cet échantillon sont : jaune d'œuf naturel, huile de colza, vinaigre, citron concentré, sucre, sel, acide citrique (acidité), arôme de moutarde, gomme xanthane (émulsifiant), amidon (épaississant), EDTA (poudre conservateur), lutéine (pour obtenir la couleur jaunâtre), paprika (pour assaisonner) et eau. Les quantités utilisées pour chaque ingrédient sont réservées à l'entreprise.



Figure 4 : Photographie d'un échantillon de mayonnaise Fleurial.

- **Processus de fabrication**

Le processus de fabrication de la mayonnaise « Fleurial » au niveau de l'usine « Cevital » s'effectue en plusieurs étapes, la première c'est la salle des pesées où on pèse les quantités d'ingrédients nécessaires à la préparation de la mayonnaise. La deuxième étape c'est la salle trémie : on trouve (03) trémies, une trémie poudre où on verse les poudres (sucre, sel, EDTA, gomme xanthane, amidon, arôme de moutarde), une trémie liquide où on verse (le jaune d'œuf, le paprika, la lutéine, l'acide citrique et le concentré de citron), et la salle VMC (VACUOLE MICROCUT): dans cette salle on débute le processus automatiquement par une aspiration de l'eau ensuite aspiration des poudres et du jaune d'œuf on mélange dans un microcut (phase aqueuse). L'huile de colza est aspirée par la suite vers VMC (phase huileuse) suivie de vinaigre (phase Acide). Chaque étape a une recirculation de 4 minutes. La figure 5 montre le processus de fabrication industrielle de la mayonnaise.

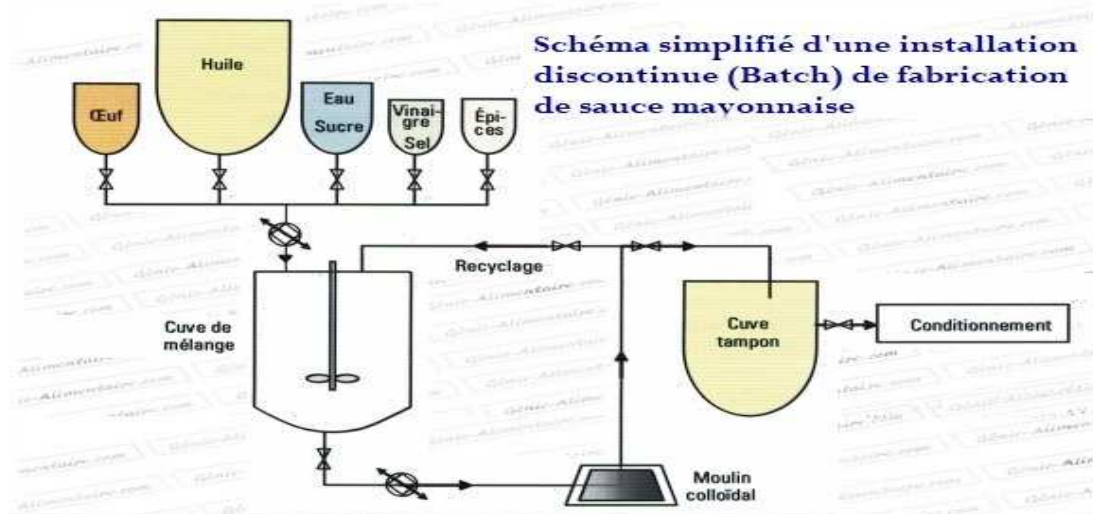


Figure 5 : Process de fabrication industrielle de la mayonnaise (anonyme 3, 2023).

1.2. Mayonnaise maison

Trois autres échantillons de mayonnaise faits maison sont préparés. Un échantillon M2 est préparé sans antioxydant et conservateur ajoutés, les ingrédients utilisés pour l'obtention de cette mayonnaise sont : l'huile de colza, le jaune d'œuf, le vinaigre et le sel.

L'échantillon est préparé comme suit : on mélange 06 jaune d'œuf avec une petite quantité de l'huile de colza et à l'aide d'un batteur en mélange à sens unique, puis on ajoute progressivement 1L de l'huile jusqu'à l'obtention d'une masse dense et homogène, une fois que le volume est doublé on ajoute une quantité de 50 ml de vinaigre et 15g de sel.



Figure 6 : Photographie de la mayonnaise faite maison.

Pour le troisième échantillon (M3) c'est une mayonnaise traditionnelle (maison) à laquelle on a ajouté dans la préparation L'EDTA (conservateur et antioxydant industrielle). Dans le domaine agro-alimentaire L'EDTA est utilisé comme stabilisateur de produit vis-à-vis de la dégradation par les bactéries. On a ajouté environ 10grammes d'EDTA à 1kg de mayonnaise faite maison.



Figure 7 : Photographie de la mayonnaise maison avec EDTA.

Pour le quatrième échantillon M4 c'est une mayonnaise à laquelle on a ajouté des feuilles de romarin. On sèche une quantité de feuilles de romarin au à l'ombre pendant quelques jours est on les broie à l'aide d'un mortier pour obtenir de fine herbes et on les mélange avec la mayonnaise. Les échantillons M2, M3 et M4 sont préparé de la même manière.

L'industrie agroalimentaire a récemment découvert les puissantes propriétés antioxydantes du romarin utilisé depuis l'Antiquité pour conserver les viandes et salaisons. Les antioxydants permettent de préserver le goût et la couleur des aliments et prolongent leur conservation. Ils protègent également certaines vitamines.



Figure 8 : Mayonnaise enrichie avec les feuilles du romarin.

2. Analyses physico-chimiques

Des analyses physico-chimiques sont effectuées sur les échantillons de mayonnaise préparés : le pH, la viscosité, l'humidité, l'acidité totale, la teneur en sel, la densité, l'extrait sec, et la consistance sont réalisées à différentes températures (22C°, 40C° et 60°C).

2.1. Viscosité

Principe

La viscosité est une propriété importante des fluides qui décrit une résistance des liquides à l'écoulement et qui est liée à la friction interne qui a lieu dans le fluide, mesuré à l'aide d'un viscosimètre (figure 9) (**Lucena, 2003**).

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 des échantillons de mayonnaise s'effectue en plusieurs étapes énumérées comme suit **(Decodts et Flamarion, 1985)**. en placer le mobile ainsi que son protecteur sur la partie tournante, ajusté le niveau du viscosimètre jusqu'à ce que le niveau à bulle soit centré après on mettre l'échantillon a testé dans un bicher et en démarre l'analyse en appuyant sur on et faire la lecture une fois que la valeur est stable.

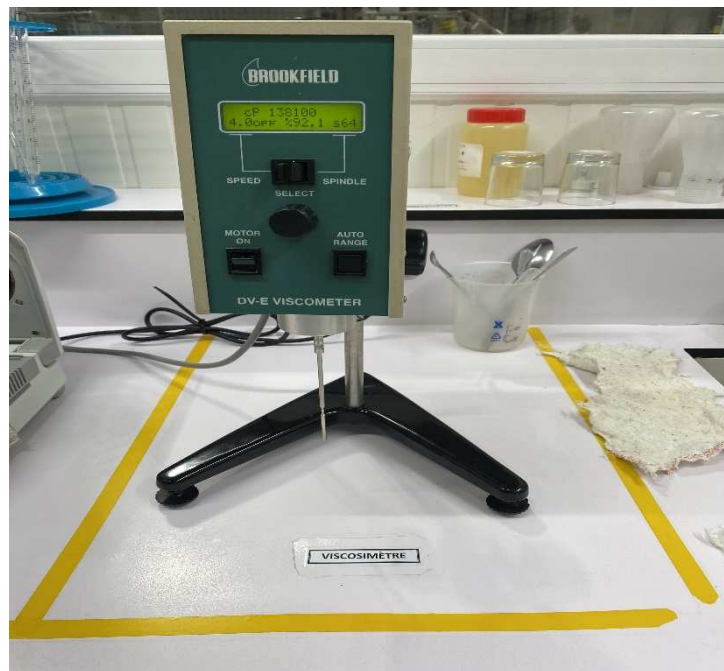


Figure 9 : Photographie du viscosimètre brookfield.

2.2. Consistance

Principe

La consistance d'un produit est mesurée en évaluant sa résistance à l'écoulement dans des conditions spécifiques et pendant un laps de temps donné. Le consistomètre de Bostwick est l'un de ces nombreux appareils conçu pour réaliser de telles mesures (figure 10) **(Celse, 1999)**.

Mode opératoire

L'analyse de la consistance de l'échantillon s'effectue en plusieurs étapes selon le mode opératoire de Cevital on commence par mettre le bostwick a niveau en mettant la bulle de niveau au milieu, en arme le crochet et on remplit le bostwick avec l'échantillon à analyser. On prend un chronomètre et on appuie sur Start dès qu'on lâche le crochet du bostwick.

Au bout de 30 secondes on lit la valeur affichée sur les graduations du bostwick là où le produit s'est écoulé en centimètre.

La valeur obtenue est considérée comme étant la consistance de l'échantillon.

Remarque

Le consistomètre de bostwick doit être sec avant son utilisation. En effet l'eau diminue le coefficient de friction de l'appareil ce qui peut entrainer des erreurs de mesure.



Figure 10 : Photographie de consistomètre de bostwick.

2.3. Densité

Principe

Pour un liquide ou un solide, la densité est définie comme le rapport de la masse volumique du solide ou du liquide par celle de l'eau pure. Cette eau pure a une masse volumique qui vaut exactement 1,000 kg/L (1000 kg/m^3).

Mode opératoire

La mesure de la densité se fait à l'aide d'un densimètre. On commence par étalonnage de l'appareille avec l'eau distillée. A l'aide d'une seringue on introduit le produit à analyser dans l'appareil et on appuie par la suit sur le bouton Start. Après stabilisations de densimètre on lance la mesure. On fait la lecture sue l'écran de densimètre.

2.4. Extrait sec

Principe

Le taux de l'extrait sec en pourcentage est obtenu par élimination complète de l'eau dans un produit (évaporation), la mesure s'effectue par dessiccateur.

Mode opératoire

L'extrait sec de la mayonnaise s'effectue en plusieurs étapes énumérées on sèche une coupelle propre avec du papier essuie main et on pose la coupelle sur le dessiccateur et tarer son poids, mettre 2 à 3 gramme de produit à analyser et l'étaler bien sur la coupelle placer dans le dessiccateur et fermer le couvercle et lancez l'analyse et lire le résultat après le bip sonore.

2.5. Acidité

L'acidité correspond principalement à la présence des acides organiques et minéraux utilisés dans un produit (Jarry, 2007).

Principe

Le titrage de l'acidité par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) par une solution alcaline en présence de phénolphtaléine (1%) comme indicateur coloré (Turkmen et Eksi, 2011).

Mode opératoire

Selon le mode opératoire du Cevital la détermination l'acidité des mayonnaises s'effectue en différentes étapes d'abord en peser 2 à 5 g d'échantillon dans erlenmeyer (25ml) et ajouter 10 ml l'eau distillée plus quelques gouttes de phénolphtaléine, agiter jusqu'à la dissolution et titrer avec une solution Na OH (0,1 N) jusqu'à apparition d'une coloration rose clair persistante, et lire le volume de chute de la burette

- Calculer l'acidité selon la formule suivante:

$$AC = V \text{ (ml)} \times M \times N / PE$$

V : Volume de chute de burette en (ml)

PE : Masse de la prise d'essai

M : Masse molaire de Na OH 64g/Mol

N : Normalité à 0,1N

2.6. Chlorure (teneur en sel)

La détermination de la teneur en chlorure de sodium est applicable à tous les corps gras selon la méthode de MORH.

Le principe est basé sur la dissolution d'une prise d'essai de la mayonnaise dans de l'eau bouillie, les chlorures du mélange sont titrés avec une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) (0.1N), en présence du chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur colorée, selon la méthode de **MOHR (ISO885/1.02.2004)**.

Mode opératoire la teneur en sel de mayonnaise s'effectue en différentes étapes en peser environs 5 g de l'échantillon dans une erlenmeyer de (25 ml) sur une balance de précision après on ajouter une quantité d'eau distillée chauffé au bain marie à 50 degrés approximativement afin de bien dissoudre la mayonnaise en suit on ajouter 2ml de l'indicateur coloré chromate de potassium(K_2CrO_4) puis titrer avec du (AgNO_3) jusqu'à apparition d'une coloration rouge brique.

- Calculer le pourcentage de la teneur en sel (Na Cl) en appliquant la formule suivante:

$$\text{Na Cl (\%)} = (V1 - V0) * N * M / PE$$

V : Volume de la chute dans la burette (ml)

PE : Masse de la prise d'essai (g)

M : Masse molaire de Na Cl (58,5 g/Mol)

N: Normalité à 0,1 N de (AgNO_3)

2.7. Potentiel d'hydrogène (pH)

L'acidité définit la concentration des ions d'hydrogène dans une solution. Le pH mètre il mesure son acidité ou sa basicité, le pH influence sur l'appréciation de la qualité organoleptique du produit (**Xiong, et al., 2000**).

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 pH d'un échantillon s'effectue comme suite étalonner en premier lieu le pH-mètre après en immerger l'électrode dans une quantité suffisante d'échantillon après lire la valeur du pH sur l'écran du pH mètre. rincer la sonde avec l'eau distillée puis l'essuyer avec un papier afin d'éliminer les traces d'échantillon analysé.

2.8. Humidité

Le pourcentage de l'humidité est déduit à partir de l'extrait sec total, en appliquant la formule suivante:

$$\text{Humidité (\%)} = 100 \% - \text{EST}$$

3. Analyses de stabilité

3.1. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est une mesure permettant d'estimer la quantité de peroxydes présents dans une matière grasse. Les peroxydes sont des constituants caractéristiques de l'oxydation des acides gras insaturés et sont déterminés en se basant sur leur propriété de libérer l'iode de l'iodure de potassium dans les milieux acides.

L'iode libre est mesuré par la réaction avec le thiosulfate, sachant que 1ml de thiosulfate 0,01 N correspond à une quantité de 80 mg d'oxygène fixé sur les acides gras (**Lion, 1955**).

Principe

Il est basé sur le traitement de la mayonnaise en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium (KI) et représente donc le titrage de l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) (**Adrian et al., 1998**).

Mode opératoire : (ISO 3960 4^{ème} édition, 2007)

Dans un flacon peser exactement 2 grammes de mayonnaise et on ajoute 10 ml du chloroforme et dissoudre rapidement la prise d'essai en agitant et 15 ml d'acide acétique, puis

1 ml de la solution d'iodure de potassium après fermer aussitôt le flacon, l'agiter durant 1 mn et le laisser 5 mn exactement à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 15°C et 25°C ensuite ajouter 75 ml d'eau distillée on titre l'iode libéré avec la solution de thiosulfate en agitant vigoureusement en présence de quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur. Effectuer de la même façon un essai à blanc.

L'indice de peroxyde (IP) est donné par la relation suivante :

$$IP = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 1000}{m}$$

L'indice de peroxyde est généralement exprimé en milliéquivalents (méq) d'oxygène actif par kilogramme d'échantillons.

V1 : est le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour l'essai à blanc en (ml). **V2**: est le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour la détermination en (ml). **N** : la normalité de solution de thiosulfate de sodium utilisée. **m** : la masse de la prise d'essai en gramme.

3.2. Extinction spécifique

L'examen spectrophotométrie dans l'ultraviolet peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse ainsi le coefficient d'extinction à 270 nm est un bon révélateur de la teneur de lipide en peroxyde (**Benabid, 2009**).

La détermination de l'absorbance à 232 nm et au voisinage de 270 nm permet la détection des produits d'oxydation des acides gras insaturés, lorsqu'ils ont une structure diénique conjuguée (hydro peroxyde linoléique C18 : 2), et des produits secondaires d'oxydation ayant une structure triénique en particulier des cétones et dicétones, qui absorbent la lumière vers 270nm (**Benabid, 2009**).

Principe

Le principe consiste à dissoudre la matière grasse dans le solvant requis, puis on détermine l'extinction de la solution à la longueur d'onde prescrite, par rapport au solvant pur. Les extinctions spécifiques sont déterminées à partir des lectures Spectro photométriques (**Bouhadjra, 2011**).

Mode opératoire

L'extinction spécifique est déterminée selon la méthode décrite par le COI (2003) selon les étapes suivantes on pèse 0,1g de matière grasse dans une fiole de 10ml et compléter au trait de jauge avec du cyclohexane ou de l'hexane ensuite introduire l'échantillon ainsi préparé dans une cuve de 1cm et procéder à la détermination de son absorbance par rapport à celle l'hexane ou du cyclohexane dans la cuve témoin.

- Les extinctions spécifiques à 232 et 270 nm sont exprimées par l'équation suivante :

$$\text{On a:} \quad \mathbf{K = (A\lambda - Ab) (L \times C)}$$

$$Ab = 0$$

$$C: (0.1 * 10ml) = 1 \quad \text{Alors :}$$

$$\mathbf{K = A\lambda}$$

$$L = 1$$

Ab: absorbance de blanc ;

K : extinction spécifique à la longueur d'onde λ ;

A λ : absorbance à λ en nm ;

C : concentration de la solution en g/10 ml ; **L** : épaisseur de la cuve en centimètre (1 cm) ;

4. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle est extrêmement importante dans la fabrication d'une mayonnaise (**Avramescu et al., 2014**). La tâche essentielle de l'analyse sensorielle est d'aider à traduire les désirs et préférences des consommateurs, mais également de décrire et de quantifier de manière systématique l'ensemble des perceptions humaines (**Bassereau, 2003**).

Les indicateurs de la qualité organoleptique des échantillons de la mayonnaise ont été déterminés selon les critères suivants: couleur, odeur, gout, arôme, sensation en bouche, texture, tartinabilité.

L'analyse sensorielle est effectuée au sein du laboratoire d'analyse sensorielle au niveau de l'université Abderrahmane Mira. Un groupe d'expert de 12 personnes ont pris part à cette analyse sensorielle. L'analyse s'est déroulée comme suit: on demande à chaque sujet de remplir une fiche d'analyse sensorielle. On demande au sujet de goûter successivement les quatre

échantillons en attribuant une note de 1 à 5. Sachant que la note 1 correspond au très faiblement intense et 5 au très fortement intense.

A la fin attribuée une note de 1 à 9 pour la préférence globale sachant que la note 1 correspond au extrêmement désagréable et la note 9 au extrêmement agréable.

Remarque

Il est demandé aux sujets de rincer la bouche après chaque dégustation pour enlever le goût du précédent échantillon.

Analyses statistiques

Les résultats des analyse physico chimiques et le suivie des analyses statistique ont été réalisés à l'aide de logiciel Excel 2013.

Pour l'analyse sensorielle les résultats trouvés ont été réalisée à l'aide d'un logiciel nommé XLSTAT. Ce dernier utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des donné et d'affichage des résultats (**Addisoft, 2013**). XLSTAT permet d'utiliser des technique de statistique, d'analyse des données et de modalisation mathématiques sans quitté Microsoft Excel (**Nicolau, 2006**).

Le module complémentaire XL STAT-XM est conçu pour l'analyse sensorielle, il comprend plusieurs fonctionnalités :

- Plans d'expérience pour l'analyse sensorielle
- Teste de caractérisation de produit
- Analyse procrustéenne généralisée (generalised procrustes analysis)
- Test de pénalité (penalty analysis)
- Cartographie des préférences externes

Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques

1.1. Viscosité

Les résultats obtenus de la détermination de la viscosité des (04) échantillons testés sont donnés dans la figure suivant :

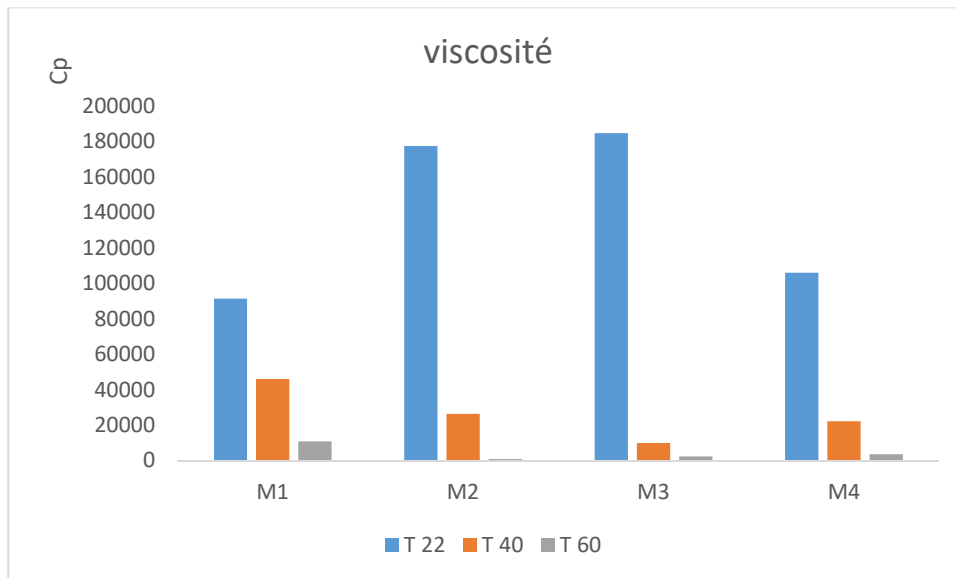


Figure 11 : Taux de viscosité des quatre échantillons de mayonnaise notés M1, M2, M3 et M4 en Centipoise.

Pour l'échantillon M1 (mayonnaise industrielle Fleurial) la viscosité à 22°C est de 91380 Cp. A 40°C, elle est de 46040, et à 60°C, elle diminue jusqu'à 10790 Cp. Pour l'échantillon M2 (mayonnaise maison) la viscosité à 22°C est de 177600 Cp et à 40°C elle est de 26420 Cp, et à 60°C elle diminue jusqu'à 978 Cp. Pour l'échantillon M3 (mayonnaise maison avec EDTA) à 22°C la viscosité est de 184800 Cp et à 40°C est de 9910 Cp, à 60°C elle diminue à 2320 Cp. Pour l'échantillon M4 (mayonnaise maison avec romarin) à 22°C, la viscosité est de 106100 Cp et à 40°C elle est de 22200 Cp, à 60°C, elle diminue jusqu'à 3700 Cp.

D'après les résultats obtenus, la viscosité à T 22°C des quatre échantillons répond à la norme de l'entreprise qui doit être supérieure à 60000 Cp, mais à 40°C et à 60°C, on remarque que la viscosité est inférieure à 60 000 Cp. Selon **Katsaros (2020)**, la viscosité diminue avec la taille des gouttelettes d'huile, les distances entre elles sont très grandes et les interactions sont moins fortes.

On remarque aussi que la mayonnaise M1 est plus résistante par rapport aux autres mayonnaises faites maison, ce qui peut être expliqué par la présence d'autres ingrédients tels que les conservateurs. On constate alors que les antioxydants n'ont pas préservé la mayonnaise de l'effet de la température. Nous concluons alors que la température influence d'une façon disproportionnelle (quand l'une augmente l'autre diminue).

Yanniotis et al. (2006) énoncent, que la viscosité diminue avec l'augmentation de la température, les distances intermoléculaires augmentent (dilatation), il y a donc moins de frottements et la viscosité diminue.

1.2. Consistance

Les résultats de la détermination de la consistance pour les quatre échantillons de la mayonnaise illustrés dans l'histogramme suivant :

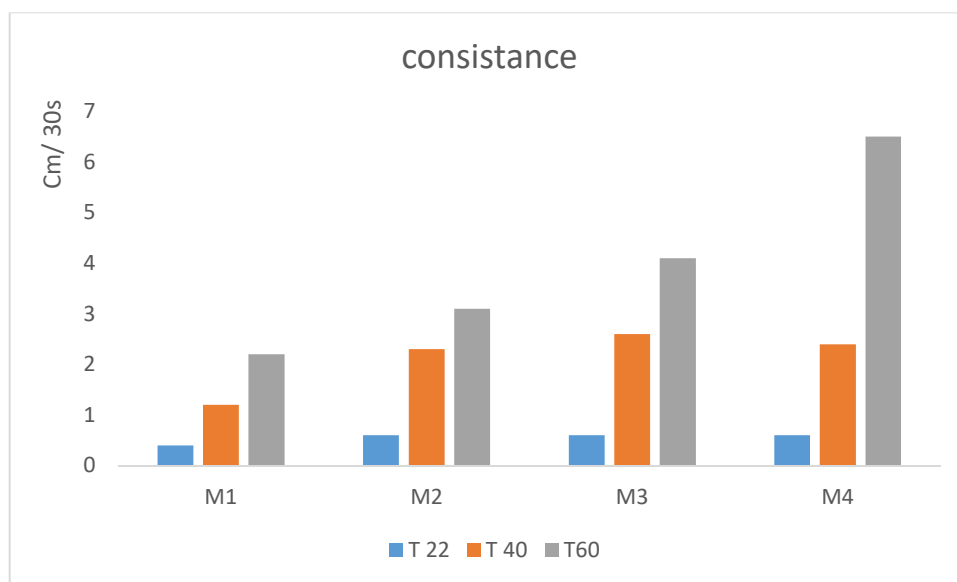


Figure 12 : Taux de consistance dans les quatre échantillons de mayonnaises.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de consistance des quatre mayonnaises analysés à température ambiante (22°C) sont comprises dans un intervalle de (0,4 à 0,6 cm/s), ce qui répond à la norme requise par l'entreprise Cevital ($0,9 \pm 0,8$). Pour l'échantillon M1 (mayonnaise industriel Fleurial), sa consistance à la température 40°C est de 1,2 cm/s qui répond à la norme de l'entreprise qui est ($0,9 \pm 0,8$) et à 60°C elle augmente jusqu'à 3,1 cm/s. L'échantillon M2 (mayonnaise maison) sa consistance à température 40°C est de 2,3cm/s et 60°C elle augmente jusqu'à 3,1cm/s. L'échantillon M3 (mayonnaise avec EDTA) sa consistance à température 40°C est de 2,6cm/s et à 60°C augmente jusqu'à 4,1cm/s.

L'échantillon M4 (mayonnaise avec romarin) sa consistance à température 40°C est de 2,4 cm/s et elle augmente jusqu'à 6,5cm/s.

On remarque que la mayonnaise à 40°C et 60°C ne prend pas la consistance souhaité car elle devient trop liquide. Elle est supérieure à la norme « $0,9 \pm 0,8$ cm/s ».d'après l'échantillon M1 qui est plus stable que les autre mayonnaise, on constate aussi que la quantité de l'huile incorporée à la mayonnaise est un facteur crucial, avec la taille des gouttelettes pour augmenter la consistance de l'émulsion.

Nous concluons que la température influence d'une façon proportionnelle (plus la température est élevée, plus la consistance augment).

Selon une étude réalisée par **Relkin (2005)**, l'influence d'une élévation de la température, le corps gras se dégrade et perd en consistance, qui aboutit notamment à la formation de composé d'oxydation dont on peut craindre la toxicité sur l'organisme humaine.

1.3. Densité

Les résultats de la détermination de la densité pour les quatre échantillons de la mayonnaise illustrés dans la figure suivante :

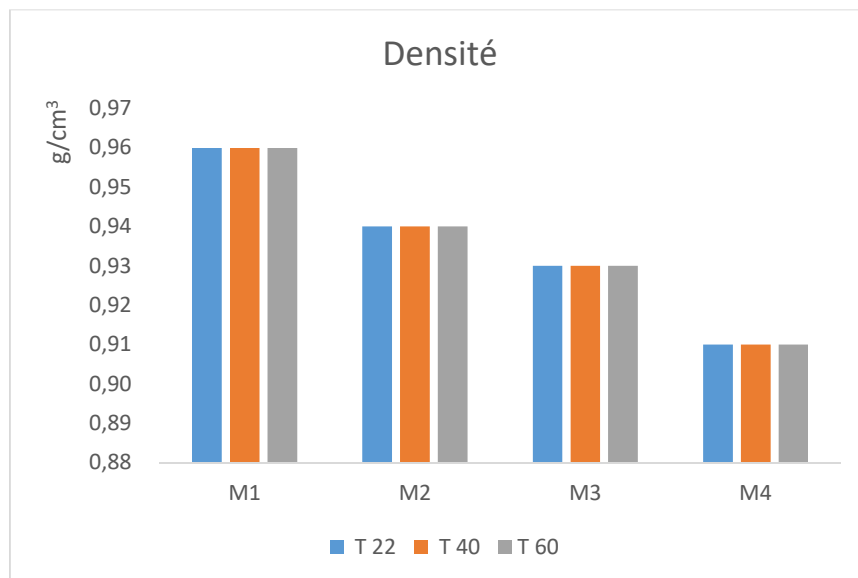


Figure 13 : Taux de densité dans les quatre échantillons de mayonnaise.

Les résultats révèlent que les valeurs de densité trouvées dans notre étude sont comprises dans l'intervalle « 0,95-0,96 » pour échantillon M1 (mayonnaise industrielle) à 3 températures (22°,40°,60°C).

Ces résultats sont conformes à la norme fixée par l'entreprise Cevital « $0,96 \pm 0,01 \text{ g /Cm}^3$ » et sont supérieures à aux résultats trouvés pour les mayonnaises M2, M3 et M4.

Dans les mayonnaises M2, M3 et M4 on remarque que les valeurs de la densité sont stables et qui varient entre 0,91 et 0,94.

Ces résultats sont conformes à la norme ISO661; l'ajout de l'EDTA et du romarin diminue la densité de M3 et M4, cela implique que la variation de la composition des mayonnaises influence sur la densité, d'où, la densité n'est pas influencée par le traitement thermique. La mayonnaise a une densité de $0,91 \text{ g/cm}^3$ selon (ISO 661 ; 2003).

1.4. Extrait sec

Les résultats des analyses des extraits secs des quatre échantillons sont présentés dans la figure ci-dessus :

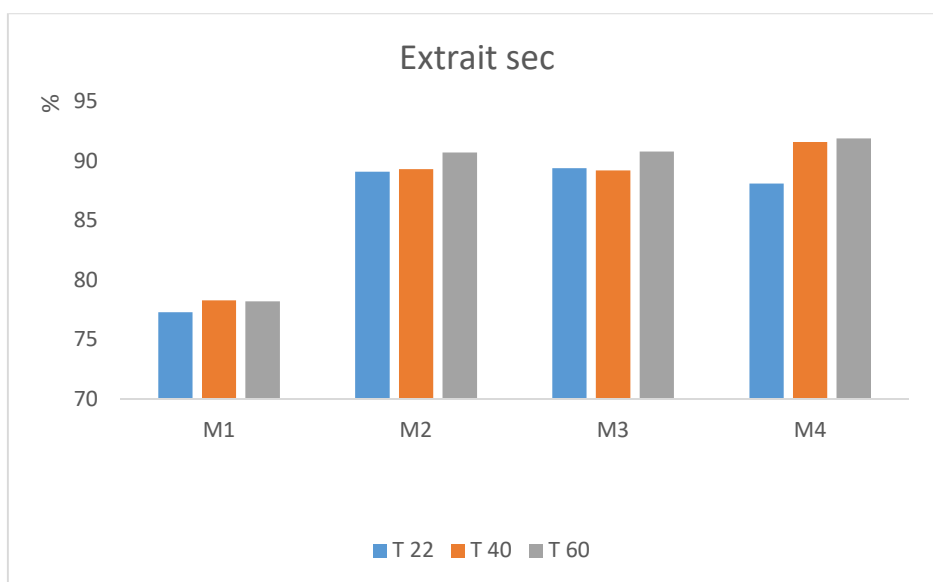


Figure 14 : Taux d'extraits secs des quatre échantillons de la mayonnaise à différentes températures.

Pour l'échantillon M1 (mayonnaise industrielle Fleurial), ses taux d'extraits secs varient entre 77,3 et 78,3 %. Ces résultats sont conformes au seuil des exigences de la norme de l'entreprise. Pour les échantillons M2, M3 et M4, le taux de l'extrait sec varie entre 88,1 % à 91,9%. Plus élevé que la mayonnaise industrielle, ce qui peut être expliqué l'ajout de l'eau. A 60°C, on a une légère augmentation de l'extrait sec dans les échantillons M1, M2 et M3 probablement due à l'évaporation des molécules volatiles.

Selon **SHEN et al., 2011** la mayonnaise doit contenir une quantité supérieure à 70 % de matière grasse ce qui est le cas avec les quatre échantillons étudiés.

1.5. Humidité

Les résultats de l'humidité sont présentés dans la figure n ci-dessous :

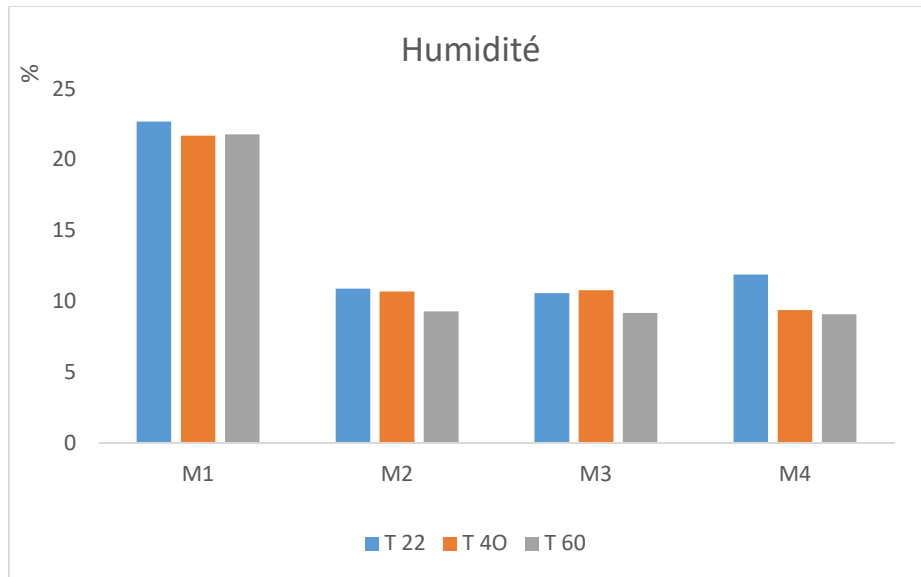


Figure 15 : Taux d'humidité des 4 échantillons a différentes températures.

Pour l'échantillon M1 (mayonnaise industrielle) le taux d'humidité varie entre 21,7 et 22,7%, ce qui répond à la norme de l'entreprise. Et pour les échantillons M2, M3 et M4 elle varie entre 9,1-11,9%. Ces résultats répondent à la norme **ISO 662** qui est fixée aux alentours de 30%.

Le taux d'humidité de la mayonnaise industrielle M1 est plus élevé que la mayonnaise faite maison en raison de la quantité d'eau ajoutée à la préparation.

L'humidité diminue à 60°C sur les quatre échantillons car selon **Bamboye et Adejumo 2011**, lorsque la température augmente l'humidité diminue.

La détermination de la teneur en eau est très importante, car les réactions d'hydrolyses enzymatiques et l'oxydation se déroulent toujours en milieu aqueux, en plus de sa l'altération microbiologique est favorisée par la présence d'une forte teneur en humidité.

1.6. Chlorure

Les résultats de la détermination de la teneur en sel pour les quatre échantillons mayonnaises sont illustrés dans la figure suivante :

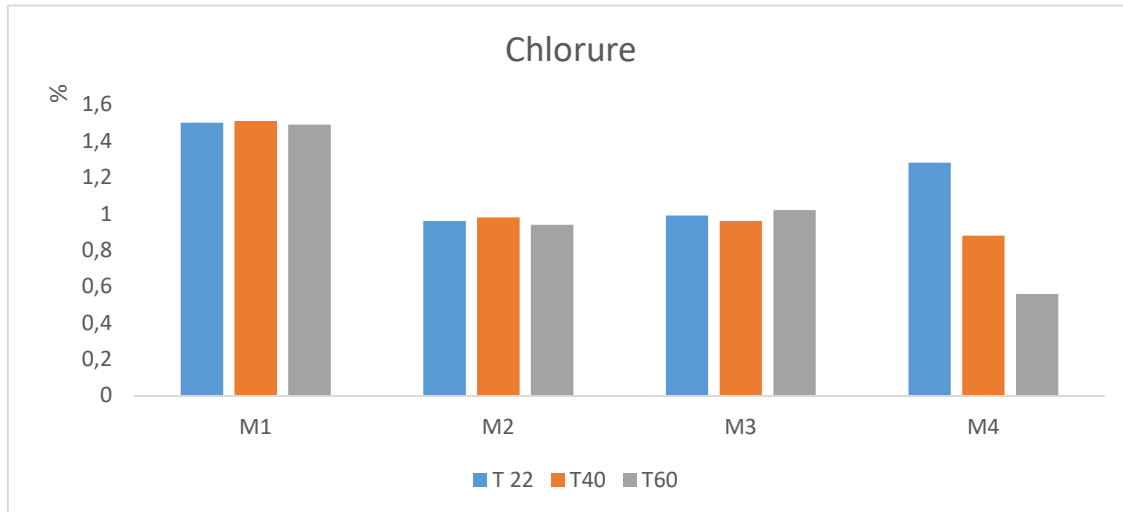


Figure 16 : Taux de sel pour les quatre échantillons de mayonnaise.

La présence du sel dans la mayonnaise est indispensable pour améliorer les caractéristiques organoleptiques telles que la sapidité à la consommation.

Le taux de sel dans l'échantillon M1 (mayonnaise industrielle Fleurial) à différentes températures varie entre (1,49% à 1,51%). Ces résultats sont conformes à la norme fixée par l'entreprise « $1,5 \pm 0,2$ » qui sont supérieures aux autres échantillons.

Dans les mayonnaises élaborées M2 et M3, on remarque que il n'y a pas une différence de taux de sel comparant a M4 qui est enrichie avec le romarin à 22°C et qui est élevé, après elle diminue avec l'augmentation de la température. Ce qui est probablement due à la dissolution de sel à la présence de romarin. Les résultats obtenus révèlent que sont inférieur à la norme de l'entreprise alors ne sont pas conformes. Cette diminution est due aux petites quantités de sels ajoutés lors de la préparation.

Le sel un élément important qui permet d'empêcher le développement de certaines bactéries et de prolonger la durée de conservation des aliments, il est important de se conformer à la norme (Depree et Savage, 2001).

1.7. Acidité

Les résultats de la détermination d'acidité pour les quatre échantillons de la mayonnaise illustrés dans la figure 17.

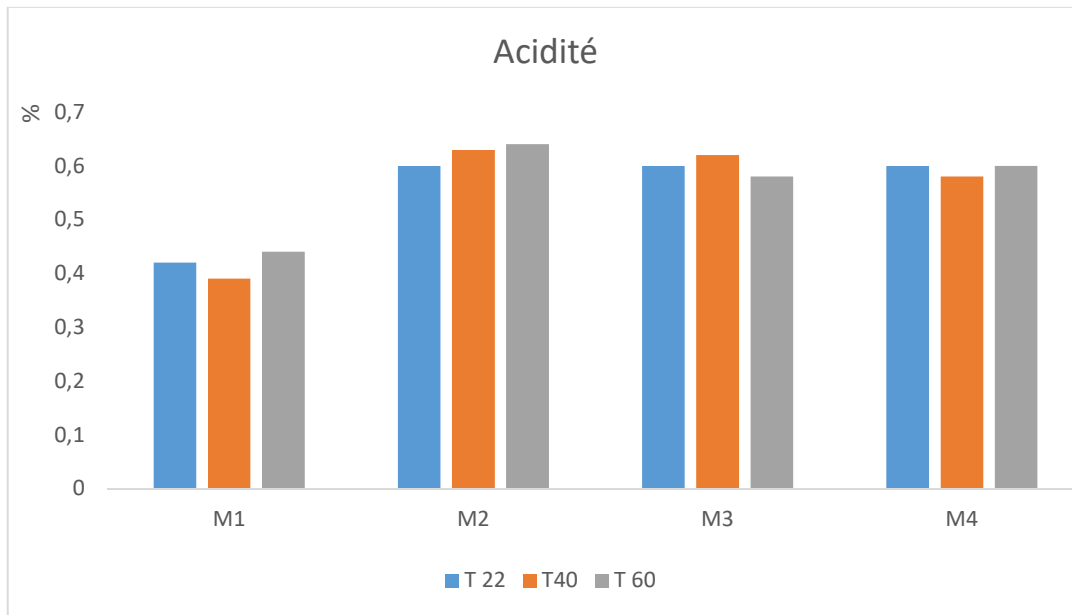


Figure 17: Taux de l'acidité dans les quatre échantillons de mayonnaises.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs d'acidité de mayonnaise M1 industrielle est inférieure à celle des mayonnaises M2, M3 et M4 analysés à différente température. On remarque que les trois mayonnaises élaborées sont plus acides que M1 industrielle, cette augmentation due aux quantités de vinaigres ajoutés lors de la préparation.

Les valeurs sont comprises dans un intervalle de (0,3 à 0 ,6), ce qui répond à la norme requis par de l'entreprise Cevital ($0,4 \pm 0,2$ %).et répond à la norme **ISO 660 :2009** .

1.8. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats de suivi de potentiel d'hydrogène (pH) des quatre échantillons de mayonnaise sont présentés dans la figure 18.

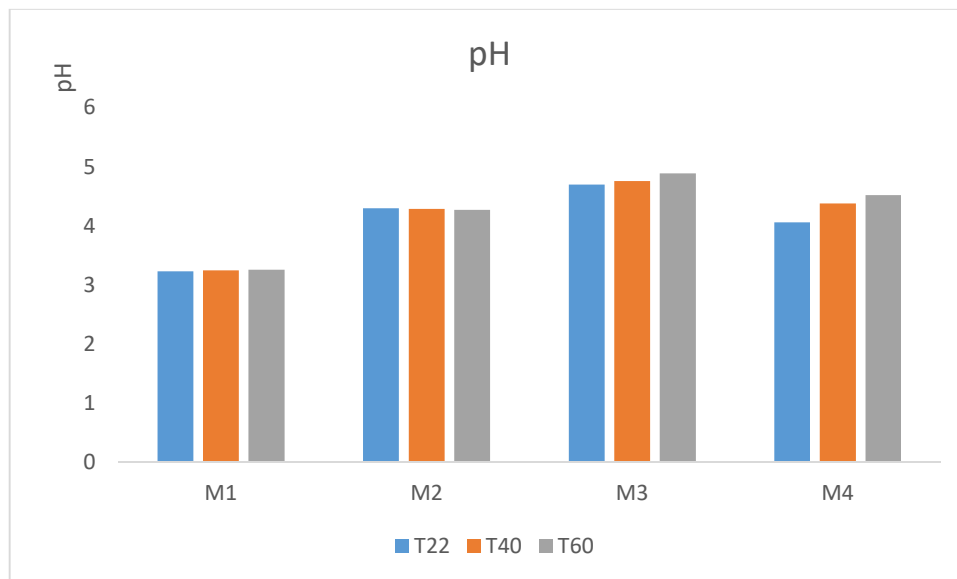


Figure 18 : Potentiel d'hydrogène des quatre échantillons a différentes températures.

Nous remarquons d'après les résultats obtenus que les valeurs de pH sont comprises dans l'intervalle (3,23-4,89) pour les quatre échantillons et aux 4 températures, ce qui est proche de la norme **ISO 662** (pH entre 3,8-4,6). Et on remarque aussi que la valeur de pH de la mayonnaise industrielle M1 est inférieure à celle de la mayonnaise faite maison. Ceci peut être expliqué par un mauvais dosage de vinaigre.

La mayonnaise à un pH compris entre 3,8 et 4,6, et d'après **Karleskind et Wolff 1992** un aliment acide, empêche les bactéries nocives de s'y développer et freiner la croissance de la majorité des microorganismes.

2. Analyses de stabilité

2.1. Indice de peroxyde

Les premiers produits formés par oxydation sont les peroxydes ou les hydroperoxydes qui évoluent vers des structures plus stables ; produits volatils et produits non volatils.

L'indice de peroxyde est un critère très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative (**Karleskind et Worff, 1992**).

Les résultats obtenus de l'indice de peroxydes des quatre échantillons de mayonnaise à différent température sont représentés dans la figure 19.

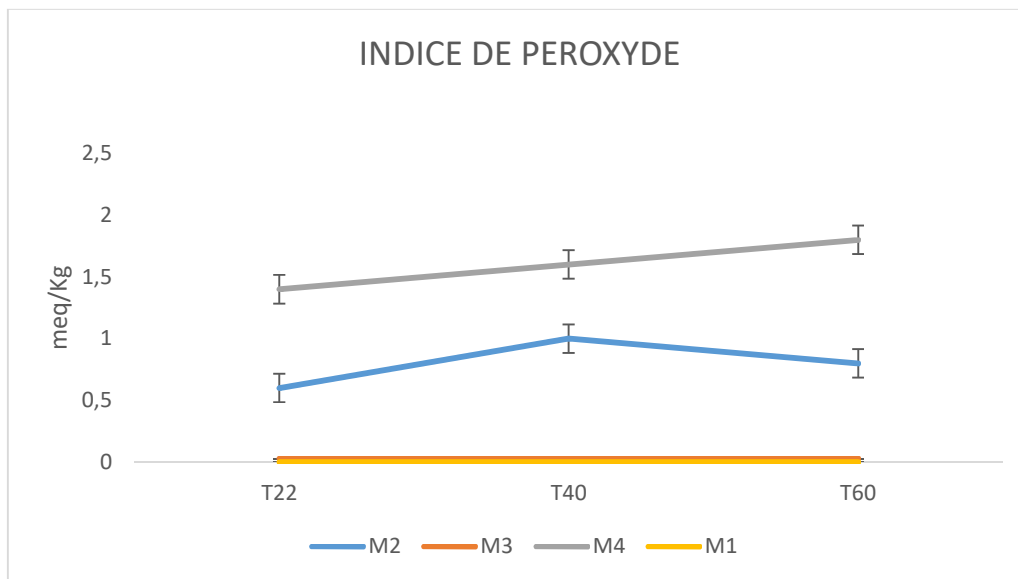


Figure 19 : Résultats de l'indice de peroxyde des échantillons à différentes températures.

D'après les résultats obtenus pour l'échantillon M1 et M3, les valeurs de l'indice de peroxyde sont de 0 meq /Kg à toutes les températures.

Pour l'échantillon M2 à 22°C, elle est de 0,6 meq /Kg, à 40°C elle augmente à 1 meq /Kg et à 60°C, elle diminue à 0,8 meq /Kg.

Et pour l'échantillon M4 à 22°C, elle est de 1,4 meq /Kg. A 40°C, elle est de 1,6 meq /Kg et à 60°C, elle augmente jusqu'à 1,8 meq /Kg.

Ces valeurs sont donc conformes à la norme **ISO3960**, qui attribue une valeur maximale de 10 meq /Kg d'échantillon.

Les échantillons M1 et M3 contiennent des conservateurs, ce qui explique l'absence de l'oxydation ; et l'ajout des feuilles de romarin à l'échantillon M4 n'a pas empêché l'oxydation, il a joué le rôle d'aromatisant plutôt que de conservateur.

Il a été admis que plus l'indice de peroxyde est élevé, plus la matière grasse est oxydée. Cependant, cet indice n'est qu'un indicateur de début d'oxydation ; celui-ci augmente pour atteindre un pic puis diminue avec l'état d'oxydation avancée c'est le cas de l'échantillon M2, les peroxydes forment alors des composés aldéhydiques volatils (exemple : éthanediol (glyoxal)) et non volatils (aldéhydes à longue chaîne carbonée).

La phase d'augmentation correspondrait à la phase d'initiation de l'oxydation ; par contre, la diminution de l'indice de peroxyde serait la conséquence de la décomposition des peroxydes pour la formation des produits secondaires de l'oxydation (aldéhydes, cétones et composés carbonylés) responsables du goût et des odeurs rances (**Clerge et al., 2004**).

2.2. Extinction spécifique dans l'UV

L'oxydation d'un corps gras conduit à la formation des hydro-peroxydes qui absorbent la lumière au voisinage de 232nm. Si l'oxydation se poursuit, il se forme des produits secondaires d'oxydation, en particulier des dicétones et des cétones insaturées qui absorbent la lumière vers 270nm (**Osawa et al. 2007**).

Les valeurs d'extinction spécifiques sont représentées dans les deux tableaux suivants :

A 232 nm

Tableau V : Valeurs de coefficient d'extinction spécifique en UV à 232 nm

Echantillons	T 22	T 40	T 60
M1	0,199±0,0045	0,246±0,0031	0,279±0,0025
M2	0,294±0,0007	0,471±0,0085	0,513±0,0021
M3	0,133±0,0045	0,325±0,0020	0,435±0,0030
M4	0,246±0,0012	0,351±0,0035	0,370±0,0186

A 270 nm

Tableau VI : Valeurs de coefficient d'extinction spécifique en UV à 270nm.

Echantillons	T 22	T 40	T60
M1	0,435±0,030	0,534±0,0126	0,668±0,0015
M2	0,495±0,0028	0,655±0,0028	0,980±0,106
M3	0,373±0,0021	0,524±0,0025	0,566±0,0035
M4	0,446±0,0025	0,622±0,0040	0,951±0,0172

A partir des résultats obtenues les tableaux montrent que la mayonnaise M1 industrielle et M3 avec L'EDTA ont des valeurs d'absorbance faible à 232 nm et 270 nm alors sont moins oxydées ce qui est probablement due à la présence des antioxydants et conservateurs(EDTA), comparés à la mayonnaise M2 mayonnaise faite maison qui a des valeurs d'absorbance plus élevée donc elle est plus oxydée ce qui est suggéré par l'absence des antioxydants et conservateurs, la mayonnaise M4 avec le romarin a des valeurs d'absorbance élevée ce qui explique que le romarin n'agit pas comme un antioxydant. En résumé que plus la température est élevée, plus l'absorbance est importante, donc le traitement thermique a un effet sur l'accélération de l'oxydation de sorte que l'extinction spécifique augmente ce qui est due à la présence des produits d'oxydation primaires et secondaires.

L'absorbance à 232nm et 270nm d'un corps gras renseigne sur le degré d'oxydation, la méthode est décrite selon l'Organisation Internationale de Standardisation (**ISO3656, 2011**). L'extinction spécifique à 232nm et à 270nm d'échantillon peut donc être considérée comme l'image de son état d'oxydation. Plus l'extinction à λ : 232 nm est élevée, plus il est peroxydé. De même, plus l'extinction à λ : 270nm est élevée, plus elle présente un taux élevé en produits d'oxydations secondaires et traduit une faible aptitude à la conservation (**Wolff, 1968**).

3. Analyses sensorielles

Cette analyse réalisée pour les échantillons de mayonnaise dans le but de déterminer les différentes caractéristiques organoleptiques. Ces tests sont effectués avec le logiciel XLSTAT à savoir : caractérisation des produits, analyse des composants principaux (ACP), Classification ascendante hiérarchique (CAH), cartographie externe des préférences.

3.1. Caractérisation des produits

Le test de caractérisation des produits retenus par le jury expert permet de déterminer les descripteurs les plus discriminants et les plus marqués dans un produit. En bleu, le descripteur a un coefficient significativement négatif (pas intense). En blanc, ceux indiquent aucune significativité. (**Husson et al., 2009**).

3.2 Pouvoir discriminant par descripteur

Il s'agit d'un test qui permet de classer les descripteurs en fonction de leur pouvoir discriminant sur les produits, du plus fort au plus faible.

De plus, les valeurs de la p-value associées à chaque descripteur sont affichées. La p-value est une mesure statistique qui indique la probabilité d'obtenir des résultats aussi extrêmes ou plus extrêmes que ceux observés.

Les résultats du test sont présentés dans la figure ci-dessous :

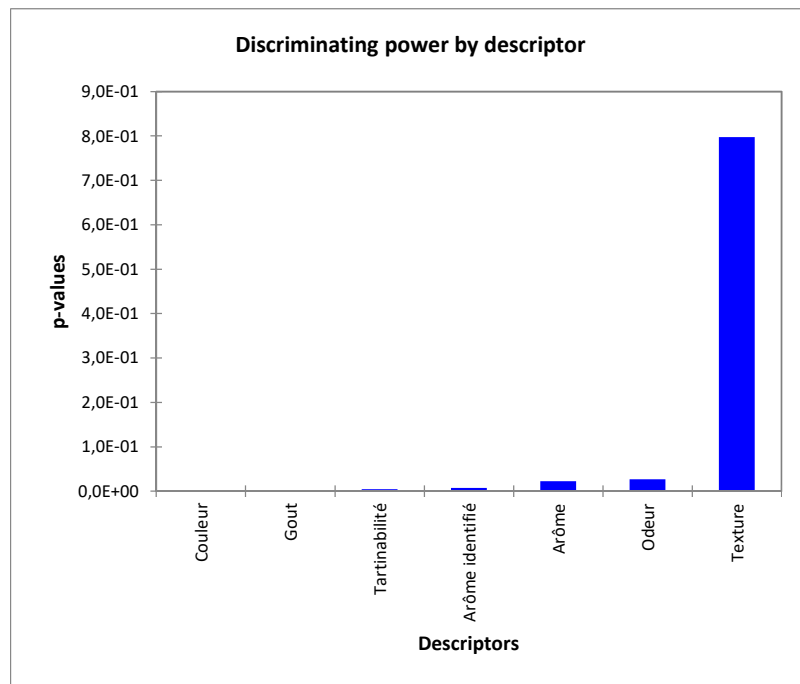


Figure 20 : Pouvoir discriminant par descripteur.

La figure montre les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les différents types de mayonnaise. On remarque que :

- La couleur est le plus fort pouvoir discriminant sur les quatre mayonnaises il se distingue d'un produits à un autres d'après les experts ont constatés des différences entre la couleur des échantillons.
- Les descripteurs: le goût la tartinabilité et l'arôme identifié ont presque le même pouvoir discriminant qui se caractérise par un fort pouvoir discriminant ($P < 0.05$)
- Arôme et l'odeur marque aussi un fort pouvoir discriminant ($P < 0.05$)
- La texture a plus faible pouvoir discriminant qui indique qu'il n'existe pas une déférence significative entre les quatre échantillons de mayonnaise.

Une p-value inférieure à 0,005 donc il existe une déférence significative entre les mayonnaise par apport à la couleur, le goût la tartinabilité et l'arôme identifié, Arôme et l'odeur.

En ce qui concerne la texture, il n'y a pas de différence significative entre les différentes mayonnaises, ce qui suggère qu'elles ont une texture similaire. Les jurés n'ont pas pu détecter de différences, ce qui explique que la valeur p- value soit élevée.

3.3. Coefficients des modèles

Dans ce test, les coefficients du modèle sélectionné sont présentés pour chaque aspect étudié (descripteur) pour chaque produit évalué.

Les résultats des coefficients des modèles sont présentés dans les figures ci-dessous

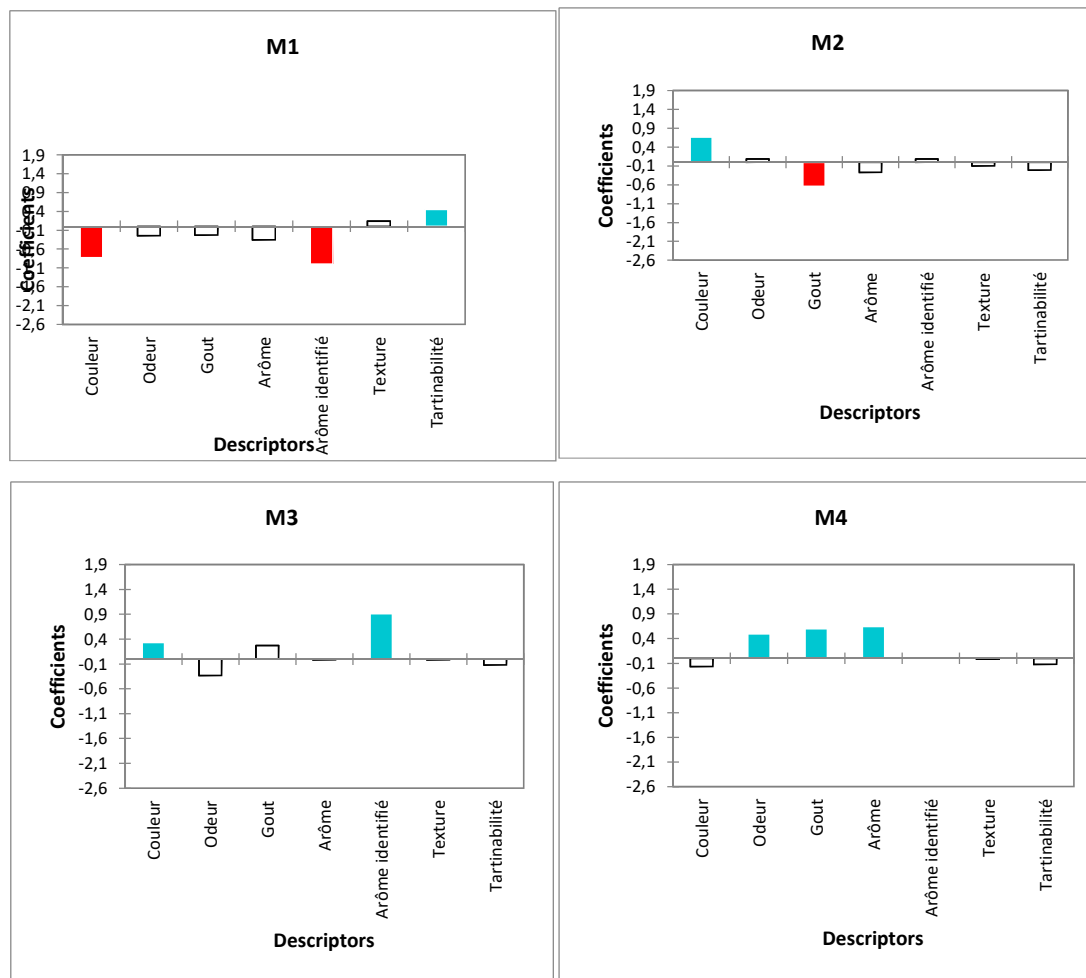


Figure 21 : Coefficients des modèles des échantillons de mayonnaise M1, M2, M3 et M4.

- ❖ L'échantillon M1: la tartinabilité de la mayonnaise M1 est caractérisée par un coefficient positif (affichée en bleu) ce qui suggère une forte intensité et une très bonne tartinabilité détectées et appréciée par les jurés.

La couleur et arôme sont identifiés mais ils ont des coefficients négatifs, ce qui indique une faible intensité ou une absence d'appréciation par les jurys (affiché en rouge). Les autres caractéristiques de mayonnaise occupent la médiane dans l'intensité détectées par les experts (affiché en blanc). En résumé que la mayonnaise M1 (mayonnaise industrielle) se distingue par une excellente tartinabilité avec une texture facile à étaler et est agréable.

- ❖ L'échantillon M2: la couleur affichée en bleu (coefficient positif) indique une forte intensité qui est détectée et appréciée par les experts. Et un goût caractérisé par un coefficient négatif (affiché en rouge) ce qui suggère une faible intensité jugée par les jurys, les autres caractéristiques de mayonnaise ne sont pas détectées par les experts (affiché en blanc). En conclusion que la mayonnaise faite maison a une couleur intense et un goût faible n'est pas appréciée par les experts probablement en raison de l'absence d'arômes et conservateurs ajoutés.
- ❖ L'échantillon M3: présente une couleur affichée en bleu (coefficient positif), ce qui indique une intensité élevée qui est appréciée par les jurys. L'arôme identifié dans M3 a un coefficient positif élevé (affiché en bleu) ce que signifie que les experts ont réussi à le détecter très précisément. Les autres caractéristiques de mayonnaise M3 ne sont pas détectées par les experts (affiché en blanc). En résumé, la mayonnaise M3 contenant l'EDTA se distingue par une couleur intense et un arôme identifié fort intense. La présence de l'EDTA contribue à préserver c'est l'arôme identifié en évitant des réactions indésirables qui pourraient altérer ou détériorer sa qualité.
- ❖ Échantillon M4: l'odeur et le goût de la mayonnaise M4 affichés en bleu (coefficient positif) ce qui signifie qu'il a un fort intense et les experts sont appréciés. L'arôme a un coefficient positif plus élevée qui a été apprécié par les jurys. Les autres caractéristiques de mayonnaise M4 ne sont pas détectées par les experts (affiché en blanc). En résumé que la mayonnaise M4 contenant des feuilles de romarin qui apporte pour le goût une saveur distinctive et

agréable, ainsi il dégage un parfum aromatique distinct qui contribue à une odeur agréable et invitante, aussi l'arôme de romarin est souvent perçu comme étant intense, et enrichir son arôme lui conférant des notes végétales et herbacées. L'ajouter de romarin est un moyen de personnaliser la saveur et l'arôme et l'odeur en lui donnant une touche herbacée distinctive ce qui explique l'appréciation des jurys pour cette mayonnaise.

3.4. Analyse composant principale (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes de données multi variées les plus utilisées une fois que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) ou une observation (individus produits) sont décrites par p (variables de mesures d'attributs descripteurs). Si p est suffisamment élevé, il est impossible de comprendre la structure des données et facilement analyser des statistiques descriptives univariées ou même des matrices de corrélation pour déterminer à quel point les observations sont proches les unes des autres (Jolliffe, 2002).

Les résultats d'ACP sont présentés dans les figures ci-dessous :

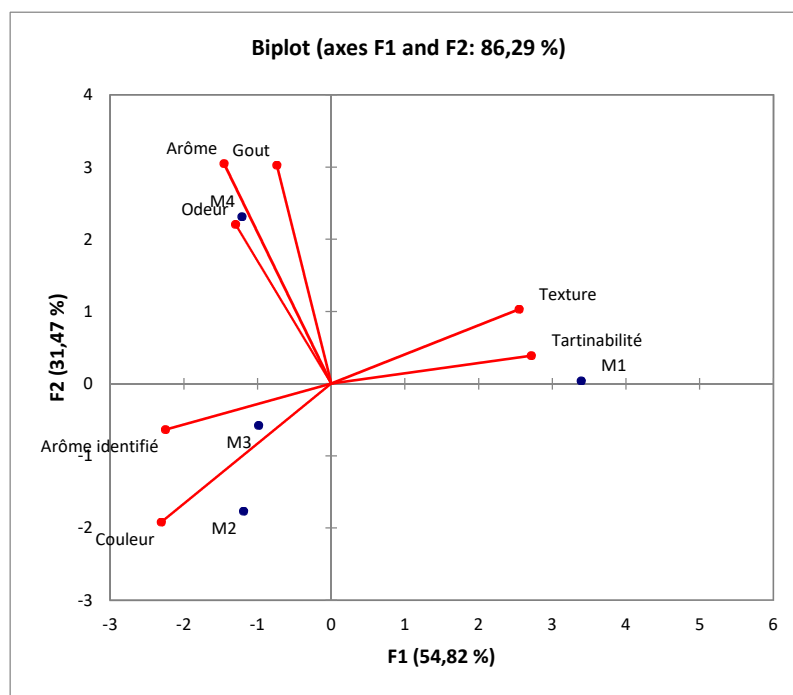


Figure 22 : Corrélations entre les Biplot et les facteurs.

La figure obtenue indique que la mayonnaise M1, qui est une variété industrielle, présente une corrélation positive entre sa tartinabilité (facilité à étaler) et sa texture forte. Cela signifie que chaque fois que la texture est bonne, la tartinabilité est également bonne.

La mayonnaise maison M4 avec romarin est caractérisée par une forte odeur et un fort arôme et goût fort, ils sont corrélés. A chaque fois l'arôme augmente l'odeur et le goût sont corrélés.

Pour la mayonnaise M3 et M2 sont caractérisés par même couleur et arôme identifiés qui sont corrélés.

3.5. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La CAH est une méthode de classification, ces résultats permettent de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre adéquat de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées (Everitt et al., 2001).

Le graphe suivant permet de représenter le profil des différentes classes créées:

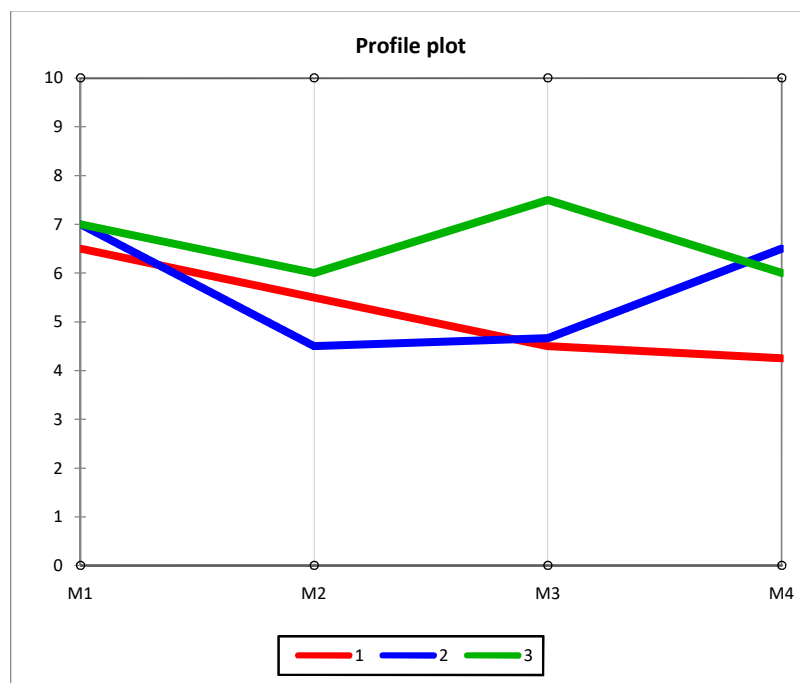


Figure 23 : La préférence via la classification ascendante hiérarchique.

La présentation des graphiques montre les préférences des jurys qui attribuent en trois classes :

La préférence de la première classe s'oriente vers l'appréciation de la mayonnaise M1 industrielle plutôt qu'aux variantes M2, M3 et M4. Cette préférence s'explique par le fait que les consommateurs sont familiarisés avec la mayonnaise industrielle.

La raison pour laquelle ils n'apprécient pas la mayonnaise M4 est sa forte odeur. De même, ils ne sont pas fans de la mayonnaise M2 en raison de sa couleur intense.

Le deuxième groupe préfère la mayonnaise M1 et M4 en raison de l'ajout de romarin, qui apporte une saveur, une odeur et une couleur appréciées. En fin e troisième groupe apprécie les mayonnaises M1 et M3.

3.7. Cartographie externe des préférences

La cartographie des préférences, a été réalisée après avoir effectué une ACP et une CAH des quatre types de mayonnaises. La Figure présentée illustre que la mayonnaise M1 est la plus préférée de 60% à 80%. Suivi de mayonnaise M4 également très appréciée avec une préférence allant de 40% à 60%. En revanche les mayonnaises M2 et M3 sont le moins préférées de 20% à 40%.

La mayonnaise M1 est préférée principalement en raison de sa nature industrielle et de la familiarité qu'ont les consommateurs avec ce type de mayonnaise, ce qui les incite à la choisir davantage. Concernèrent la mayonnaise M4 qui contient du romarin elle bénéficie d'une appréciation particulière, ce qui suggère que l'ajout de romarin apporte une valeur supplémentaire à la mayonnaise et lui confère une excellente qualité.

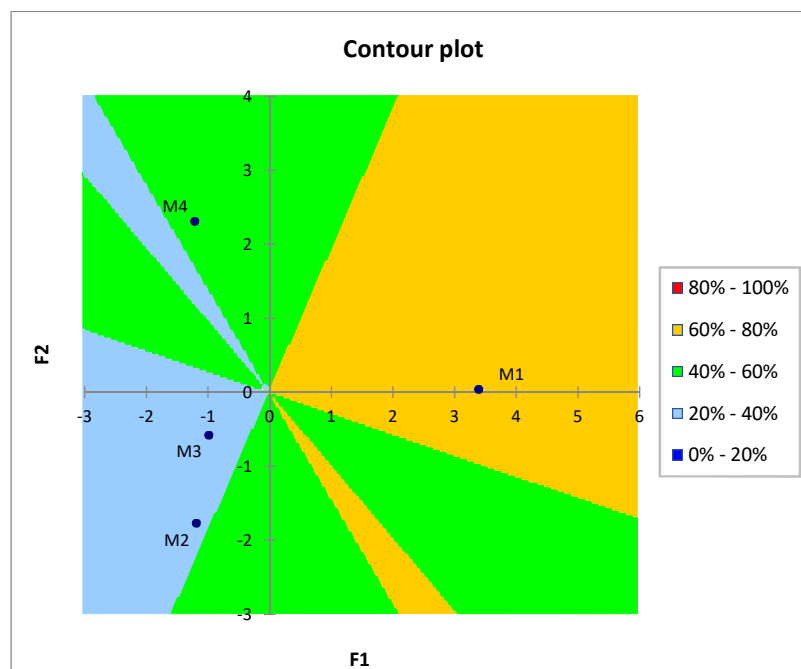


Figure 24 : Cartographie des préférences de la mayonnaise.

Conclusion

A l'ère de la mondialisation, les exigences du consommateur ne cessent d'augmenter. Il est devenu primordial à toute entreprise agroalimentaire ayant comme objectif de conquérir le marché et de fidéliser le consommateur à ces produits et d'acquérir les outils qui garantissent la qualité de ces produits commercialisés.

La présente étude a pour objectif de voir l'effet du traitement thermique sur la qualité des mayonnaises (mayonnaise industrielle, mayonnaise faite maison avec ou sans conservateurs ou mayonnaise faite maison enrichie avec des feuilles herbes du romarin), en vue de voir la résistance à la température et à l'oxydation.

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des quatre échantillons des mayonnaises fabriquées ont démontré que les températures étudiées ont des effets sur la viscosité et la consistance ce qui est expliqué par le déphasage de la matière grasse à une température élevée (40°C ou plus) et que la température n'as pas d'influence sur les autres paramètres.

L'évaluation de la stabilité oxydative des mayonnaises est estimée par la variation de l'indice de peroxyde à trois températures différentes où la mayonnaise industrielle et mayonnaise faite maisons avec EDTA sont restées stables avec une valeur de 0 méq d'O₂/Kg, contrairement à la valeur d'indice de peroxyde des trois mayonnaises maisons, sans antioxydant et enrichie avec le romarin qui ont présenté des indices de 0,6 à 1,8 méq d'O₂/Kg, respectivement.

L'étude de l'extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm à déférentes température 22°, 40° et 60°C, a démontré que plus la température augmente, plus l'absorbance est importante ce qui est due à la présence de produits d'oxydation primaires et secondaires.

Concernant l'analyse sensorielle d'une manière globale, la mayonnaise industrielle est plus préférée par les dégustateurs et ses propriétés organoleptiques sont plus appréciées, ainsi que la mayonnaise faite maison enrichi avec les feuilles herbes du romarin.

En terme de perspectives, et afin de compléter la présente étude, il serait intéressant de:

- ▶ Tester l'effet d'autres parties de la plante du romarin telle que la tige sur l'enrichissement de la mayonnaise.

- ▶ Tester d'autres conservateurs pour prolonger la durée de stockage à des températures élevée.

- ▶ Substituez l'huile de colza par l'huile d'olive afin de rehausser la qualité de la mayonnaise.

Annexe I : Présentation de l'entreprise

Situation géographique

L'entreprise Cevitale-unité El kseur est située dans la zone industrielle d'El kseur, à 25 km du chef-lieu de la wilaya de Bejaia et à quelque mètre de la voie ferroviaire. Elle est implantée dans une région à vocation agricole à droite de la route nationale N°26 liant Alger-Bejaia. Tous ces critères lui confèrent un emplacement stratégique favorable facilitant les opérations d'approvisionnement et de distribution des produits.

Activité de l'unité

L'unité Cevital d'El kseur qui portait anciennement le nom de COJEK (conserves et jus d'El kseur) fabriquait que des jus. Aujourd'hui, cette unité a élargi ses activités et contient désormais trois unités de production:

- L'unité de boisson: pour la fabrication des jus de la marque TCHINA. Elle se compose de la siroperie (lieu de la production du jus), la ligne RB «bouteilles en verres» principalement pour des bouteilles à 0,25 cl mais aussi la ligne de PET « les bouteille en plastique» pour les bouteilles de 2L, 1L et 0,33 cL.
- L'unité sauces: elle se compose de deux partie de préparation et la partie de conditionnement. Au niveau de cette unité, on assure la fabrication de plusieurs types de sauces condimentaires froides telles que la mayonnaise, sauce mayonnaise, moutarde et chaudes telle que le Ketchup, harissa et sauce barbecue.
- L'unité de traitement des fruits « conserves»: après la réception et le traitement des fruits, ces derniers vont être broyés en pulpe. La ligne de confiture: la pulpe va suivre un processus pour la fabrication de la confiture (confiture d'abricot, de fraise et de figue)

Annexe II : Questionnaire d'analyse sensorielle de la mayonnaise par un panel Expert

Questionnaire d'analyse Sensorielle de margarine par un Panel Expert

Age : ans

Date : 18 /05 /2023

Sexe : Féminin

Masculin

Dans l'optique d'une caractérisation sensorielle de la mayonnaise, quatre échantillons codés M1, M2, M3, M4, vous sont présentés. Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent :

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

1/ Intensité de la couleur

- 1- Très faiblement intense
- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

2/ Intensité de l'odeur (sans gouter)

- 1- Très faiblement intense
- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

3/ Intensité du gout (gout salé et acide)

- 1- Très faiblement intense

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

4/ Intensité de l'arôme (sensation en bouche)

- 1- Très faiblement intense
- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

5/ Arôme identifié

- 1- Absence
- 2- Romarin
- 3- Mayonnaise
- 4- Huile colza
- 5- Non identifié

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

6/ Intensité de texture (sensation en bouche)

- 1- Non fondante
- 2- Faiblement fondante
- 3- Moyennement fondante
- 4- Fortement fondante
- 5- Très fortement fondante

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

7/ Intensité de tartinabilité

- 1- Très difficile à tartiner
- 2- Difficile à tartiner
- 3- Moyennement tartinable
- 4- Facilement tartinable
- 5- Très facilement tartinable

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

8/ Préférence globale

Attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré. Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

- 1- Extrêmement désagréable
- 2- Très désagréable
- 3- Désagréable
- 4- Assez désagréable
- 5- Ni agréable ni désagréable
- 6- Agréable
- 7- Assez agréable
- 8- Très agréable
- 9- Extrêmement agréable

Echantillon	M1	M2	M3	M4
Note				

Références bibliographiques

A

Adrian J., Dauvillier P., Poiffait A. et Potus J.,(1998). Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Lavoisier, éd .Tec et doc.100-110.

AFNOR, Norme Français. EN ISO 660. septembre (2009). Corps gras d'origine animale et végétale-Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité.

Alimentaire, C.D.C. (2007). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Project, 120, 129.

Anbudhasan, P., Surendraraj, A., Karkuzhali, S. et Sathishkumaran, P. (2014). Natural antioxidants and its benefits. International journal of food and nutritional sciences, 3(6), 225.

Anderle, D. P., Bertone, V., Cao, X., Chang, L., Chang, N., Chen, G. et Zou, L. (2021). Electron-ion collider in China. Frontiers of Physics, 16, P 1-78.

Avramescu, A. M., Bazzaro, F., Mahdjoub, M., Sagot, J. C et Simion I. (2014). Elaboration d'une approche d'analyse sensorielle tactile des matériaux biosources, U.P.B. Sciences Bulletins, 76, 236 – 245.

B

Barbosa.MA.L et Canovas.G.V (1995). Rheological characterization of mayonnaise part II: flow and viscorlastic properties at different oil and xanathan gum concentration .J ournal of FOOD .ENGeneering .25 (3),409-425.

Benabid, H., Namoune, H. et Rutledge, D. N. (2009). Caractérisation de l'huile d'olive algérienne. Thèse de doctorat, Université Frères Mentouri-Constantine 1.

Bouhadjra, K. (2011). Étude des effets des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge (Thèse de doctorat, Université Mouloude Mammeri Tizou-Ouzou)

Bouridane, M., Hamreulaine, F.et Benali, S. (2018). Evaluation de l'activité antioxydants des extraits de deux plantes médicinales (oléastre, *Laurus nobilis*) ans le but de leur incorporation dans des formules alimentaires. [journal](#)

Brabant, L. E, (1992). Please squeeze the dressings: new sales opportunities in Japan. *AgExporter*, 4, 12-13.

Bamboye, I. et Adejumo, O. (2011). Effects of processing parameters of roselle seed on its oil yield. *International journal of agricultural and biological Engineering*, 1(4), 82-86.

C

Cadenas, E. et Sies, H. (1998). The lag phase. *Free radical research*, 28(6), 601-609.

Caullet, L., ADS, G. K., Rusalen, M. AMP; et Seigneur, M. (2018). Les émulsions alimentaires et cosmétiques. *Projet Professionnel*, 1-50.

Celse, M. (1999). Un menu pour tout recommencer. *Vacarme*, 78-80.

Choe, E. et Min.D.B.(2006) mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive reviews in food science and food safety* . 5(4), P 169-186.

Choe, E et Min.D.B.(2009). mechanisms of antioxidant in the oxydation of foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 8(4), P 345-358.

Cillard, J., Cillard, P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. *Oleagineux, corps gras, lipides*, 13(1), 24-29.

Cossu, M., Cumini, M., Pagani, J., Wawrzkiwicz, M., Allocati, P., Danelon, J. et Aguilar, L. (2002). Substitution of wheat for corn in rabbit diets. Effects on productivity and meat quality. *Revista Argentina de Production Animal*, 22, 153-161.

CLERGE T., MARTHE N.O, ALMECK A.D. ET CESAR K. (2004). Qualité et stabilité de l'huile extraite par pressage des amandes de Pierre ex Pax pendant la conservation à température ambiante. *Journal of Food Engineering*, 62, P.69-77.

Codex Alimentarius Commission. (1989). Codex standard for mayonnaise (Regional European Standard) CODEXSTAN 168-1989. Codex Coordinating Committee for Europe.

Cillard, J et Cillard, P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. *Oleagineux, corps gras, lipides*, 13(1), 24-29.

D

Dahamna Siham, C. N. (2021). *Extraction et caractérisation physico-chimique d'une huile végétale* (Thèse de doctorat Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arreridj) .

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

Depree, J. A. et amp; Savage, G. P. (2001). Physical and flavour stability of mayonnaise. Trends in Food Science et amp; Technologie, 12(5-6), 157-163.

Decker,E.A.K. Warner,(2005).Measuring antioxidant effectiveness in food. Journal of agricultural and food chemistry **53**(10):4303-4310.

Deville, S. et Monteux, C. (2020). Congélation d'émulsions: de la mayonnaise à la métallurgie. Reflets de la Physique, (66), P 22-27.

E

El-Agamy et al., 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant /Pro-oxidant Properties. Archives of biochemistry and biophysics,430:37-48.

EL FLOCH.E, P. ACKER, P. RAMEL, M.T. LANTEAUME et A-M. LE CLERC; (1968). Les effets de chauffage de type culinaire sur les principaux corps gras alimentaires ses incidences physiologiques et nutritionnelles -75- Paris France (7°), p4.

Eymrad .S . 2003. Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipids au cours de la conservation de la transformation de chinchard (trachurus trachurus) : choix des procédés. Thèse doctorat, Université de Nantes, France, P 277.

F

Frankel E.N, 1998 Lipids oxidation: the oily press .Ed. Dundee, Scotland. p 303.

H

Harisson.L.J, Cunningham .F.E (1986), Influence of salt Ou properties of liquid yolk and functionality in mayonnaise Poultry science,65(5), 915-921.

Haeghebaert, S., Le Querrec, F., Bouvet, P., Gallay, A., Espié, E. et Vaillant, V. (2002). Les toxi-infections alimentaires collectives en France en 2001. BEH, 50, P 249-253.

Huang, H., Pierstorff, E., Osawa, E.et amp; Ho, D. (2007). Active nanodiamond hydrogels for chemotherapeutic delivery. Nano letters, 7(11), 3305-3314.

Hultin. HO .1992. Lipids oxidation in fish muscle. In , advanced in seafood biochemistry , composition and quality fiche , G.J et Martin , R.E (Eds) technomics publishing company INC, Lancaster .P.P.99-122.

Hultin, HO.1994. Oxidation of lipids in seafoods in: Seafoods: chemistry, processing technology and quality. Shahidi ,F et Botta , J.R (Eds) bleckie academic et professionnelle ; new York ; p 49-74.

I

ISO 662, 1998 : Corps gras d'origine animale et végétale- Détermination de la teneur en eau et en matière volatiles. (2), P 1-7

ISO 3960 ; 2017, Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice de peroxyde.

ISO 3656, 2011: Determination of Ultraviolet Absorbance Expressed as Specific UV Extinction. International Organisation for Standardisation, , P. 1-8.

ISO.885/1.02.2004.

Ishibashi, C., Hondoh, H., & Ueno, S. (2016). Influence of morphology and polymorphic transformation of fat crystals on the freeze-thaw stability of mayonnaise-type oil-in-water emulsions. Food Research International, 89, 604-613.

J

Judde, A. (2004). Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique: mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 11(6), 414-418.

Jarry, B. (2007). Nouveaux matériaux mésoporeux gallo-siliciques de type SBA-15 titanés ou non: similitudes et différences avec leurs analogues alumino-siliciques en termes de structure, acidité et réactivité (Thèse doctorat, Paris France 6).

K

Karleskind, A.et Wolff, J. (1992). Manuel des corps gras, *vol. 1. Lavoisier, Paris, France, 787P.*

Kartika.I.A.(2005) .Nouveaux procédé de fractionnement des grains de tournesol : expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de huile de tournesol (thèse de doctorant, PhD,institut National Polytechnique de Toulouse.

Kamal-eldin. A.(2003). Lipides oxydation pathways .AOCS Publishing; p315.

Kanazawa, A., Sawa, T., Akaik, T.et Maeda, H. (2000). Formation of abasic sites in DNA by t-butyl peroxy radicals: implication for potent genotoxicity of lipid peroxy radicals. *Cancer letters*, 156(1), 51-55.

Kohen, R. et A Nyska, (2002). Invited review: oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxydants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic pathology*, 30(6), 620-650.

L

Laurine, C.Alexandra, D.Geoffrey, K. Margaux, R. et Marie, S. (2018). Projet professionnel. Les émulsions alimentaires et cosmétiques.

Laurine, CAULLET, Geoffrey KNIPPER ADS, Margaux RUSALEN, and Marie SEIGNEUR.(2018)"Les émulsions alimentaires et cosmétiques." Projet Professionnel : 1-50.

Lion, P.H. (1955) : Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod, Paris.

Lucena, E., Verdun, P., Aurelle, Y., & Secq, A. (2003). Nouveau procédé de valorisation des «slops» de raffineries et déchets huileux par distillation hétéroazéotropique. Oil & gas science and technology, 58(3), 353-360.

M

Mc clement. D.et Demetriades, k. (1998). An integrated approach to the development of reduced – Fat food émulsions. Critical reviews in food science and nutrition, 38(6) 511-536.

Multon. J.L, 2002. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. 3^{ème} éd, collection sciences et techniques agroalimentaires. Paris: Technique et documentation ET Doc: Lavoisier, 747p.

MINA.M et y Mohamed. (2019).challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce.Food sience nutrtn7(8).2471-2484.

Mun, S., Kim, Y. L., Kang, C. G., Park, K. H., Shim, J. Y., & Kim, Y. R. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α GTase-modified rice starch and xanthan gum. International journal of biological macromolecules, 44(5), 400-407.

N

Nawar.w.W(1969) thermal degradation of lipids. Journal of agricultural and food chemistry 17(1) P18-21.

Nicolau, J, Amané, D. N., Enokou, C., Konan, G. A., Chatigre, O. K., & Assidjo, E. N. (2022). Profils sensoriel du tchapalo: génération des termes descriptifs. Sciences de la vie, de la terre et agronomie, 10(1).

P

Perrin, J.L. (1992). Analyse des corps gras, détermination de l'altération .In: Tec. Et Doc. (Eds.). *Manuel des corps gras*. Paris : Lavoisier, P. 1198-1218.

Pokorny, J, (2003). Problème de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. In lipides et corps gras alimentaire. Ed Tec et Doc, Paris ; Lavoisier P 147-187.

Piard, J. (2012). Des systèmes dispersés dans nos assiettes: une étude au microscope optique. Bull. Un. Prof. Phys. Chim, 106(948),P 1089-1102.

R

Rahmani, M, (2007). Methodes d'évaluation de la stabilité oxidative des lipids. Les technologies de laboratoire, 2(2).

Raikos, V., McDonagh, A., Ranawana, V. and Duthie, G. (2016) 'Processed beetroot (Beta vulgaris L.) As a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes', Food Science and Human Wellness, 5(4), P. 191–198.

Reische, D. W., Gillard, D. A., Eitenmiller, R. R. (2002). Antioxidants in: Akoh, C.C., Min D.B. (eds.). Food lipids. Marcel Dekker: New York, P. 489-516.

Relkin, P., Mariette, F., Kalnin, D., Michon, C., & Ollivon, M. (2005). Cristallisation de la matière grasse dans une émulsion de MGLA dans l'eau: apport de différentes techniques physiques combinées. Sciences des aliments, 25(5-6), 413-425.

Rolland Y, 2004. Antioxydants naturels végétaux. OCL.11, 6,419-424.

Rudra, S. G., Hanan, E., Sagar, V. R., Bhardwaj, R., Basu, S., & Sharma, V. (2020). Manufacturing of mayonnaise with pea pod powder as a functional ingredient. Journal of Food Measurement and Characterization, 14, 2402-2413.

S

SESSION, R. D. L. T. Q., DU COMITÉ, D. U. C. S. U. R. L. E., et; les contaminants, a. a. e. (2002). Programme mixte fao/oms sur les normes alimentaires commission du codex alimentarius Vingt-cinquième session Rome (Italie).

Shahidi, F. et Ambigaipalan, P. (2017). Antioxidant in oxidation control. In: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F. (Eds). Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications, 287-310.

Shen.R et Shuangqun.L(2011). Application de la dextrine d'avoine comme substitut de graisse dans la mayonnaise, **journal** P 65-71.

Shen, R., Luo, S. et Dong, J. (2011). Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. Food Chemistry, 126(1), 65-71.

Sohn Jong-ha, ohshima toshiaki (2011), Handboot of seafood quality, safety and health application. Part 1 p 96-108. 542p.

Skripko,o,v, et Sedyh,v.v.(2020).Technologie de sauce mayonnaise innovante à valeur nutritionnelle accrue,Pridneprovsky scientific bulletin10(3),P 28-31.

Sirvente, H. (2007). Fonctionnalités des fractions du jaune d'œuf dans les émulsions alimentaires huile-dans-eau allégées en matière grasse: impact des différents niveaux de structuration (Thèse doctorat , Nantes).

T

Tatsuya, HamamorI, Yasuo, et Kedes, Larry(2003). Notch signaling in vascular development. Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology,23, 4, 543-553.

Türkmen, İ. et Ekşi, A. (2011). Brix degree and sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. Food chemistry, 127(3), 1404-1407.

W

Wolff, P. D, (1968). A simplified criterion for the reliability of a powder pattern indexing. Journal of Applied Crystallography, 1(2), 108-113.

X

Xiong, R., Xie, G.et Edmondson, A. S. (2000). Modelling the pH of mayonnaise by the ratio of egg to vinegar. Food Control, 11(1), 49-56.

Y

Yanniotis.s, Skaltsi.s ET Karaburnioti.s (2006): « Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures », Journal of Food Engineering,72, 4, 372–377.

Z

ZOVI.O(2009). Fonctionnalisation et photo polymérisation de l’huile de lin en vue de l’élaboration de nouveaux matériaux sans émission de composé organique volatiles (cov) (doctoral dissertation ; INSA de rouen).

References électroniques

Anonyme 1 , 2023: site web: https://ressources.unisciel.fr/formulation_cosmetique/co/1-1.html. Consulté le

Anonyme 2, 2023: site web: https://www.memoireonline.com/08/08/1485/m_marche-mondial-des-oleagineux36.html Consulté le

Anonyme 3, 2023: site web: <https://genie-alimentaire.com/spip.php?article287> Consulté le

Conclusion

A l'ère de la mondialisation, les exigences du consommateur ne cessent d'augmenter. Il est devenu primordial à toute entreprise agroalimentaire ayant comme objectif de conquérir le marché et de fidéliser le consommateur à ces produits ; d'acquérir les outils qui garantissent la qualité de ces produits commercialisés.

La présente étude a pour objectif de voir de l'effet du traitement thermique sur la qualité des mayonnaises (mayonnaise industrielle, mayonnaise faite maison avec ou sans conservateurs ou mayonnaise faite maison enrichie avec des feuilles herbes du romarin), en vue de voir la résistance à la température et à l'oxydation .

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des quatre échantillons des mayonnaises fabriquées ont démontré que les températures étudiées testés ont des effets sur la viscosité et la consistance ce qui est expliqué par le déphasage de la matière grasse à une température élevée (40° ou plus), la température n'est pas influence sur d'autres paramètres.

L'évaluation de la stabilité oxydative des mayonnaises est estimée par la variation de l'indice de peroxyde à trois températures différentes, où la mayonnaise industrielle et mayonnaise faite maisons avec EDTA sont restées stables avec une valeur de 0 méq d'O₂/Kg, contrairement la valeur d'indice de peroxyde des deux mayonnaises maisons, sans antioxydant et enrichie avec le romarin qui ont présenté des indices de 0.6 à 1.8 méq d'O₂/Kg; respectivement.

L'étude de l'extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm à déférente température 22°, 40°, 60°, a démontré que plus la température augment, plus l'absorbance est importante ce qui est due à la présence de produits d'oxydation primaires et secondaires.

Concernant l'analyse sensorielle d'une manière globale, la mayonnaise industrielle est plus préférée par les dégustateurs et ses propriétés organoleptiques sont plus appréciées, ainsi que la mayonnaise faite maison enrichi avec les feuilles herbes du romarin.

En terme de perspective, et afin de compléter la présente étude, il serait intéressant :

- ▶ D'effectuer des tests d'autres conservateurs pour prolonger la durée de stockage à des températures élevée.

- ▶ D'évaluer la résistance de la mayonnaise à l'oxydation en utilisant le test d'oxydation accélérée «Rancimat».

- ▶ D'élargir l'étude pour inclure d'autres marque de mayonnaise les plus populaires au niveau national.

Résumé

La mayonnaise est une sauce froide émulsionnée à base d'huiles et d'œufs et d'autres ingrédients qui est utilisée dans différents domaines alimentaires. Sa qualité dépend du procédé de fabrication continu et discontinu et des ingrédients ajoutés qui diffèrent d'une recette à une autre. L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'effet du traitement thermique sur la qualité de quatre mayonnaises (mayonnaise industrielle Fleurial et trois mayonnaises faites maison, une sans conservateur, l'autre avec EDTA et une autre enrichie avec de fines herbes du romarin) en analysant les propriétés physico-chimiques et en effectuant des tests de stabilité ainsi que l'analyse sensorielle. Les résultats obtenus ont montré que l'augmentation de la température a influencé sur la viscosité et la consistance des mayonnaises et qu'elle avait un effet sur l'accélération de l'oxydation lipidique. L'analyse sensorielle a révélé que la mayonnaise industrielle est la plus préférée, suivie de la mayonnaise avec le romarin qui avait un arôme, une odeur et goût appréciés.

Mots clés : Mayonnaise ; Analyses physico-chimiques ; Indice de peroxyde ; Extinction spécifique à 232 nm et 270 nm ; Analyses sensorielles.

Abstract

Mayonnaise is a cold emulsified sauce based on oils and eggs and other ingredients that is used in a variety of food applications. Its quality depends on the continuous and discontinuous manufacturing process and the added ingredients, which vary from one recipe to another. The aim of this thesis was to study the effect of heat treatment on the quality of four mayonnaises (Fleurial industrial mayonnaise and three home-made mayonnaises, one without preservatives, one with EDTA and one enriched with rosemary herbs) by analysing their physico-chemical properties and carrying out stability tests and sensory analysis. The results showed that increasing the temperature influenced the viscosity and consistency of the mayonnaises, and that it had an effect on accelerating lipid oxidation. Sensory analysis revealed that industrial mayonnaise was the most preferred, followed by mayonnaise with rosemary, which had an appreciated aroma, smell and taste.

Key words: Mayonnaise; Physicochemical analysis; Peroxide value; Specific extinction at 232 nm and 270 nm; Sensory analysis.