

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Science des corps gras



Réf:.....

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

**MASTER**

***Thème***

**Valorisation de l'écorce de pomelo par son application dans  
industrie des corps gras, étude de cas de : Mayonnaise**

Présenté par :

**Guidjou Kenza**

Soutenu le : **29/06/2024**

Devant le jury composé de :

Mr. Boukhalfa Farid

MCA

Président

Mme. Boulekbache Lila

Professeur

Promotrice

Mme. Adjeroud Nawel

MCA

Examinatrice

Mme.Kaanin Ghania

MAB

Co Promotrice

**Année Universitaire : 2023-2024**

## *Remerciements*

*En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné santé, courage et patience pour terminer ce modeste travail.*

*Mes vifs remerciements vont à ma promotrice **Mme Boulekbache Lila**, pour m`avoir guidé orienté et aidé dans la réalisation de ce travail, ainsi que pour la confiance qu`elle m`a témoigné qu`elle trouve ici l`expression de ma profonde reconnaissance.*

*En seconde lieu je tiens à remercier ma CO-promotrice **Mme Boudraa Ghanía**, pour son exactitude et ses conseils.*

*Un grand merci au meilleur directeur qui m`a ouvert ses portes avec un grand sourire **Mr. Hedjal Samir** et **M. Tadjet Bobekeur**, d`avoir bien voulu accepté de m`accueillir au sein du Laboratoire de Recherches et Développement de Cevital afin de réaliser la formulation de mes échantillons.*

*Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à la lumière de ma vie :*

*Mes parents, Ma mère qui a œuvré pour ma réussite par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

*Mon père qui m'a encouragé pendant mes longues années d'études et qui m'a aidé à avancer dans ma vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de vous.*

*A mes frères Bachir et Younes qui ont toujours été à mes cotées et qui ont toujours su me conseiller et me pousser vers l'avant.*

*A mes copines celles avec qui j'ai partagé les pires et les meilleurs moments de ma vie : Massicylia, Fatima, Ilícia, Manel,*

*Et A MES CHÈRES AMI(E) S*

*A TOUS CE QUE J'AIME ET CEUX QUI M'AIMENT*

# **Table des matières**

**Table des matières**

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction ..... 1

**Généralité sur le pomelo**

I.1. Généralité sur pomelo..... 3

I.2. Les espèces de pamplemoussier ..... 3

I.2.1. *Citrus maxima* ou *Citrus grandis* ..... 3

I.2.2. *Citrus paradisi* ..... 3

I.3. Historique du pomélo ..... 4

I.4. Taxonomie du *Citrus paradisi* ..... 4

I.5. Les caractères botaniques ..... 5

I.6. Composition chimique..... 5

**La mayonnaise**

II .1. Historique ..... 7

II .2. Définition ..... 7

II.3. Ingrédients de base de la mayonnaise ..... 7

II.3.1. L’huile ..... 7

II.3.2. Moutarde ..... 8

II.3.3. Jaune d’œuf ..... 8

II.3.4. Vinaigre ..... 8

II.3.5. Sel ..... 8

II.3.6. Sucre ..... 8

II.3.7. Les additifs ..... 8

II.4. Processus de production de la mayonnaise ..... 9

II.4.1. Phase grasse..... 9

II.4.2. Phase aqueuse .....	9
II .5. Valeur nutritionnelle .....	9
II.5.1. L'oxydation des lipides dans la mayonnaise .....	10
<b>Matériels et méthodes</b>	
I.1. Préparation de la matière végétale .....	12
I.2. Extraction des composés phénoliques .....	12
I.2.1. Extraction par micro-onde .....	12
I.3. Formulation de la mayonnaise avec l'incorporation d'extrait phénolique de pomélo ...	13
I.4. Détermination de quelques paramètres physico-chimiques .....	14
I.4.1. Mesure du pH .....	14
I.4.2. Indice peroxyde .....	14
I.4.3. Détermination de l'indice d'acidité .....	15
I.4.4 Taux de sel .....	15
I.4.5. Test de viscosité .....	16
I.4.6. Consistance .....	16
I.5. Evaluation de la stabilité oxydative de la mayonnaise par le test de schaal .....	16
I.6. Analyse sensorielle .....	17
I.6.1. Test triangulaire .....	17
I.6.2. Test panel expert .....	17
I.7. Analyse statistique .....	18
<b>Résultats et discussion</b>	
I.1. Analyses physicochimiques effectuées sur les mayonnaises .....	19
I.2. Evaluation de la stabilité oxydative de la mayonnaise .....	20
I.3. Evaluation d'analyse sensorielle .....	21
Conclusion et perspectives .....	24
Reference bibliographique	
Annexes	

Résumé

## **Liste des abréviations**

**PPM** : parti par million

**PH**: potentiel hydrogène

**MF0** : mayonnaise sans antioxydants.

**MF1** : mayonnaise avec 50 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo.

**MF2** : mayonnaise avec 100 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo.

**MF3** : mayonnaise avec 150 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo.

**MF4** : mayonnaise avec 100 ppm antioxydant EDTA

**Produit A** : mayonnaise de fleurial

**Produit B** : mayonnaise sans aucun enrichissement

**Produit C** : mayonnaise avec 150 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo

**EDTA** : éthylène diamine tétra acétique

**X** : mayonnaise sans extrait de fruit de pomelo

**Y** : mayonnaise sans extrait de fruit de pomelo

**Z** : mayonnaise avec 150 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo



## Liste des tableaux

Tableau I : Caractères différentiels du pomelo .....	5
Tableau II: Composition biochimique moyenne du pomélo .....	6
Tableau III: Valeur nutritionnelle pour 100 g de mayonnaise .....	10
Tableau IV: Résultats des paramètres physico-chimiques .....	19
Tableau V: Pourcentage des experts satisfaits pour chaque produit .....	21

## Liste des figures

Figure 1: Photographie de l'arbre <i>Citrus paradisi</i> .....	3
Figure 2: Photographie montrant l'aspect et la texture d'une mayonnaise .....	7
Figure 3: Protocole d'extraction des composées phénoliques par micro-ondes.....	12
Figure 4 : Photographie montrant l'extraction effectuée par micro-ondes .....	13
Figure 5: Photographie de la mayonnaise fabriquée à l'échelle laboratoire .....	13
Figure 6: Photographie montrant les échantillons dans l'étuve réglée à 60°C.....	17
Figure 7 : Suivre de l'indice de peroxyde des mayonnaises élaborées par le test de schaal. ...	20
Figure 8: Courbes de niveau et carte des préférences. ....	22

# **Introduction**

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

Selon **Harrison et Cunningham (1985)**, la mayonnaise est une émulsion semi-solide d'huile dans l'eau composée de jaune d'œuf, d'huiles végétales raffinées, de stabilisants, d'épaississants, d'arômes et d'épices. Malgré sa grande popularité pour son parfum et son goût, la mayonnaise reste l'un des produits les plus vulnérables à l'oxydation lipidique en raison de la forte teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI) de l'huile végétale. Selon **Decker, Warner et al. (2005)**, l'oxydation des lipides a un impact sur les caractéristiques gustatives et nutritionnelles, ainsi que sur la stabilité pendant le stockage de la mayonnaise.

Le pomélo appelé *Citrus paradisi* est un agrume de la famille des rutacées. C'est un hybride naturel de *Citrus maxima*, également connu sous le nom de pamplemoussier, et de *Citrus sinensis*, également connu sous le nom d'oranger (**Franchomme et al., 2001**). Originaire d'Asie, il est principalement cultivé en Chine, en Thaïlande, en Malisie, au Vietnam, en Andonisie et dans le sud du Japon. Le pomélo présente une grande richesse nutritionnelle, car il est riche en vitamine C et en diverses substances bioactives comme les composés phénoliques (**Zaizhi et al., 2016**).

De plus en plus des procédés sont développés par les industriels en utilisant des extraits de plantes et des principes actifs. Parmi ces nouveaux éléments potentiellement captivants, on retrouve les antioxydants tels que les polyphénols, qui sont largement utilisés dans l'industrie pharmaceutique, cosmétique et alimentaire en raison de leurs bienfaits sur la santé (**Chatterjee et Bhattacharjee, 2014**).

Plusieurs recherches ont déjà démontré que les extraits phénoliques et/ou les matrices végétales contenant des antioxydants naturels (comme les extraits de baies ou de pépins de raisin, la poudre de germe de sésame, la betterave, ...) ont la capacité d'améliorer la stabilité des émulsions et de retarder le processus d'oxydation (**Altunkaya, 2013, Hedegaard, 2013; Raikos, McDonagh, 2016**).

Dans cette étude, la substitution d'éthylène diamine tétra acétique acide (L'EDTA) par l'extrait optimisé par micro-ondes d'écorce de fruit pomélo dans la mayonnaise **full fat** (71% matière grasse) a été proposée. L'hypothèse proposée est que l'extrait d'écorce de pamplemousse ajouté à la mayonnaise pourra être un substituant efficace de l'antioxydant de synthèse « EDTA ».

L'objectif de ce travail est l'analyse de l'impact de l'ajout de l'extrait éthanolique de pomelo (40%), optimisé par micro-ondes, dans une préparation de mayonnaise pour suivre sa stabilité oxydative, ses propriétés gustatives et physico-chimiques pendant le stockage.

# **Généralités sur pomélo**

## I.1. Généralité sur pomelo

Le pamplemoussier du genre *Citrus*, appartient à la famille des Rutacées. Le pamplemousse fut connu et cultivé bien avant le pomelo, dont la mise en culture ne remonte qu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Originaire d'Asie, et il fut introduit à la Jamaïque au XVIII<sup>ème</sup> siècle par les Anglais ; dans beaucoup pays, ce fruit est connu sous le nom du capitaine (Shaddouck) qui l'introduisit en Amérique. Aujourd'hui, il est largement supplanté dans le monde par le pomelo (Bonmassieux, 1989).



Figure 1: Photographie de l'arbre *Citrus paradisi*

## I.2. Les espèces de pamplemoussier

### I.2.1. *Citrus maxima* ou *Citrus grandis*

*Citrus maxima* est un genre d'arbre originaire d'Asie du Sud-Est. Il s'agit du pamplemoussier authentique, qui développe de grands arbres à port ample et arrondi, pouvant atteindre 5,5 m de hauteur avec des rameaux pubescents puis épineux. Ses feuilles sont grandes, oblongues ou elliptiques, à base arrondie et à apex pointu, de couleur vert foncé et à fleurs très-grosses blanches. Ses fruits sont imposants, ils peuvent varier entre 500 g et 8 kg et ont un diamètre compris entre 10 cm et 30 cm, ils ont une forme de poire (Colombo, 2004).

### I.2.2. *Citrus paradisi*

Le *Citrus paradisi* est une variété appréciée et qui est cultivée dans tout le bassin Méditerranéen, qui est un hybride du pamplemoussier (*Citrus maxima* ou *Citrus grandis*) et l'oranger (*Citrus sinensis*). Son feuillage est dense, il forme de grands arbres pouvant atteindre

12 m de hauteur. Ses feuilles sont ovoïdes et vert foncé, ses fleurs sont grandes et généralement réunies en inflorescences axillaires : c'est de cette disposition que vient le nom anglais grapefruit « fruits réunis en grappe ». Selon Colombo (2004), le fruit est de taille assez importante, sphérique, avec une peau lisse et jaune.

### I.3. Historique du pomélo

Le terme pomelo semble être issu d'un glissement de divers noms attribués au pamplemousse. C'est un terme anglais désignant le « grapefruit », et fait référence aux fleurs puis aux fruits du pomelo qui sont disposés en grappes. Il est connu scientifiquement sous le nom de *Citrus x paradisi Macfad*, dont **paradisi**, signifie un jardin en latin.

Après l'introduction du pamplemousse dans la Barbade par le capitaine Philip Shaddock en 1649, il semble qu'une nouvelle espèce se développa spontanément vers 1750 et se répandit dans les Caraïbes, portant le nom de « petit Shaddock » en raison de sa taille plus diminuée. Ce nouveau fruit a été découvert en 1805, à la bataille de Trafalgar, quand le chirurgien des armées Napoléoniennes, le comte Odet Philippe, fut capturé par les Anglais et emmené à l'île des Bahamas. Plongé dans la botanique, il collecta un sac de graines qu'il sema une fois libéré et s'installa comme médecin à Charleston, en Caroline du Sud. Ce fut un échec, mais il répéta l'expérience lorsqu'il s'installa dans la baie de Tampa, en Floride, où le climat était beaucoup plus propice. En 1837, le botaniste *James Macfadyen* pensait que *Citrus x paradisi* était né d'une mutation naturelle de *Citrus maxima*. Ce n'est qu'en 1948 que des spécialistes des agrumes précisèrent que le pomelo était en réalité un hybride spontané entre le pamplemousse *Citrus maxima* et l'orange douce *Citrus sinensis* (Cécile, 2016).

### I.4. Taxonomie du *Citrus paradisi*

La classification botanique de pomelo est la suivante (Franchomme et al, 2001) :

- Règne : *Plantae*
- Sous-règne : *Tracheobionta*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Sous-classe : *Rosidae*
- Ordre : *Sapindales*
- Famille : *Rutaceae*



- **Sous-famille** : *Aurantioidées*
- **Genre** : *Citrus*
- **Espèce** : *Citrus paradisi*

### I.5. Les caractères botaniques

Les caractères botaniques différentiels du pomelo à savoir les caractères principales (pépins, pubescence, quartiers et poils) et secondaires (feuilles, fruits, glandes, écorce, pulpe et pépins) sont définis par **Chevalier (1950)**.

**Tableau I** : Caractères différentiels du pomelo (Chevalier, 1950)

Caractères principales	
Pubescences	Généralement limitées à la nervure du pétiole
Quartiers	Toujours fermés
Poils	Intimement serrés, pratiquement non séparables
Caractères secondaires	
Feuilles	A pétiole moyennement ailé
Fruits	Poussant en véritables grappes
Glandes	Une partie des glandes est à surface concave
Ecorce	Moyenne à très mince, assez dense
Fruits	Principalement subsphériques ou aplatis
Pulpe	Fine, bien parfumée, très juteuse, à amertume très marquée, chez certaines variétés

### I.6. Composition chimique

**Selon Morton (1987)**, des analyses réalisées en Californie, au Texas, en Floride, à Cuba et en Amérique centrale ont révélé la composition biochimique moyenne du pomélo. Les résultats sont montrés dans le Tableau II.

**Tableau II:** Composition biochimique moyenne du pomélo (Morton, 1987)

<b>Composition pour 100g</b>	<b>Pulpe</b>	<b>Jus</b>	<b>Ecorce</b>
<b>Calories (Kcal)</b>	34,4-46,4	37-42	316
<b>Humidité (g)</b>	87,5-91,3	89,2-90,4 g	17,4 g
<b>Protéines (g)</b>	0,5-1,0	0,4-0,5 g	0,4 g
<b>Lipides (g)</b>	0,06-0,20	0,1 g	0,3 g
<b>Glucides (g)</b>	8,07-11,5	8,8-10,2 g	80,6 g
<b>Fibres (g)</b>	0,14-0,77	Traces	2,3 g
<b>Cendre (g)</b>	0,29-0,52	0,2-0,3 g	1,3 g

# **Mayonnaise**

### II .1. Historique

L'histoire de l'origine de la mayonnaise contient plusieurs théories :

Parmi les différentes versions sur l'origine étymologique du mot « mayonnaise », le plus accepté concerne la création de la sauce à Mahon, la capitale de Minorque (Espagne) avec du jaune d'œuf, de l'huile et vinaigre dans sa composition ; la préparation s'appelait mahonnaise, qui fut plus tard renommée en France mayonnaise (Menezes et al., 2022).

Elle a été produite commercialement pour la première fois au début des années 1900 et est devenue populaire en Amérique de 1917 à 1927, après au Japon où les ventes ont augmenté de 21 % par an année de 1987 à 1990 (Abu-Salem et Azza A. Abou –Arab, 2008).

### II .2. Définition

La mayonnaise est l'un des produits d'assaisonnement les plus populaires, qui est utilisé dans divers plats alimentaires tels que les salades, les sandwiches, les hamburgers (Metri Ojeda et al., 2023).



Figure 2: Photographie montrant l'aspect et la texture d'une mayonnaise

### II.3. Ingrédients de base de la mayonnaise

La mayonnaise est une sauce condimentaire obtenue en émulsionnant une ou plusieurs huiles alimentaires dans une phase aqueuse constituée par du vinaigre, l'émulsion huile dans l'eau étant produite en utilisant du jaune d'œuf (Chikhi, 2019).

#### II.3.1. L'huile

La teneur en huile de la mayonnaise traditionnelle est supérieure à 65% (Hou-Pin et al., 2013), la fraîcheur initiale est d'une importance primordiale car dans la mayonnaise l'huile se trouve

exposée à de nombreuses conditions défavorables pouvant entraîner la détérioration du produit dans lequel elle se trouve. En effet, dans la mayonnaise, l'huile est en contact avec l'eau, facteur bien connu pour son action pro-oxydante, les traces métalliques apportées par les différents ingrédients (jaune d'œuf, vinaigre), les additifs ainsi que l'oxygène dissout (**Kone,2001; Yesiltas, et al., 2021**).

### **II.3.2. Moutarde**

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. Elle joue également un rôle gustatif essentiel pour obtenir une mayonnaise aromatique (**Charreau et al., 2006**).

### **II.3.3. Jaune d'œuf**

Le jaune d'œuf est utilisé dans la fabrication de la mayonnaise essentiellement pour ses propriétés émulsifiantes dues au complexe lécithine (33%)/protéine (16%) qu'il contient (**Anamaria, 2019**).

### **II.3.4. Vinaigre**

Il joue un rôle double dans la préparation de la mayonnaise : il participe à la valeur gustative du produit fini et de l'autre contribue à assurer une certaine propriété microbiologique. Au besoin et selon les goûts, le jus de citron peut être utilisé à la place du vinaigre (**Kone, 2001**).

### **II.3.5. Sel**

Le sel contribue à la saveur et à la stabilité de la mayonnaise. Il améliore le goût et agit comme un conservateur (**Gomes et al., 2017**).

### **II.3.6. Sucre**

Le sucre relève la saveur de la mayonnaise, il est ajouté principalement pour neutraliser le goût prononcé du vinaigre (**Widerström et Öhman, 2017**).

### **II.3.7. Les additifs**

Les additifs tels que les gommages et l'amidon sont utilisés pour stabiliser l'émulsion en augmentant la viscosité de la phase aqueuse (**Kone, 2001**).

## II.4. Processus de production de la mayonnaise

Etant une émulsion, deux phases sont nécessaires pour la fabrication de la mayonnaise : Une phase aqueuse et une phase grasse. Toutes les opérations de fabrication (mélange des ingrédients, formation d'émulsion pendant l'homogénéisation, conditionnement) sont effectuées à froid.

### II.4.1. Phase grasse

La phase grasse est constituée de l'huile dont les proportions sont définies selon la recette ainsi que des auxiliaires de fabrication qui y sont solubles tels que : l'émulsifiant, les vitamines, 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 (Kone, 2001).

### II.4.2. Phase aqueuse

La phase aqueuse est constituée de l'eau et du vinaigre ainsi que des additifs qui y sont solubles tels que : le sel, le sucre, les arômes, les conservateurs, etc. Elle se prépare de la manière suivante sous vide :

- Introduire la phase aqueuse et le jaune d'œuf dans la cuve ;
- Lancer le broyeur colloïdal en le retournant dans la cuve.
- Introduire, en petites quantités au départ, la phase huileuse ;
- Augmenter progressivement la quantité de la phase huileuse à ajouter au fur et à mesure que l'émulsion commence à devenir visqueuse.

## II .5. Valeur nutritionnelle

Le tableau suivant présente l'apport énergétique en calories dans 100 gde 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.

**Tableau III** : Valeur nutritionnelle pour 100gr de mayonnaise (**Règlement UE. 2011 ; Norme entreprise, 2019**).

<b>Composant</b>	<b>Concentration pour 100 g</b>
Lipides	71 g
Acides gras saturés	4,33g
Glucides	2,21 g
Protéines	0,85 g
Sel	1,5 g
Vitamine E	54,48 mg

### **II.5.1. L'oxydation des lipides dans la mayonnaise**

L'auto-oxydation des graisses insaturées et polyinsaturées présentes dans l'huile peut entraîner des altérations dans les émulsions alimentaires contenant de grandes quantités de matières grasses, telles que la mayonnaise (**Merkx et al., 2021**), selon **Depree et Savage (2001)**, l'auto-oxydation se déroule en trois étapes : initiation, propagation et fini.

- **L'initiation** : Au cours de cette étape, une énergie externe, comme la lumière, agit sur la graisse insaturée en présence de catalyseurs tels que les ions de métaux lourds, afin de générer des radicaux libres.
- **La propagation** : Durant cette étape les radicaux libres réagissent avec l'oxygène moléculaire pour former des radicaux peroxydes. Ceux-ci peuvent alors catalyser la formation d'autres radicaux libres ou se décomposer en aldéhydes, cétones et alcools.
- **La terminaison** : Une fois que la quantité de composés réactifs est suffisante, ils réagissent ensemble pour créer des composés qui confèrent au produit son goût typique de "rance".

L'oxydation des lipides est une cause majeure de la détérioration de la qualité de la mayonnaise (la saveur, l'arôme, la couleur et la valeur nutritive) la stratégie la plus courante pour retarder l'oxydation des lipides est l'utilisation d'antioxydants (**Ghorbani Gorji et al., 2019**).

### ▪ Cas de la mayonnaise

Dans les émulsions formées d'huile et d'eau, les réactions d'oxydation des lipides sont généralement initiées à l'interface entre l'huile et l'eau, où les pro-oxydants de la phase continue sont capables d'entrer en contact étroit avec les hydro-péroxydes situés à la surface des gouttelettes. L'oxydation des lipides dans la mayonnaise entraîne le développement de produits de réaction potentiellement toxiques (**Coupland et McClements, 1996**), de saveurs indésirables et diminue par conséquent la durée de conservation de la mayonnaise. Afin de s'attaquer au problème de l'oxydation des lipides, différentes stratégies telles que l'élimination des facteurs favorisant l'oxydation des lipides et l'utilisation d'antioxydants sont nécessaires. L'efficacité d'un antioxydant est influencée par différents facteurs tels que son interaction avec d'autres ingrédients et sa capacité à se situer à l'interface, là où l'oxydation a lieu (**Coupland et McClements, 1996**). L'hydroxytoluène butylé (BHT), l'hydroxyanisolebutylé (BHA) et l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) (antioxydants commerciaux) sont couramment employés dans la mayonnaise afin d'éviter le rancissement. Mais ces produits sont perçus de manière négative en raison de leurs effets toxiques et cancérigènes à des concentrations élevées.



# **Matériels et méthodes**

## I.1. Préparation de la matière végétale

Les échantillons de pomélo utilisés dans cette étude ont été procurés à partir du marché local dans la région de Bejaïa (Algérie). Après avoir nettoyé et coupé l'échantillon, nous avons procédé au séchage à 40°C jusqu'à la stabilisation du poids de l'échantillon. Celui-ci consiste à réduire l'humidité ou à éliminer l'eau en exposant l'échantillon à l'air libre ou à la chaleur. Le processus de déshydratation par séchage à l'étuve est plus rapide que le séchage à l'air libre, ce qui diminue le risque de contamination. Après le séchage, les écorces sont broyées à l'aide d'un moulin à café électrique afin d'obtenir une poudre fine. Cette dernière est tamisée à l'aide d'un tamiseur électrique, des particules dont la taille est inférieure à 0,25µm ont été obtenues, puis conservées dans des boucaux en verre bien fermés, étiquetés et stockés à l'abri de la lumière pour les prochaines utilisations.

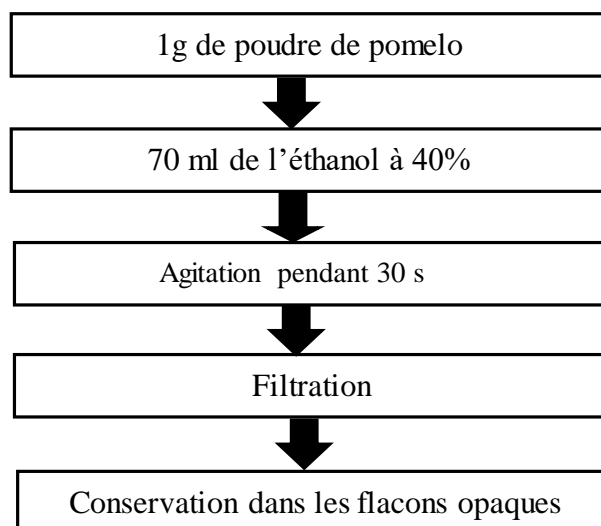
## I.2. Extraction des composés phénoliques

Quand une matrice est en contact avec un solvant, les composants solubles migrent vers le solvant ; ainsi, l'extraction est due au transfert de matière du principe actif de la matrice vers le solvant selon un gradient de concentration (Handa et al., 2008).

### I.2.1. Extraction par micro-onde

Les micro-ondes constituent une méthode efficace de chauffage des matériaux non conductibles. Les micro-ondes induisent de la chaleur à l'intérieur des matériaux en excitant les molécules et en les faisant entrer en rotation (Macgrogan et al., 2007).

➤ Mode opératoire :



**Figure 3:** Protocole d'extraction des composées phénoliques par micro-ondes



**Figure 4 :** Photographie montrant le dispositif d'extraction par micro-ondes

### I.3. Formulation de la mayonnaise avec l'incorporation d'extrait phénolique de pomélo

La préparation de la mayonnaise a été préparée à l'échelle laboratoire (CEVITAL Agro-industrie), en suivant le schéma de fabrication de la mayonnaise spécifié à l'échelle standard (**Norme entreprise, 2019**), avec addition de l'extrait de l'écorce de pomelo. La composition de la recette comprend les éléments suivants : huile de colza, jaune d'œuf liquide, sucre cristallin, eau, vinaigre, moutarde et sel.

Quatre échantillons ont été préparés avec différents taux d'enrichissements :

- Echantillon 1 : mayonnaise témoin sans aucun enrichissement ;
- Echantillon 2 : mayonnaise avec 150 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomélo ;
- Echantillon 3 : mayonnaise avec 100ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomélo ;
- Echantillon 4 : mayonnaise avec 50 ppm de d'extrait sec d'écorce de fruit de pomélo.



**Figure 4:** Photographie de la mayonnaise fabriquée à l'échelle laboratoire

Les échantillons préparés ont été conservés dans des bocaux en verre avec des couvercles à fermeture hermétique au frais jusqu'à son utilisation.

### I.4. Détermination de quelques paramètres physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques (pH, viscosité, acidité titrable, l'indice de peroxyde ; la teneur en sel et la consistance) ont été réalisées au sein de laboratoire de l'unité Cevital.

#### I.4.1. Mesure du pH

**Principe** : La détermination du pH consiste à la mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'un produit.

**Mode opératoire** : La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique en introduisant l'électrode dans la mayonnaise à analyser. La lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil après stabilisation de la valeur affichée (Afnor 1982).

#### I.4.2. Indice peroxyde

L'indice de peroxyde (IP) représente la quantité d'oxygène libérée chimiquement à un acide gras ou à des chaînes organique d'un corps gras sous forme de peroxyde. La valeur de peroxyde est exprimée en milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme d'huile (meq d'O<sub>2</sub> /Kg).

##### ➤ Protocole

A 5g d'huile sont ajoutés à 12 ml de chloroforme, 18 ml d'acide acétique et 1 ml d'iodure de potassium. La solution est agitée puis gardée à l'abri de la lumière pendant 1 min, ensuite 75 ml d'eau distillée sont ajoutés le tout est agité vigoureusement en présence d'empois d'amidon, puis titré avec le thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 0,01N, un blanc (sans l'huile) est préparé.

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$IP \text{ (Meq O}_2\text{/kg)} = V_{\text{chute}} \times 2$$

**IP** : Indice de peroxyde exprimé en meq.O<sub>2</sub> /Kg

**V** : Volume de thiosulfate de sodium ajouté

### I.4.3. Détermination de l'indice d'acidité

L'acidité correspond principalement à la présence des acides organiques et minéraux présents dans un produit. Son principe est basé sur le titrage de l'acidité par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH alcaline en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré. Une quantité d'échantillon (10g) est additionnée à 100 ml d'eau distillée, la solution obtenue est homogénéisée. Pour déterminer l'acidité de chaque échantillon, quelques gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées à la solution préparée, le titrage est effectué avec une solution de NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition du virage de couleur (**Afnor 1982**).

L'acidité selon la formule suivante :

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

V : Volume de chute de burette en ml

PE : Masse de la prise d'essai g

M : Masse molaire de NaOH 64g / Mol

N : Normalité à 0,1N

### I.4.4 Taux de sel

La mayonnaise est d'abord fondue dans de l'eau bouillante puis les chlorures sont titrés avec une solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) en présence de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) comme indicateur coloré selon la méthode de **MOHR**. La méthode est basée sur la réaction entre les ions d'argent et le chlore qui permet la formation d'un précipité de chlorure d'argent.

Au point d'équivalence, une faible concentration en ion  $\text{Ag}^+$  provoque la coloration du rouge brique du  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

#### o Mode opératoire

1g d'échantillon est pesé dans un erlenmeyer puis additionnée de 100 ml d'eau distillée bouillante. Ensuite sous agitation, 2 ml de solution de chromate de potassium sont ajoutés. L'ensemble est titré avec une solution de nitrate d'argent jusqu'au virage à la couleur rouge brique persistante pendant 30 s. Le taux de sel est calculé selon la méthode suivante :

$$\text{NaCl \%} = \frac{V(\text{ml}) \times N \times 5.85}{PE}$$

V : Volume de chute de burette en ml ; N : Normalité d'AgNO<sub>3</sub> 0.1N, ; PE : Prise de masse.

### I.4.5. Test de viscosité

C'est une grandeur physique qui exprime la capacité d'un corps à s'opposer au cisaillement. C'est un paramètre important de la qualité de la plupart des produits, elle exprime la résistance d'un liquide à l'écoulement uniforme et sans turbulence (Véronique ollivier, 2015).

### I.4.6. Consistance

La consistance est représentée par la distance en centimètre (cm) parcourue par l'échantillon en 30s tout au long d'un canal sous l'effet de la gravité (Animasaun, 2015). L'échantillon de mayonnaise est versé dans le consistomètre de Bostwick à niveau après avoir mis la bulle de niveau au milieu. Le crochet de bostwick est lâché en actionnant le chronomètre. Au bout de 30s, la valeur est affichée sur la graduation de bostwick.

## I.5. Evaluation de la stabilité oxydative de la mayonnaise par le test de Schaal

Les oxydations représentent les principales altérations des matières grasses insaturées, aboutissant à leur rancissement oxydatif. Selon les mécanismes réactionnels mis en œuvre, les oxydations sont subdivisées en au-oxydation, photo oxydation et oxydation enzymatique (Zidani, 2008).

La stabilité oxydative a été évaluée également par le test Schaal pour mesurer l'activité antioxydante de l'extrait d'écorce de fruit de pomélo contre l'oxydation des lipides par la méthode à l'étuve (Anwar et al., 2006).

- **Principe**

Son principe consiste à suivre l'oxydation des mayonnaises étudiées dans une étuve réglée à 60 °C pour une durée d'un mois (voir la figure 06). L'oxydation est étudiée par une cinétique d'oxydation basée sur la mesure de l'indice de peroxyde sur des prélèvements faits chaque dix jour pendant une période de 30 jours.

- **Mode opératoire**

- placer 90 g de la mayonnaise formulée dans des boites en verre scellé,
- stocker les flacons dans une étuve réglée à  $60 \pm 2$  ° C pendant 30 jours,
- Mesure de l'indice de peroxyde chaque dix jour pour une période de 30 jours.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en mesurant l'indice de peroxyde en utilisant le protocole décrit déjà dans ce chapitre.



**Figure 6 : Photographie montrant les échantillons dans l'étuve réglée à 60°C**

### **I.6. Analyse sensorielle**

Une évaluation sensorielle du goût et de l'odeur des mayonnaises ont été réalisées pour simuler leur acceptation par les consommateurs. Test du triangle et test panel expert.

Les normes AFNOR définissent l'évaluation sensorielle comme une méthode scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réponses à des produits tels qu'ils sont perçus par les sens de la vue, de l'odorat, du toucher, du goût et de l'audition ». Ainsi, l'analyse sensorielle d'un produit fini ou, en amont, d'un matériau, décrit l'ensemble de ses propriétés dites organoleptiques. Cette analyse suivant un protocole expérimental parfaitement codifié à l'aide d'un panel de personnes **AFNOR BP X10-041, (2004)**.

#### **I.6.1. Test triangulaire**

Est une méthode couramment utilisée en analyse sensorielle pour détecter des différences sensorielles, elle consiste à présenter deux produits dans l'un est répété deux fois (**ISO 4120 : 2004**).

#### **I.6.2. Test panel d'expert**

Est un groupe de personne qui, grâce à ses connaissances et à ses expériences, possède les compétences nécessaires pour donner leur avis dans les domaines sur lesquels elle est formée et consultée (**AFNOR BP X10-041, 2004**).

### **I.7. Analyse statistique**

Les résultats sont été exprimés sous forme : moyenne  $\pm$ écart-type, coefficient de variation. Des comparaisons statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel statistica. Les valeurs de l'analyse sensorielle ont été calculées en utilisant à l'aide de XL STAT-XM, est conçu pour l'analyse sensorielle. XLSTAT permet d'utiliser des techniques de statistique, d'analyse des données et de modélisation mathématiques sans quitter Microsoft Excel. Et il comprend plusieurs fonctionnalités :

- ✓ Test de caractérisation du produit.
- ✓ Cartographie des préférences externes.



# **Résultats et discussion**

### I.1. Analyses physicochimiques effectuées sur les mayonnaises

Les résultats des analyses physicochimiques obtenus sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IV** : Résultats des paramètres physico-chimiques

	150ppm	100ppm	50ppm	Témoin (sans extrait)	Mayonnaise Fleurial (Full fat)
PH	2,98±0.01	2,96±1.02	2,98±0.01	2,99±0.03	3,30±0.01
Acidité g/100 g	0,37±0.03	0,41±0.02	0,37±0.03	0,41±0.04	0,40±0.01
Taux de sel %	1,65±0.04	1,60±0.03	1,60±0.03	1,65±0.04	1,5±0.01
Viscosité (cp)	652000	653000	652000	653000	654000

D'après les résultats obtenus, les mayonnaises préparées à base de l'extrait l'écorce de pomelo ont présenté des pH légèrement faible (2,96±0.02 et 2,98±0.01) comparés à celui de la mayonnaise témoin sans antioxydant (2,99±0.03), mais il se rapproche de celui de la mayonnaise fleurial (3,30±0.01).

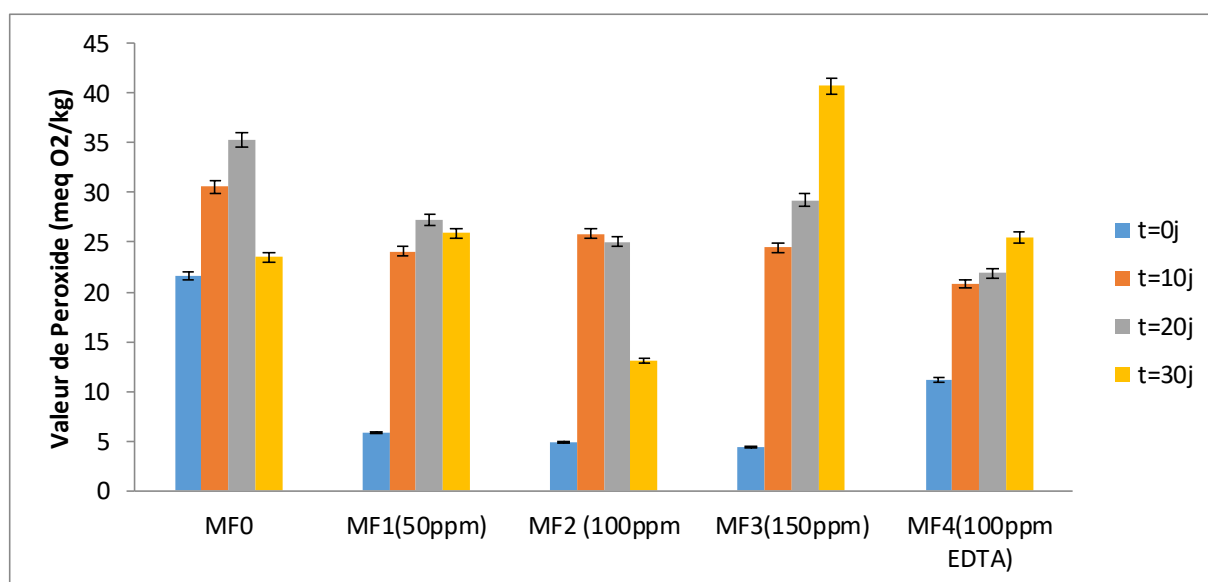
Pour l'acidité, les mayonnaises préparées ont présenté des valeurs (0.37±0.03 et 0.41±0.04) conformes aux normes internes de l'entreprise. En revanche, l'acidité dépend principalement de la recette, de la préférence et de la culture de la population à laquelle le produit est destiné.

Le sel joue un rôle crucial en tant qu'additif gustatif et élément clé de la mayonnaise. On l'utilise à une dose précise car il contribue à la fois à la saveur et à la stabilisation de la mayonnaise. Selon **Depree et Savage (2001)**, il a été ajouté pour augmenter la sapidité lors de la consommation, ralentir le développement de certains micro-organismes et prolonger la durée de conservation. D'après les résultats obtenus on observe que le taux de sel est un peu élevé (1,65-1,60) par rapport à celui de la mayonnaise Fleurial (1,5).

Dans la plupart des cas, la mayonnaise se conserve relativement longtemps, avec une durée de conservation de plus d'un an, sans changer de goût. Cette stabilité à long terme est due à sa viscosité élevée, qui découle du tassement serré des gouttelettes. Toutefois, la cinétique et le mécanisme détaillé de déstabilisation de la mayonnaise n'est pas complètement élucidé. Selon (**Katsaros 2020**), la viscosité représente l'épaisseur unitaire du milieu de dispersion dans un système d'émulsion.

## I.2. Evaluation de la stabilité oxydative de la mayonnaise

L'oxydation des lipides pourrait être une cause majeure de l'instabilité des mayonnaises, ce qui entraîne la formation de matières toxiques, de goûts et d'odeur désagréables. Cela diminue la durée de conservation, la sécurité et l'acceptabilité des consommateurs des mayonnaises commerciales. L'indice de peroxyde est utilisé afin de mesurer les niveaux des produits initiaux (peroxyde et hydroperoxyde) de l'oxydation des lipides. Selon **Asnaashari et al. (2015)**, ces premiers produits représentent le signe de l'oxydation initiale et du rancissement. La stabilité oxydative de la phase lipidique extraite des échantillons de mayonnaise pendant le stockage a été suivie, comme illustré dans la figure 7 :



**Figure 7** : Suivre de l'indice de peroxyde des mayonnaises élaborées par le test de schaal.

**MF0** : mayonnaise sans antioxydants.

**MF1** : mayonnaise avec 50 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo.

**MF2** : mayonnaise avec 100 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo.

**MF3** : mayonnaise avec 150 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo.

**MF4** : mayonnaise avec 100 ppm antioxydant EDTA.

Les quatre échantillons de mayonnaise ont connu une augmentation de l'indice de peroxyde au fil du stockage, atteignant leurs valeurs les plus élevées après 3 semaines de stockage.

Il a été noté d'après nos résultats que l'indice de peroxyde évalué au jour 0 était compris entre 4,34-5,84 mg eq O<sub>2</sub> actif/kg pour toutes les margarines élaborées MF1, MF2 et MF3.

Ces dernières ont présenté des valeurs plus fraîches en indice de peroxyde par rapport à la mayonnaise MF0 (sans antioxydant) et MF4 (mayonnaise standard). Après 10 jours, l'indice de peroxyde de la mayonnaise sans antioxydants (MF0) a augmenté par rapport aux mayonnaises contenant des antioxydants naturels et l'EDTA, respectivement. Cela est dû à l'évolution du processus d'oxydation des lipides et à la génération des produits d'oxydation primaires (Angelo & Jorge, 2008).

Après 20 jours, les concentrations de peroxyde pour le MF1, MF2 et MF4 ont baissé, respectivement. Ceci implique que le taux maximal de composés d'oxydation primaires a été obtenu après 10 jours (Asnaashari et al., 2015), puis ces derniers ont été dégradés et des produits d'oxydation secondaires ont été produits.

Même après 30 jours d'incubation dans l'étuve, la production maximale d'hydroperoxydes n'a pas été affectée pour la mayonnaise enrichie avec extrait de pomelo, ce qui suggère qu'elle est encore en phase d'oxydation primaire par rapport aux autres échantillons. Ceci démontre que l'enrichissement de la mayonnaise par les antioxydants naturels (extrait d'écorce du pomelo) a amélioré la stabilité oxydative de la mayonnaise en réduisant l'oxydation des lipides.

### I.3. Evaluation d'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été effectuée par deux tests : un test triangulaire réalisé dans le but de déterminer s'il y a des différences perceptibles entre les échantillons de mayonnaise élaborés et un test avec un panel expert. L'évaluation sensorielle permet non seulement de valider la conformité sensorielle des produits alimentaires, mais également de connaître leurs caractéristiques et la satisfaction des consommateurs. C'est pour cette raison que les industries utilisent cette analyse pour répondre davantage à l'attente du consommateur.

#### ➤ Teste panel expert :

Le tableau ci-dessous montre le pourcentage de satisfaction des experts pour chaque produit.

**Tableau V : Pourcentage des experts satisfaits pour chaque produit**

Objet	%
Produit A	100
Produit B	80
Produit C	100

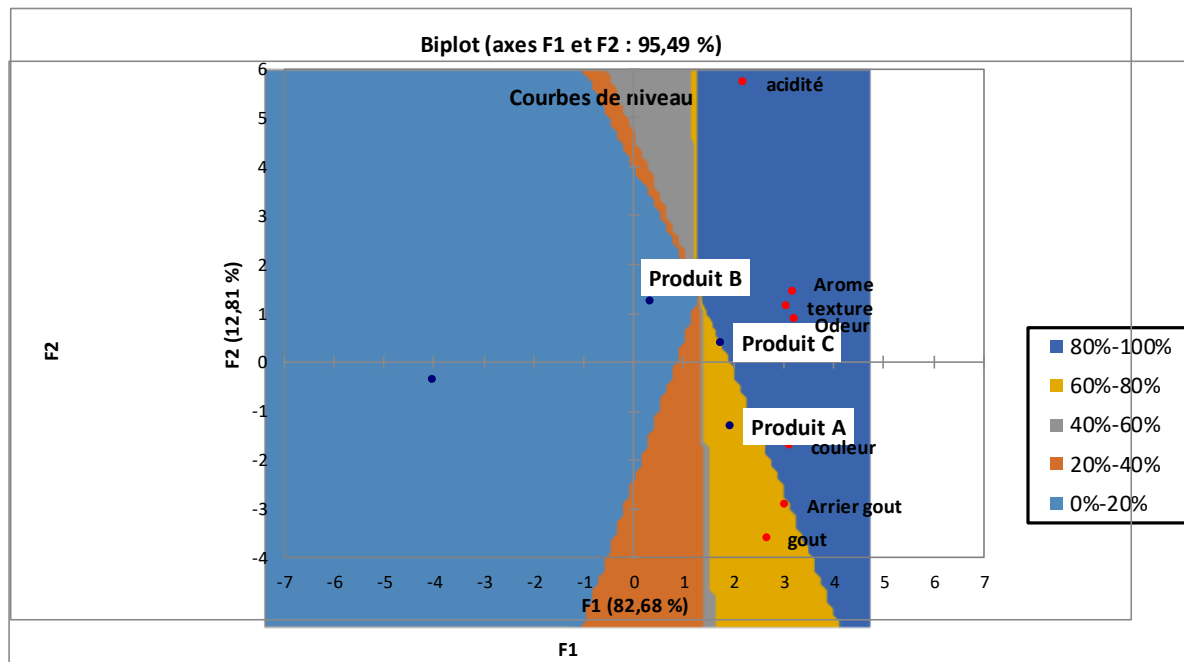
**Produit A** : mayonnaise de fleurial

**Produit B** : mayonnaise sans aucun enrichissement

**Produit C** : mayonnaise avec 150 ppm d'extrait sec d'écorce de fruit de pomelo

Ces résultats montrent que le goût des échantillons A et C était acceptable à 100% et que la mayonnaise B est moins préférée (80%).

Ces résultats sont confirmés dans la figure 8 et qui montrent que les mayonnaises A et C sont les plus préférées par les le jury, avec un pourcentage de préférence allant 100% des juges. Nous voyons clairement aussi que la mayonnaise C est caractérisée beaucoup plus par sa forte consistance et sa couleur jaune claire et son odeur agréable. La mayonnaise B est caractérisée par sa forte acidité, et sa forte intensité d'odeur, (flaveur de vinaigre) car c'est une mayonnaise sans extrait.



**Figure 8** : Courbes de niveau et carte des préférences.

➤ **Teste triangulaire :**

D'après les résultats obtenus suit au calcul à partir de la formule du test triangulaire ( $\mu$ ) avec une valeur  $\mu=1.335$  qui est inférieure à 1.1.65 donc cela signifie qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux produits avec une erreur de 5% ( $p \leq 0.05$ ). Cela suggère que les

deux produits sont assez similaires du point de vue sensoriel et que les dégustateurs ne devraient pas percevoir une distinction notable entre eux (Depledt et al., 2009).

# Conclusion

### Conclusion

Les extraits naturels des plantes sont une source importante d'antioxydants naturels, malheureusement ils restent encore non exploités dans le domaine de l'agroalimentaire.

L'objectif de ce travail était de préparer une mayonnaise enrichie avec l'extrait phénolique de l'écorce de pomelo (dans le cadre de la valorisation des sous-produits de pomelo), d'évaluer l'effet de cet enrichissement sur certains paramètres physicochimiques (le potentiel hydrogène, le pH, l'acidité, l'indice de peroxyde, les taux de sel, viscosité), la stabilité oxydative de la mayonnaise nouvellement formulée (pendant 1 mois à 60°C), et les caractéristiques organoleptiques des échantillons de mayonnaise : MF0 (sans extrait), MF1 (50ppm) et MF2 (150PPM), MF3 (50ppm), MF4 (EDTA).

Nous avons noté en premier lieu que les analyses physico-chimiques des mayonnaises enrichies sont conformes aux normes. D'autre part, les mayonnaises élaborés avec les trois concentrations différentes de l'extrait phénolique de pomélo ont montré une meilleure réponse à tous les tests. Les résultats du suivi de l'indice de peroxyde pendant les 30 jours, ont indiqué que les produits formulés étaient plus résistants à l'oxydation que les échantillons témoins, ce qui témoigne de l'efficacité antioxydant de l'extrait phénolique de pomelo.

Les résultats de l'analyse sensorielle teste panel expert ont démontré que les dégustateurs ont apprécié les échantillons de mayonnaise (enrichis et non enrichis) en fonction des critères étudiés (couleur, texture, gout et odeur).

D'après les résultats du test triangulaire en conclu que les deux produits de mayonnaise sont suffisamment similaires sur le plan sensoriel. Cela signifie que les dégustateurs ne devraient pas percevoir de distinction notable entre les deux versions lorsqu'ils les évaluent sur la base des caractéristiques sensorielles analysées. Cette conclusion est importante pour évaluer la qualité et la perception des produits par les consommateurs.

Comme perspectives, il est souhaitable de poursuivre cette étude en déterminant la concentration optimale de l'extrait phénolique de pomelo en utilisant les plans de mélange.



# **Références bibliographiques**

A

- Angelo, P. M., & Jorge, N. (2008). Antioxidant evaluation of coriander extract and ascorbyl palmitate in sunflower oil under thermoxidation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 1045-1049.
- Animasaun, D. A., Oyedeji, S., Azeez, Y. K., Mustapha, O. T., & Azeez, M. A. (2015). Genetic variability study among ten cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) using morpho-agronomic traits and nutritional composition.
- Abu-Salem, F. M., & Abou-Arab, A. A. (2008). Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Grasas y aceites*, 59(4), 352-360.
- Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Brimer, L., Gökmen, V., & Skibsted, L. H. (2013). Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food & function*, 4(5), 722-727.
- Anamaria, M. (2019). The influence of different factors on the quality of mayonnaise.
- Asnaashari, A., Brossier, R., Garambois, S., Audebert, F., Thore, P., & Virieux, J. (2015). Time-lapse seismic imaging using regularized full-waveform inversion with a prior model: Which strategy?. *Geophysical prospecting*, 63(1), 78-98.
- Asnaashari, M., Tajik, R., & Khodaparast, M. H. H. (2015). Antioxidant activity of raspberry (*Rubus fruticosus*) leaves extract and its effect on oxidative stability of sunflower oil. *Journal of food science and technology*, 52, 5180-5187.
- Afnor Ø. 1982. Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. AFNOR: 325.
- Avramescu, A. M., Bazzaro, F., Mahdjoub, M., Sagot, J. C., & Simion, I. (2014). Elaboration d'une approche d'analyse sensorielle tactile des matériaux bio-sources. *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*.

B

- Baigts-Allende, D. K., Pérez-Alva, A., Metri-Ojeda, J. C., Estrada-Beristain, C., Ramírez-Rodrigues, M. A., Arroyo-Silva, A., & Ramírez-Rodrigues, M. M. (2023). Use of Hibiscus sabdariffa by-Product to Enhance the Nutritional Quality of Pasta. *Waste and Biomass Valorization*, 14(4), 1267-1279.

- Bonnassieux, Y. (1989). *L'apprentissage sur le tas dans le secteur informel. Menuiseries togolaises d'abidjan* (Doctoral dissertation, Paris 8).

### C

- Charreau, J., Gilder, S., Chen, Y., Dominguez, S., Avouac, J. P., Sen, S., ... & Wang, W. (2006). Magnetostratigraphy of the Yaha section, Tarim Basin (China): 11 Ma acceleration in erosion and uplift of the Tian Shan mountains. *Geology*, *34*(3), 181-184.
- Chatterjee, B. K., Bhattacharjee, K., Dey, A., Ghosh, C. K., & Chattopadhyay, K. K. (2014). Influence of spherical assembly of copper ferrite nanoparticles on magnetic properties: orientation of magnetic easy axis. *Dalton transactions*, *43*(21), 7930-7944.
- Chevalier, A. (1950). On the origin of the cultivated *Digitaria*. *Revue de Botanique Appliquee*, *30*, 329-30.
- Chikhi, M., & Diebolt, C. (2019). Testing Nonlinearity through a Logistic Smooth Transition AR Model with Logistic Smooth Transition GARCH Errors. *Document de Travail*, (2019-06).
- Coupland, J. N., Weiss, J., Lovy, A., & McCLEMENTS, D. J. (1996). Solubilization kinetics of triacyl glycerol and hydrocarbon emulsion droplets in a micellar solution. *Journal of food science*, *61*(6), 1114-1117.
- Colombo, J., Kannass, K. N., Jill Shaddy, D., Kundurthi, S., Maikranz, J. M., Anderson, C. J., ... & Carlson, S. E. (2004). Maternal DHA and the development of attention in infancy and toddlerhood. *Child development*, *75*(4), 1254-1267.

### D

- Darrene, L. N., & Cecile, B. (2016). Experimental models of oral biofilms developed on inert substrates: a review of the literature. *BioMed research international*, *2016*(1), 7461047.
- Decker, E. A., Warner, K., Richards, M. P., & Shahidi, F. (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(10), 4303-4310
- Depree, J. A., & Savage, G. P. (2001). Physical and flavour stability of mayonnaise. *Trends in Food Science & Technology*, *12*(5-6), 157-163.
- Depledt, F. (2009). *Évaluation sensorielle : manuel méthodologique*. Lavoisier Tec & Doc.

**F**

- Franchomme, P., Jollois, R., & Penoel, D. (2001). Aromatherapy Exactly: Encyclopedia of the therapeutic use of aromatic extracts, Ed. *Roger Jollois*.
- Franchomme, A., & Best, H. (2001). Variations für Violoncello und Klavier, G-Dur Op. 4. (*No Title*).

**G**

- Gautier, E. L., Shay, T., Miller, J., Greter, M., Jakubzick, C., Ivanov, S., ... & Randolph, G. J. (2012). Gene-expression profiles and transcriptional regulatory pathways that underlie the identity and diversity of mouse tissue macrophages. *Nature immunology*, *13*(11), 1118-1128.
- Ghorbani Gorji, S., Calingacion, M., Smyth, H. E., & Fitzgerald, M. (2019). Comprehensive profiling of lipid oxidation volatile compounds during storage of mayonnaise. *Journal of food science and technology*, *56*, 4076-4090.

**H**

- Handa, S. S. (2008). An overview of extraction techniques for medicinal and aromatic plants. *Extraction technologies for medicinal and aromatic plants*, *1*(1), 21-40.
- Hou, P., Cannon, F. S., Brown, N. R., Byrne, T., Gu, X., & Delgado, C. N. (2013). Granular activated carbon anchored with quaternary ammonium/epoxide-forming compounds to enhance perchlorate removal from groundwater. *Carbon*, *53*, 197-207.

**K**

- Kone, B. C. (2001). Molecular biology of natriuretic peptides and nitric oxide synthases. *Cardiovascular research*, *51*(3), 429-441.
- Katsaros, G., Tsoukala, M., Giannoglou, M., & Taoukis, P. (2020). Effect of storage on the rheological and viscoelastic properties of mayonnaise emulsions of different oil droplet size. *Heliyon*, *6*(12).

**L**

- Herve, T., Raphaël, K. J., Ferdinand, N., Laurine Vitrice, F. T., Gaye, A., Outman, M. M., & Willy Marvel, N. M. (2018). Growth performance, serum biochemical profile, oxidative status, and fertility traits in male Japanese quail fed on ginger (*Zingiber officinale*, roscoe) essential oil. *Veterinary Medicine International*, *2018*(1), 7682060.

- Harrison, L. J., & Cunningham, F. E. (1985). Factors influencing the quality of mayonnaise: a review. *Journal of food quality*, 8(1), 1-20.

### M

- Morton, J. F. (1987). *Fruits of warm climates*. JF Morton.
- McBride, M. J., Pope, S. R., Hu, K., Okafor, C. D., Balskus, E. P., Bollinger Jr, J. M., & Boal, A. K. (2021). Structure and assembly of the diiron cofactor in the heme-oxygenase-like domain of the N-nitrosourea-producing enzyme SznF. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(4), e2015931118.
- Mammadova-Bach, E., Ollivier, V., Loyau, S., Schaff, M., Dumont, B., Favier, R., ... & Jandrot-Perrus, M. (2015). Platelet glycoprotein VI binds to polymerized fibrin and promotes thrombin generation. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 126(5), 683-691.

### R

- Raikos, V., McDonagh, A., Ranawana, V., & 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), 191-198.
- Règlement, U. E. (2011). No. 10/2011 de la commission du 14 Janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destiné à entrer en contact avec les denrées alimentaires. *J. officiel de l'Union européenne*.

### W

- Widerström, E., & Öhman, R. (2017). Mayonnaise: quality and catastrophic phase inversion.

### Y

- Yesiltas, B., García-Moreno, P. J., Sørensen, A. D. M., Caindec, A. M. S., Hyldig, G., Anankanbil, S., ... & Jacobsen, C. (2021). Enrichment of mayonnaise with a high fat fish oil-in-water emulsion stabilized with modified DATEM C14 enhances oxidative stability. *Food Chemistry*, 341, 128141.
- You, Z., Zhang, Q., & Miao, X. (2016). Increasing DNA content for cost-effective oil production in *Parachlorella kessleri*. *Bioresource technology*, 285, 121332.

# **Annexes**

## Annexes I

## Analyse sensorielle d'une mayonnaise (panel expert)

Nom :.....

Date :.....

Prénom :.....

Trois échantillons de mayonnaise codés A1, A2, A3 sont présentés, il vous est demandé de les goûter et d'attribuer une note de 1 à 3 chaque échantillon selon l'échelle présentée ci-dessous :

## 1) Intensité de la couleur jaune :

1. Jaune très claire
2. Jaune claire
3. Jaune moyenne
4. Jaune foncée
5. Jaune très foncée

A1	A2	A3

## 2) L'intensité de l'odeur (flairer seulement) :

1. Très faible
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte

A1	A2	A3

## 3) L'intensité de l'arôme (sensation en bouche) :

1. Très faible
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte

A1	A2	A3

**4)Le gout salé :**

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Intense
5. Fortement intense

A1	A2	A3

**5) le gout acide :**

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Intense
5. Fortement intense

A1	A2	A3

**6) Arrière-gout**

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Intense
5. Fortement intense

A1	A2	A3

**7) consistance de la mayonnaise :**

1. Très faible
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte



A1	A2	A3

**8) Appréciation globale :**

Attribuer une globale de 1 à 9 pour chaque échantillon, sachant que :

- Correspond à l'échantillon le moins préféré
- 9 au plus préféré

Echantillon	A1	A2	A3
Note			

## Annexe II

### Evaluation sensorielle d'une mayonnaise (Triangulaire)

Nom :.....

Date :.....

Prénom :.....

#### 1. Teste de l'odeur

Trois échantillons de mayonnaise codés X,Y,Z vous présentés dont 2 échantillons présentent une odeur identique, il vous demandé de cocher la case correspondant au produit qui présente une odeur différente.

X	Y	Z

#### 1. Teste du gout

Trois échantillons de mayonnaise codés X,Y,Z vous présentés dont 2 échantillons présentent un gout identique, il vous demandé de cocher la case correspondant au produit qui présente un gout différent.

Y	X	Z

## Résumé

Cette étude avait pour objectif de valorisation de l'écorce de pomelo et son application dans la mayonnaise, pour attribuer la stabilité oxydative. L'extraction a été effectuée par micro-onde et l'éthanol (40%) a été utilisé comme solvant. La mayonnaise a été préparée en utilisant des concentrations de 150,100 et 50ppm d'extrait de l'écorce de pomelo. Des différentes analyses physicochimiques et sensorielle a été effectuée. L'évaluation de la stabilité oxydative réalisée par l'indice de peroxyde pendant 30 jours, ont montré que la mayonnaise a 150ppm a meilleur effet protecteur vis à vis de l'oxydation par rapport à celle du témoin. Les résultats de l'analyse sensorielle ont montré l'appréciation de l'ensemble des dégustateurs des échantillons de mayonnaise enrichis pour la couleur, l'aspect et l'odeur. Cependant les échantillons A et C sont les plus appréciés pour le goût et la texture.

**Mots clés :** Ecorce de pomelo, mayonnaise, caractéristiques physicochimiques, antioxydants, analyse sensorielle.

## Abstract

This study aimed to valorize pomelo peel and its application in mayonnaise, to attribute oxidative stability. The extraction was carried out by microwave and ethanol (40%) was used as solvent. The mayonnaise was prepared using concentrations of 150,100 and 50ppm of pomelo peel extract. Different physicochemical and sensory analyzes were carried out. The evaluation of oxidative stability carried out by the peroxide index for 30 days showed that mayonnaise at 150ppm had a better protective effect against oxidation compared to that of the control. The results of the sensory analysis showed the appreciation of all the tasters of the mayonnaise samples enriched for color, appearance and smell. However, samples A and C are the most appreciated for taste and texture.

**Key words:** Pomelo peel, mayonnaise, physicochemical characteristics, antioxidants, sensory analysis.

## ملخص

هذه الدراسة كان الهدف منها تثمين قشر الجريب فروت واستخدامه في صناعة المايونيز، من أجل تحسين الثبات التأكسدي. تم استخلاص المركبات النشطة باستخدام الميكروويف والإيثانول كمذيب. تم إعداد المايونيز باستخدام تركيزات 100 جزء في المليون و150 جزء في المليون و50 جزء في المليون من مستخلص قشر الجريب فروت. تم إجراء تحليلات فيزيائية وكيميائية وحسية مختلفة. أظهرت تقييمات الثبات التأكسدي التي تمت عن طريق قياس رقم البيروكسيد على مدار 30 يوماً أن المايونيز المحتوي على 150 جزء في المليون من المستخلص له أفضل تأثير وقائي ضد التأكسد مقارنة بالعينة الضابطة. أظهرت نتائج التحليل الحسي تقبل جميع المتذوقين للعينات المدعمة من المايونيز من حيث اللون والمظهر والرائحة. ومع ذلك، فإن العينتين A و C هما الأكثر تفضيلاً من حيث الطعم والقوام.

**الكلمات المفتاحية:** قشر الجريب فروت، المايونيز، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مضادات الأكسدة، التحليل الحسي.