

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Spécialité : Contrôle de la qualité et analyses des aliments



Réf :.....

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

Thème

**Effet de l'incorporation d'un extrait
phénolique sur la qualité de la mayonnaise**

Présenté par :

KADRI Linda & CHEURFA Melinda

Soutenu le : 03 Juillet 2025

Devant le jury composé de :

Mme Medouni Sonia	MCA	Président
Mme Aidli Amel	MAA	Encadrante
Mr Boudries Hafid	Professeur	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la finalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, nous adressons nos sincères remerciements à notre encadrante madame AIDLI Amel et à monsieur hajal samir notre co-encadrant, pour leur accompagnement, leur conseils avisés et leur disponibilité tout au long de cette étude. Leur expertise et leur soutien ont été essentiels à la réussite de ce travail.

Nous tenons également à remercier notre établissement ainsi que l'ensemble des professeurs pour la qualité de leur enseignement et leur engagement à nous transmettre leur savoir avec passion.

Notre reconnaissance va également à l'organisme CEVITAL, qui nous a accueillies et offert un cadre de travail enrichissant. Nous remercions toutes les personnes qui nous ont encadrées au sein de cette structure pour leur patience, leur bienveillance et leur précieuse aide dans la réalisation de ce projet.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à toutes les personnes qui, par leur soutien moral, leurs encouragements et leur présence, ont contribué à rendre cette aventure plus enrichissante et motivante.

Dédicace

À mon père et ma mère, les plus belles âmes que la vie ait mises sur mon chemin. Votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et votre foi inébranlable en moi ont été la lumière qui m'a guidée à chaque instant. Ce mémoire n'est pas seulement le fruit de mon travail, mais aussi de tout ce que vous m'avez donné : la patience, la force et le courage d'aller toujours plus loin. Rien ne pourra jamais exprimer à quel point je vous suis reconnaissante.

À mes deux frères, Massinissa et Adem, mes premiers compagnons de route, ceux qui ont partagé mon enfance et continuent de partager mes rêves. Vous êtes mon refuge et ma plus grande fierté. Merci pour votre présence, votre bienveillance et votre patience.

À mes précieuses amies, Imane et Amina, des étoiles dans ma vie, des sœurs de cœur qui ont su illuminer mes journées, même dans les moments les plus sombres. Merci pour votre amitié sincère, votre soutien sans faille et ces fous rires qui ont rendu cette aventure plus belle.

À ma binôme, Mélinda, plus qu'une amie et une coéquipière, une alliée précieuse avec qui j'ai partagé ce voyage rempli de défis et de victoires. Ensemble, nous avons surmonté les doutes, affronté les obstacles et célébré chaque petite réussite. Je n'aurais pas rêvé meilleure partenaire pour cette aventure.

À la famille Kadri et à la famille Aït El Joudi, merci du fond du cœur pour votre bienveillance, votre générosité et votre soutien tout au long de ce parcours. Votre présence m'a été précieuse, et je vous en suis profondément reconnaissante.

À ma classe de CQAA, merci pour l'ambiance, l'entraide et les souvenirs inoubliables. Ensemble, nous avons traversé bien des épreuves, partagé des moments de doute mais aussi de belles réussites. Ce chemin n'aurait pas été le même sans vous. C'était un honore d'être votre déléguée.

Et enfin, à tous ceux qui m'aiment et qui ont cru en moi, à ceux qui m'ont soutenue, qui m'ont encouragée dans les moments de fatigue, de doute et de stress. Vos mots, vos gestes, votre présence ont été des bouffées d'air frais tout au long de ce parcours. Ce mémoire est aussi le vôtre. Merci, du plus profond de mon cœur.

Linda

Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de Yemma Kika et tonton rabah, qui ont toujours été une source d'inspiration et de motivation pour moi. Je suis convaincue qu'ils auraient été fiers de moi et de mes réalisations.

Je l'offre également à mes parents aimants qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans mes études et mes projets. Leur amour et leur soutien inconditionnels m'ont permis de poursuivre mes rêves et de les réaliser.

Je dédie également ce travail à mes frères Masyas et Nanous, qui ont toujours été là pour moi et m'ont apporté leur soutien et leur amour.

À mon époux Walid, pour sa patience, son amour et son soutien. Il a été mon roc pendant cette période de travail intense.

Je dédie également ce modeste travail à ma famille Cheurfa (jedi madjid, grand mère Fatima mes tantes et mes oncles) et à ma famille Mebarki (jedi cherif,mes tantes et mes oncles) et je les remercie pour leur soutien et leur amour.

À ma belle-famille Mancer, que je remercie infiniment pour leur accueil et leur amour en me considérant comme une partie de cette famille.

Je dédie également ce travail à mes meilleures amies, Amina et Linda, qui ont été mes piliers pendant toutes ces années. Amina, ta positivité et ton énergie m'ont toujours motivées à donner le meilleur de moi-même. Linda, ta sagesse et ton écoute m'ont aidé à traverser les moments difficiles. Je vous remercie pour votre amitié sincère et votre soutien inconditionnel.

Et à ma cousine Imane, que je remercie pour sa présence et son soutien. Imane, tu es plus qu'une cousine pour moi, tu es une sœur et une amie.

À ma belle-sœur Chaima qui a toujours été là pour moi, comme une sœur, je te remercie pour ton amour, ta gentillesse et ton soutien. Tu as apporté une touche de joie et d'amour dans ma vie.

Et à toutes mes autres copines, notamment Kamilia, je tiens à vous exprimer ma gratitude pour votre présence et votre soutien. Ce travail est le fruit de beaucoup d'efforts et de sacrifices, et je suis heureuse de le partager avec tous ceux qui me sont chers.

Merci à tous de faire partie de ma vie

Melinda

Liste des figures

Figure 1: Anatomie de la datte.....	3
Figure 2 : Anatomie du noyau de datte	4
Figure 3 : graphique représentant les 10 premier producteur de dattes	5
Figure 4 : évolution de production de dattes dans le monde et en Algérie en 2020 a 2023	6
Figure 5 : Photographie A : des noyaux de dattes. B : poudre de noyaux de dattes.....	14
Figure 6 : Mécanisme de transformation de Folin-Ciocalteu avec l'acide gallique antioxydant	15
Figure 7 : Mécanisme de formation de Al^{3+} -flavonoid chelate	16
Figure 8 : Mécanisme du DPPH en présence d'antioxydant.....	17
Figure 9 : Mécanisme du pouvoir réducteur sur un antioxydant.	18
Figure 10 : Séries d'échantillons de mayonnaise conservées à 4 °C et à 40 °C	23
Figure 11 : Disposition des cabines individuelles d'analyse sensorielle lors de l'évaluation des échantillons.	24
Figure 12 : Evolution de l'acidité pour une température de 4 °C	35
Figure 13 : Evolution de l'indice du peroxyde pour une température de 4 °C	36
Figure 14 : graphe d'évolution de l'acidité pour une température de 40 °C	37
Figure 15 : Evolution de l'indice du peroxyde pour une température de 40 °C	38
Figure 16 : Pouvoir discriminant par descripteur	41
Figure 17 : Coefficient des modèles des 5 mayonnaises.	42
Figure 18 : Profil sensoriel des 5 mayonnaises (Graphe radar).....	44
Figure 19 : Corrélation entre les variables et les facteurs.....	44

Liste des tableaux

Tableau I : Composition moyenne des ingrédients de la mayonnaise.	8
Tableau II : Rôles des ingrédients dans la mayonnaise	9
Tableau III : Réactions impliquées dans le mécanisme de l'oxydation lipidique	12
Tableau IV : Germes recherchés dans les margarines élaborées et les conditions d'analyse.	22
Tableau V : Résultats des analyses antioxydantes et des composés phénoliques de la poudre de noyaux de dattes (pour 100 g de matière sèche).	27
Tableau VI : Paramètres physico-chimiques des différentes mayonnaises.....	29
Tableau VII : Résultats des analyses microbiologiques des échantillons de mayonnaise	33
Tableau VIII : Durées de stockage et pentes d'oxydation des différents lots à 40 °C	39
Tableau IX : Durées de stockage et pentes d'oxydation des différents lots à 4 °C	40
Tableau X : Moyennes ajustées par produit	43

Annexe 1 : Principales classes de composés phénoliques : sous-éléments, structures chimiques et exemples d'aliments riches ([Okpoghono, Isoje et al. 2024](#))

Annexe 2 : Questionnaire de l'analyse sensorielle

Liste des abréviations

FAO : Food and Agriculture Organisation

EAG : Équivalents d'Acide Gallique

DPSO : Date Palm Seed Oil

H/E : l'huile dans l'eau

E/H : l'eau dans l'huile

EDTA : Ethylene Diamine Tetra-acetic Acid

Tr/min : Tour par minute

LH : lipide non oxydé

L· : radical lipidique

LOOH : lipide hydro peroxyde

BHA : Butyl Hydroxy Anisole

BHT : Butyl Hydroxy Toluène

TBHQ : Tert-Butyl Hydro Quinone

NDGA : Nor Dihydro Guaïarétique Acide

EPND : Extrait Phénolique du Noyau de Datte

EC : Echantillon Commercialisé

ET : Echantillon Témoin

EE50 : Echantillon Enrichi a 50milligramme

EE100 : Echantillon Enrichi a 100milligramme

EE150 : Echantillon Enrichi a 150milligramme

A· : radical antioxydant

IA : Indice d'Acidité

IP : Indice de Peroxyde

RVS : Rappaport Vassiliadis Soja

PCA : Plate Count Agar

ISO : International Organization for Standardisation

LSD : Least Significant Difference

ACP : Analyse En Composantes Principales

EAG : Equivalent Antioxydant Acide Gallique

TE : Trolox Equivalent

AAE : Ascorbic Acid Equivalent

App : Appréciation

Cah : Classification Ascendante Hiérarchique

Prefmap : Carte de Préférence

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Introduction.....	1

Synthèse bibliographique

I. Dattes et leurs noyaux.....	3
1. Palmier dattier.....	3
2. Noyaux de datte	4
3. Production et commercialisation des dattes dans le monde et en Algérie	5
4. Domaines de valorisation des sous-produits des dattes	6
5. Bienfaits du fruit et du noyau de datte	7
II. Mayonnaise	7
1. Définition de l'émulsion	7
2. Définition de la mayonnaise	7
3. Rôles des ingrédients	8
4. Processus de production de la mayonnaise	8
4.1. Traditionnelle.....	8
4.2. Production industrielle.....	9
5. Oxydation lipidique et antioxydants	10
5.1. Stress oxydant.....	10
5.2. Mécanisme d'oxydation dans les émulsions.....	11

5.3. Facteurs influençant l'oxydation lipidique dans la mayonnaise	11
6. Antioxydants	12
6.1. Systèmes antioxydants dans les aliments.....	13

Matériel et méthodes

1.Présentation du lieu de travail.....	13
1.1 Présentation de l'entreprise.....	13
2. Matériel végétal	13
3. Préparation des échantillons	13
3.1 Préparation de la poudre de noyau de datte	13
3.2 Préparation de l'extrait phénolique du noyau de datte (EPND).....	14
3.3 Elaboration des mayonnaises.....	14
4. Analyses chimiques de l'extrait phénolique du noyau de datte	15
4.1. Dosage des polyphénols totaux.....	15
4.2. Dosage des flavonoïdes.....	16
4.3. Dosage des tanins condensés	16
5. Evaluation des activités antioxydantes de l'extrait phénolique du noyau de datte.....	17
5.1. Méthode de piégeage du radical DPPH•.....	17
5.2. Détermination du pouvoir réducteur	18
6. Caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des mayonnaises	18
6.1. Analyses physico-chimiques de la mayonnaise.....	18
6.2. Analyse microbiologique des mayonnaises	21
7. Étude de la stabilité oxydative des mayonnaises	22
8. Analyse sensorielle	23
9. Analyse Statistique.....	24

Résultats et discussion

1. Rendement d'extraction	26
2.Teneurs en composés phénoliques et Activités antioxydantes de l'EPND.....	27

3. Caractéristiques physico-chimiques de la mayonnaise.....	29
4. Analyses microbiologiques des mayonnaises	33
5. Évolution des mayonnaises à 4 °C	33
6. Vieillissement accéléré des mayonnaises à 40 °C	36
7. prédiction de la date de péremption à l'aide du Logiciel Minitab.....	38
8. Analyse sensorielle des mayonnaises	41
8.1. Caractérisation produit.....	41
8.2. Cartographie des préférences : Analyse en composantes principales (ACP)	44
Conclusion	46
Annexes.....	48
Résumé.....	55
Références bibliographiques	56

Introduction

La mayonnaise, une sauce incontournable dans l'alimentation moderne ([Depree et al. 2001](#)), est largement consommée en Algérie, notamment dans la restauration rapide. Cependant, en raison de sa composition, la mayonnaise est particulièrement vulnérable ([Ziane et al 2022](#)). Pour ralentir cette dégradation, l'ajout d'antioxydants constitue une solution proposée. Jusqu'à présent, l'industrie agroalimentaire a largement eu recours aux antioxydants de synthèse, en raison de leur coût abordable. Cependant, les préoccupations croissantes des consommateurs pour des produits plus naturels incitent désormais à explorer de nouvelles alternatives plus naturelle ([Gorj et al. 2016](#)).

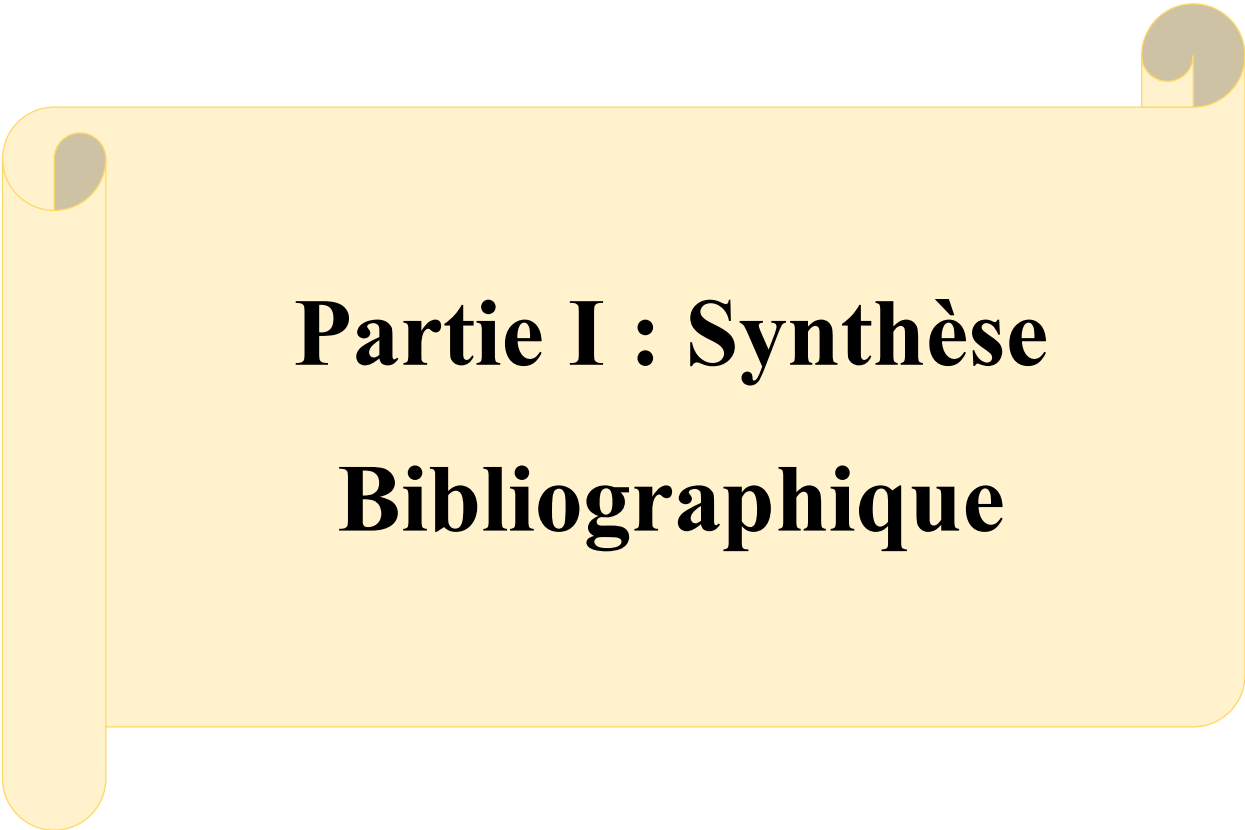
Dans cette optique, la valorisation des sous-produits agricoles représente une opportunité prometteuse, notamment en Algérie, où la filière phoenicicole joue un rôle clé dans l'économie ([Salah et al. 2019](#)). Le pays est l'un des plus grands producteurs mondiaux de dattes ([FAO 2025](#)). Toutefois, une grande partie de cette production, notamment les noyaux de dattes, est sous-exploitée et souvent considérée comme un simple résidu de l'industrie de transformation qui cause des dégâts environnementaux de grande envergure. Or, les noyaux de dattes renferment une richesse insoupçonnée : ils sont une source abondante de composés phénoliques aux propriétés antioxydantes remarquables ([Chandrasekaran and Bahkali 2013](#)). Ces composés sont capables de piéger les radicaux libres et de limiter l'oxydation des lipides, ce qui en fait des candidats idéaux pour une utilisation en tant que conservateurs naturels ([Mubaiwa, Linnemann et al. 2025](#)).

Ainsi L'incorporation d'extraits phénoliques issus des noyaux de dattes dans la mayonnaise pourrait constituer une alternative naturelle et efficace aux conservateurs synthétiques. Non seulement cette approche améliorerait la stabilité et la qualité du produit, mais elle contribuerait également à la valorisation des sous-produits du palmier dattier, renforçant ainsi le développement durable et l'innovation dans l'industrie agroalimentaire.

Dans cette perspective, ce travail vise à étudier l'effet de l'incorporation d'extraits phénoliques de noyaux de dattes sur la qualité de la mayonnaise. L'objectif est d'évaluer leur impact sur la stabilité oxydative, la texture et les caractéristiques organoleptiques du produit fini. Cette recherche s'inscrit dans une démarche alliant santé, innovation et valorisation des

ressources locales, répondant ainsi aux attentes des consommateurs en quête de naturalité et de durabilité.

Dans une première partie, nous présenterons une synthèse bibliographique sur qui comporte des généralités sur les noyaux de dattes et la mayonnaise en mettant en avant leurs caractéristiques ainsi qu'un aperçu sur la peroxydation lipidique et son impact sur la détérioration de la mayonnaise. Ensuite, nous détaillerons la partie matériel et méthodes où nous allons présenter le matériel végétal et les méthodes utilisés pour la préparation des extraits et l'élaboration de la mayonnaise enrichie ainsi que les protocoles expérimentaux adoptés pour le dosage des composés phénoliques, l'évaluation de l'activité antioxydante ainsi que la qualité des mayonnaises élaborés. Enfin, nous analyserons les résultats obtenus avant de conclure

A yellow scroll graphic with a light beige background and a thin yellow border. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges showing a slight curve. The text is centered on the scroll.

Partie I : Synthèse

Bibliographique

I. Dattes et leurs noyaux

1. Palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'espèce-type du genre *Phoenix*, appartenant à la famille des *Arecaceae* (ou *Palmaceae*), c'est un arbre cultivé depuis des millénaires dans les régions arides et semi-arides du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. Il produit les dattes, fruits nutritifs essentiels à l'alimentation locale et source de revenus agricoles. Il pousse dans des sols secs et sablonneux, mais nécessite beaucoup d'eau. C'est une plante dioïque, avec des arbres mâles et femelles, et sa culture demande des soins intensifs (pollinisation, taille, gestion des fruits). Le palmier dattier joue aussi un rôle écologique en créant un microclimat favorable à d'autres cultures ([Al-Khayri et al. 2021](#)).

Les dattes sont les fruits comestibles du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Il s'agit de baies allongées issues d'un ovaire monocarpellé, généralement de couleur ambrée à brun foncé à maturité. Le fruit est constitué de plusieurs couches bien distinctes :

- **L'épicarpe**, fine pellicule externe, protège le fruit contre la déshydratation.
- **Le mésocarpe**, partie charnue et sucrée, contient une forte teneur en glucides (principalement glucose et fructose), ainsi que des fibres alimentaires, des minéraux (potassium, magnésium), et des composés bioactifs.
- **L'endocarpe**, mince couche interne, entoure un **noyau lignifié** (ou graine) de forme allongée, contenant un embryon. ([Al-Khayri et al. 2021](#)). La figure 1 représente l'anatomie de la datte.

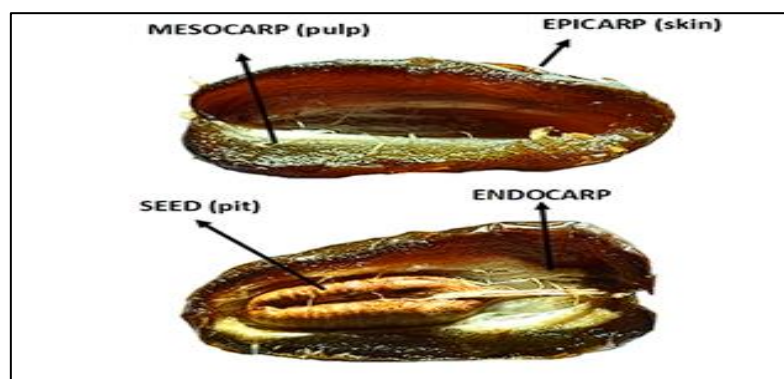


Figure 1: Anatomie de la datte ([Kari et al. 2022](#)).

En ce qui concerne la valeur nutritionnelle des dattes, elles possèdent une valeur exceptionnelle grâce à leur richesse en glucides, fibres, minéraux (potassium, calcium,

magnésium, fer), vitamines (B1, B2, niacine, A, C) et acides aminés. Elles contiennent majoritairement des sucres simples comme le glucose et le fructose, et présentent un taux d'humidité variant selon la variété. Les graines et la pulpe sont également sources de bonnes graisses, notamment d'acides gras insaturés comme l'acide oléique. Grâce à cette composition, les dattes sont considérées comme un aliment complet, bénéfique pour la santé et adapté à une conservation longue durée (Chandrasekaran et al 2013).

2. Noyaux de datte

Les noyaux de datte, qui représentent jusqu'à 15 % du poids du fruit, sont des sous-produits peu valorisés malgré leur richesse en composés bioactifs tels que les polyphénols, les fibres alimentaires et les acides gras insaturés (Swaidan et al. 2023). Leurs caractéristiques varient selon la variété, les conditions environnementales et les pratiques culturelles, avec un poids compris entre 0,5 et 4 g, une longueur de 12 à 36 mm et une largeur de 6 à 13 mm. De forme oblongue, ils présentent une rainure ventrale, un embryon de petite taille et un endosperme dur contenant un dépôt cellulosique intégré aux parois cellulaires (Botes et al. 2002) tel que représenté dans la figure 2.

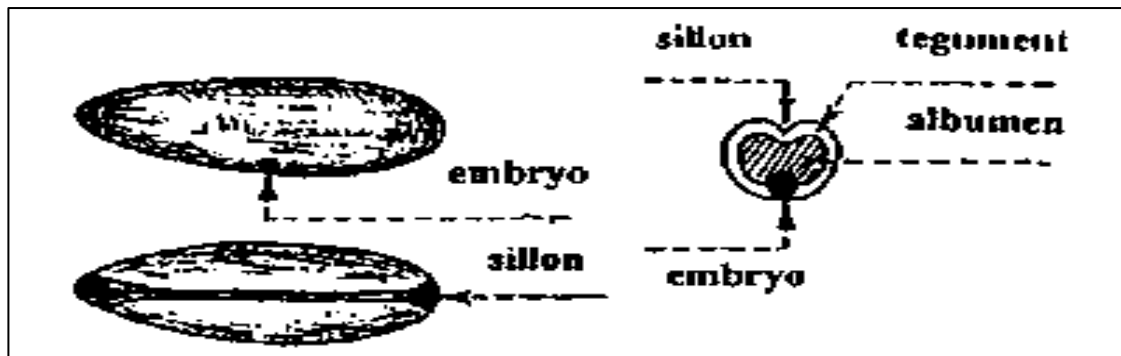


Figure 2 : Anatomie du noyau de datte (Munier 1973)

Souvent éliminés comme déchets (Osaili et al. 2024), ces noyaux sont pourtant une source intéressante d'antioxydants naturels, comprenant des composés phénoliques tels que la catéchine, la vanilline, la lutéoline et l'oléuropéine, ainsi que des tocophérols (vitamine E), leur conférant une activité antioxydante bénéfique dans la prévention du stress oxydatif et des maladies chroniques (Harkat et al. 2022). Leur faible humidité (5–10 %) favorise leur conservation (Osaili et al. 2024). Riches en glucides (72,59–83,10 %), ils constituent une source d'énergie, intégrant des fibres alimentaires et des sucres complexes (Afifi et al. 2017). Leur teneur en protéines (5,17–5,67 %) et en lipides (10,19–12,67 %) est supérieure à celle de la chair de datte (Afifi et al. 2017). Ils contiennent également des minéraux tels que le calcium,

le magnésium et le potassium (Osaili et al. 2024). Par ailleurs, leur concentration en composés phénoliques totaux est particulièrement élevée (3102–4430 mg EAG/100 g), dépassant largement celle de la chair de dattes (300–836 mg EAG/100 g), ce qui renforce leur potentiel comme source d'antioxydants naturels (Afifi et al. 2017).

3. Production et commercialisation des dattes dans le monde et en Algérie

D'après les données de 2023 fournies par la FAO, la figure 2, montre que l'Égypte se positionne comme le premier producteur mondial de dattes, avec un volume de production nettement supérieur aux autres pays. Elle est suivie par l'Arabie Saoudite, l'Algérie, l'Iran et l'Irak (FAO 2025). Cette forte production s'explique par des conditions climatiques particulièrement favorables à la culture du palmier dattier, notamment un climat chaud, sec et ensoleillé, caractéristique des régions du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord (Al-Khayri et al. 2021).

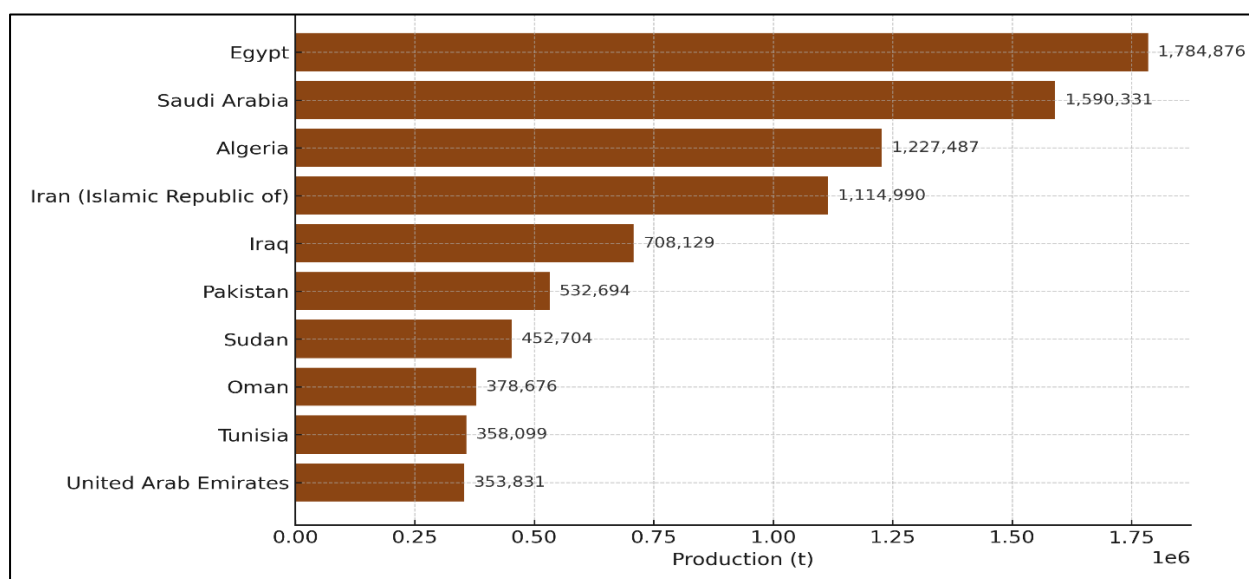


Figure 3 : graphique représentant les 10 premier producteur de dattes (FAO 2025)

Quand a la figure 3, elle met en évidence l'évolution de la production de dattes au fil des années en algérie. On y observe une tendance croissante (FAO 2025), puisque la production augmente régulièrement grâce à l'expansion des surfaces cultivées et aux efforts d'irrigation dans les zones sahariennes (MADR 2025)

Enfin, selon une étude portant sur les perspectives de la période 2023 à 2028, les volumes de production de dattes des dix principaux pays producteurs, ainsi que la production mondiale, devraient continuer à croître. Les estimations indiquent des volumes annuels mondiaux

avoisinant 10,15 ; 10,07 ; 10,57 ; 10,35 ; 10,95 et 10,66 millions de tonnes respectivement de 2023 à 2028. Ces chiffres témoignent d'un secteur dynamique qui devrait poursuivre son développement dans les années à venir (Keskin et al. 2025).

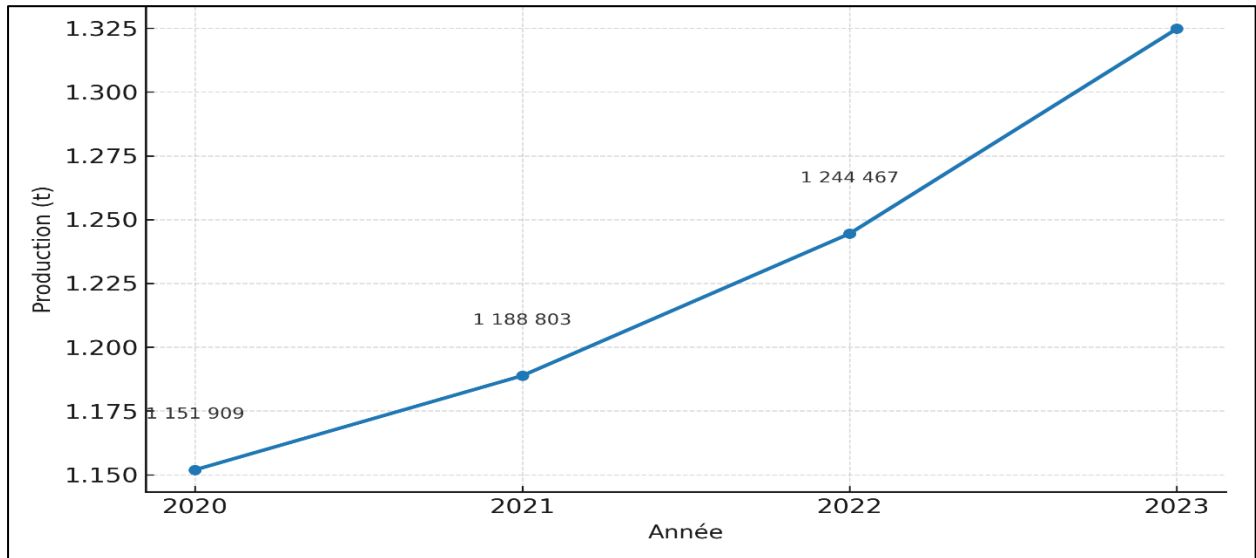


Figure 4 : évolution de production de dattes dans le monde et en Algérie en 2020 à 2023
(FAO 2025)

4. Domaines de valorisation des sous-produits des dattes

L'industrie du palmier dattier génère divers sous-produits (dattes immatures, noyaux, résidus de pressage), souvent jetés malgré leur potentiel économique et écologique (Chandrasekaran et al 2013). Plusieurs voies de valorisation ont été explorées. En alimentation humaine, les noyaux riches en fibres, antioxydants et composés fonctionnels sont intégrés à des produits comme le pain, les biscuits, les confitures, les desserts lactés, la mayonnaise (Aydeniz-Güneşer 2022) ou les glaces (Mubaiwa et al. 2025), améliorant ainsi leur qualité nutritionnelle et sensorielle (Aydeniz-Güneşer 2022). Dans l'alimentation animale, les déchets de dattes, pédicelles et palmes sont utilisés comme compléments (Chehma et al, 2001). En cosmétique et textile, les extraits de noyaux servent de colorants naturels pour les fibres bicomposants (Souissi et al. 2024), et l'huile est utilisée dans la fabrication de savons (Al-Khayri et al. 2021). Ces sous-produits permettent également la production de biogaz, de charbon actif ou de biodiesel (Aydeniz-Güneşer 2022), ainsi que d'amendements organiques pour l'agriculture (Chandrasekaran et al 2013). Enfin, certaines parties du palmier sont utilisées en médecine traditionnelle, leurs effets étant liés à la présence de composés bioactifs tels que les anthocyanines, phénols, stérols, caroténoïdes et flavonoïdes (Al-Khayri et al. 2021).

5. Bienfaits du fruit et du noyau de datte

La datte, souvent considérée comme un super-aliment et valorisée dans la tradition prophétique, est une source naturelle de fibres, vitamines, minéraux et antioxydants. Elle offre de puissants bienfaits pour la santé : effets anticancéreux, antioxydants, anti-inflammatoires, protecteurs du foie, des reins, du système digestif et immunitaire. Un véritable concentré de vertus thérapeutiques ([Ismail et al. 2023](#)).

II. Mayonnaise

1. Définition de l'émulsion

Une émulsion est une dispersion de gouttelettes d'un liquide dans un autre non miscible, Bien que thermodynamiquement instables, elles peuvent être stabilisées durablement par des tensioactifs, polymères, protéines ou particules solides ([Langevin 2020](#)).

- **Les émulsions simples** (comme l'huile-dans-eau (H/E, dites « directes ») ou l'eau-dans-huile (E/H, dites « inverses ») ([Langevin 2020](#)), Il est important de noter que la phase continue n'est pas toujours majoritaire la mayonnaise, par exemple, est une émulsion H/E malgré ses 80 % d'huile ([Coupland 2014](#)).
- **Les macro-, nano- et micro-émulsions**, selon la taille des gouttelettes : $\geq 1 \mu\text{m}$ pour les macro, 20 à 200 nm pour les nano, et des structures micellaires stables pour les micro-émulsions ([Langevin 2020](#)).
- **Les émulsions multiples** (H/E/H ou E/H/E), où une émulsion est encapsulée dans une autre, utiles en cosmétique et pharmacie pour l'encapsulation d'actifs ([Langevin 2020](#)).

2. Définition de la mayonnaise

La mayonnaise est une émulsion de type huile-dans-eau, où le jaune d'œuf joue le rôle d'émulsifiant, assurant une texture lisse et crémeuse. Elle doit contenir au minimum 78,5 % de matières grasses et 6 % de jaune d'œuf ([Alimentarius 2000](#)). Des ingrédients comme le sel, les épices, ou des agents comme l'EDTA peuvent être ajoutés pour améliorer le goût, la conservation et la stabilité. Des substances telles que l'acide citrique, la lécithine ou l'oxystéarine permettent d'éviter la cristallisation des graisses et garantissent une texture homogène ([Clark et al. 2014](#)). Le tableau I, ci-dessous, représente la composition moyenne des ingrédients de la mayonnaise

Tableau I : Composition moyenne des ingrédients de la mayonnaise (Smith et al, 2008).

Ingrédient	Pourcentage en poids (%)	Phase d'émulsion
Huile végétale	65–80	Huile
Jaune d'œuf	7,0–9,0	Émulsifiant
Vinaigre (4,5 % d'acide acétique)	9,4–10,8	Eau
Sucre	1,0–2,5	Eau
Sel	1,2–1,8	Eau
Épices	-	-
Farine de moutarde	0,2–2,8	Eau
Poivre blanc	0,1–0,2	Eau
Oléorésine de paprika, ail, oignon, épices	0,1	Eau
Eau	Pour atteindre 100 %	Eau

3. Rôles des ingrédients

La réussite d'une formulation et d'un procédé de fabrication repose sur une compréhension approfondie du rôle de chaque ingrédient ainsi que des étapes clés du processus, indispensables à la création de cette structure délicate (Smith et al, 2008). Le tableau II met en évidence la fonction spécifique de chaque composant.

4. Processus de production de la mayonnaise

4.1. Traditionnelle

La mayonnaise traditionnelle se prépare en battant d'abord les œufs avec le vinaigre et la moutarde, puis en ajoutant l'huile progressivement (Depree et al. 2001) à l'aide d'un mélangeur planétaire équipé d'une pale rotative (Smith et al 2008).

Cette méthode permet de former une émulsion stable, caractérisée par une texture dense, constituée de fines gouttelettes d'huile dispersées. En revanche, si l'eau et l'huile sont mélangées simultanément dès le départ, cela produit une émulsion de type eau-dans-huile, dont la consistance reste proche de celle de l'huile d'origine, donc beaucoup moins épaisse (Depree et al. 2001).

Tableau II : Rôles des ingrédients dans la mayonnaise (Smith et al 2008, Taslikh et al. 2022).

Ingrédient	Rôle
Huile	Fournit la phase grasse de l'émulsion, influence la texture, la stabilité et la saveur. L'équilibre entre coût et qualité est crucial. Certaines huiles sont préférées pour des raisons nutritionnelles ou gustatives.
Œufs	Fournissent des protéines et de la lécithine, des agents émulsifiants qui stabilisent l'émulsion et influencent la viscosité et la texture.
	Jaune d'œuf Structures prédominantes de la phase continue. Ces fragments adhèrent au film interfacial et entre eux, formant un réseau protéique qui augmente la viscosité et améliore la stabilité de l'émulsion.
	Blanc d'œuf Apporte des protéines qui gélifient en présence d'acide, renforçant ainsi la structure de l'émulsion.
Acides (vinaigre, acide citrique, acide malique)	Diminuent le pH pour améliorer la stabilité de l'émulsion et influencent la saveur.
Moutarde (blanche et brune)	Améliore l'émulsification et apporte une saveur distinctive. L'allyl isothiocyanate de la moutarde brune renforce le goût piquant.
Sel, sucre et épices	Équilibrent la saveur et influencent la stabilité de l'émulsion. Le sel jusqu'à 15 % dans le jaune d'œuf améliore la stabilité.

4.2. Production industrielle

4.2.1. Méthode continue (plus industrielle et automatique)

a. Préparation de la phase aqueuse : dans les mélangeurs Dixie

La phase aqueuse, ou *slurry*, est préparée à température ambiante dans un mélangeur Dixie composés de deux cuves équipées de turbines à vitesse variable. On y incorpore de l'eau (environ un tiers de la recette), du sel, des arômes, des édulcorants et parfois des acidifiants (vinaigre ou citron) pour obtenir une première émulsion homogène (Smith et al 2008).

Les œufs sont ajoutés lentement sous agitation douce. Leur ajout avant l'huile est essentiel pour garantir une bonne émulsification. Le vinaigre, quant à lui, est incorporé progressivement

afin de mieux contrôler la viscosité et la stabilité du produit. Ajouter l'huile et le vinaigre simultanément risquerait de provoquer une émulsion inversée, moins stable (Smith et al 2008).

Un petit volume de mayonnaise est conservé en fond de cuve pour faciliter le démarrage du lot suivant. Les deux mélangeurs fonctionnent en alternance, permettant une production continue sans interruption (Smith et al 2008).

b. Passage dans le moulin colloïdal (Charlotte)

La mayonnaise est ensuite affinée dans un broyeur colloïdal (type Charlotte, 3600 tr/min), qui lui donne sa texture lisse et crémeuse. Comme le broyage augmente la température d'environ 6 °C, les liquides doivent être préalablement refroidis entre 10 et 16 °C pour garantir la stabilité de l'émulsion (Smith et al 2008).

c. Refroidissement

Avant le conditionnement en pots ou en tubes, la mayonnaise passe par un échangeur thermique, un dispositif destiné à abaisser sa température. Ce refroidissement est essentiel pour stabiliser l'émulsion et préserver sa texture (Smith et al 2008)

d. Conditionnement

La mayonnaise est conditionnée dans des contenants en verre ou en plastique, allant de portions individuelles à des formats de 1 à 5 gallons pour les usages professionnels. Le verre, plus imperméable à l'oxygène, offre une meilleure protection contre l'oxydation. (Smith et al 2008).

4.2.2. Méthode par lot ou semi-continue (plus manuelle)

Selon Clark et al. (2014), la méthode semi-continue consiste à mélanger d'abord les jaunes d'œufs et les assaisonnements avec un peu de vinaigre dans un grand batteur appelé un mélangeur Dixie qui ne contient qu'un seul réservoir, ensuite à ajouter l'huile lentement tout en battant pour former une première émulsion. À la fin, ajouter le reste du vinaigre. Le mélange obtenu est ensuite passé dans une machine appelée moulin colloïdal Charlotte qui réduit les gouttes d'huile pour rendre la mayonnaise bien lisse et crémeuse.

5. Oxydation lipidique et antioxydants

5.1. Stress oxydant

Le stress oxydatif correspond à un déséquilibre entre les agents pro-oxydants et les mécanismes antioxydants chargés de les neutraliser, en faveur des premiers. Ce déséquilibre

peut résulter d'une production excessive de composés oxydants, d'une diminution des défenses antioxydantes, ou des deux à la fois (Davies et al 2005).

5.2. Mécanisme d'oxydation dans les émulsions

L'oxydation des lipides désigne une série complexe de réactions chimiques résultant de l'interaction entre les lipides et des espèces oxygénées réactives. Ce phénomène, influencé par l'environnement physico-chimique, se déroule en trois étapes : initiation, propagation et terminaison. Dans les émulsions de type huile-dans-eau, comme la mayonnaise, l'instabilité oxydative est souvent causée par la réaction entre les hydroperoxydes lipidiques présents à la surface des gouttelettes d'huile et les métaux de transition dissous dans la phase aqueuse. Ces métaux catalysent la décomposition des hydroperoxydes en radicaux libres très réactifs ($\text{ROO}\bullet$, $\text{RO}\bullet$), qui attaquent à leur tour les lipides insaturés, entraînant une réaction en chaîne. Cette chaîne se propage jusqu'à ce que les radicaux soient neutralisés en formant des composés stables, marquant la fin du processus oxydatif (McClements et al 2000). Le tableau III résume les principales réactions chimiques impliquées dans ce mécanisme.

5.3. Facteurs influençant l'oxydation lipidique dans la mayonnaise

Dans la mayonnaise, l'oxydation des lipides résulte d'un ensemble complexe de facteurs, à la fois internes et externes. La présence de métaux traces comme le fer ou le cuivre, une température élevée, la lumière, le type d'emballage, l'acidité du produit, la nature des lipides, la proportion d'huile, l'émulsifiant utilisée et même la taille des gouttelettes influencent fortement ce phénomène. Certains ingrédients courants, tels que le vinaigre, le citron ou le sel, peuvent accentuer cette réaction. Contrairement aux idées reçues, les formules allégées ne sont pas toujours plus stables. Une bonne maîtrise de la formulation, des matériaux d'emballage et des conditions de conservation est donc indispensable pour ralentir ce processus et préserver la qualité du produit (Gorji et al. 2016).

Tableau III : Réactions impliquées dans le mécanisme de l'oxydation lipidique (McClements et al 2000).

Étape	Réaction chimique	Description
1. Décomposition des hydroperoxydes	$\text{Fe}^{3+} + \text{ROOH} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{ROO}\cdot + \text{H}^+$	Formation de radicaux peroxydes par catalyse métallique
	$\text{Fe}^{2+} + \text{ROOH} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{RO}\cdot + \text{OH}^-$	Formation de radicaux alkoxydes
2. Attaque des lipides	$\text{ROO}\cdot + \text{LH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{L}\cdot$	Formation de radicaux lipidiques
	$\text{RO}\cdot + \text{LH} \rightarrow \text{ROH} + \text{L}\cdot$	Autre voie de génération de radicaux lipidiques
3. Formation des radicaux peroxydes	$\text{L}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{LOO}\cdot$	Oxydation des radicaux lipidiques par l'oxygène
4. Propagation de la chaîne radicalaire	$\text{LOO}\cdot + \text{LH} \rightarrow \text{LOOH} + \text{L}\cdot$	Réaction en chaîne de l'oxydation des lipides
5. Terminaison	$\text{LOO}\cdot + \text{LOO}\cdot \rightarrow \text{Produits non radicalaires (dimères, trimères, etc.)}$	Fin de la réaction radicalaire, formation de produits stables

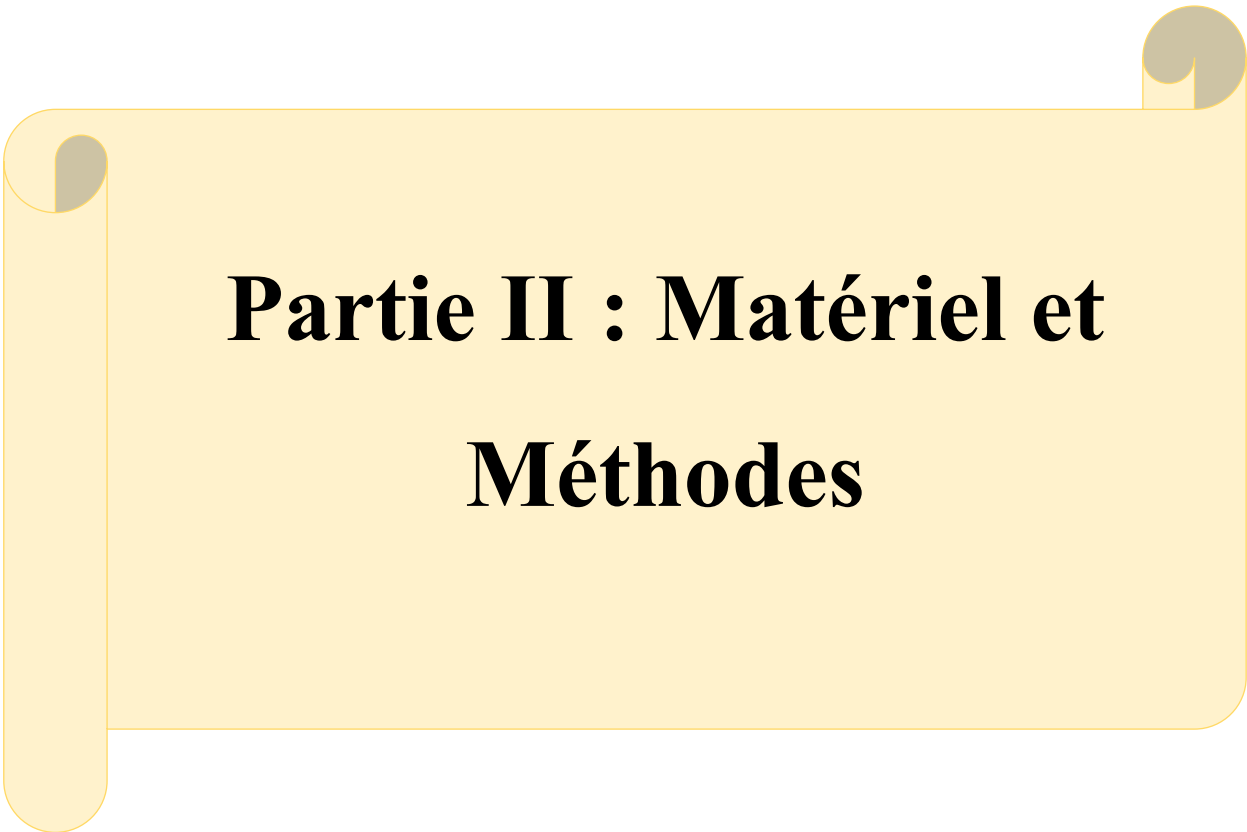
6. Antioxydants

Un antioxydant est une substance capable de ralentir, prévenir ou neutraliser les dommages causés par l'oxydation sur une molécule cible (Halliwell 2007). Son efficacité dépend notamment de sa capacité à interagir avec d'autres composants et à se localiser à l'interface, là où se produit l'oxydation (Coupland et al. 1996). Les antioxydants exercent leur action selon

plusieurs mécanismes complémentaires : inhibition des radicaux libres à la source, neutralisation des agents oxydants, conversion des radicaux en formes stables, réduction des sous-produits toxiques, interruption des réactions en chaîne et réparation des structures endommagées (Adwas et al. 2019). On distingue principalement deux types : les antioxydants primaires, ou coupeurs de chaîne, souvent de nature phénolique (enzymes, vitamines, minéraux, phytocomposés) ; et les antioxydants secondaires, tels que le BHA, BHT, EDTA, TBHQ ou NDGA, qui interrompent les réactions en chaîne oxydatives (Khan et al 2017).

6.1. Systèmes antioxydants dans les aliments

Les aliments possèdent des systèmes de défense antioxydants qui peuvent être classés en deux grandes catégories : enzymatiques et non enzymatiques. Les antioxydants enzymatiques incluent des enzymes spécialisées qui agissent directement sur les espèces réactives de l'oxygène. Parmi elles, la superoxyde dismutase (SOD) transforme les radicaux superoxydes en peroxyde d'hydrogène (Khan and Khan 2017), tandis que la catalase convertit ce peroxyde en eau et en oxygène, limitant ainsi sa toxicité (Adwas et al. 2019). De son côté, la glutathion peroxydase (GPX), dépendante du glutathion et du sélénium, joue un rôle clé dans la réduction des peroxydes lipidiques (Voronkova et al. 2018). Quant aux antioxydants non enzymatiques, ils comprennent des molécules capables de piéger les radicaux libres ou de régénérer les antioxydants enzymatiques. Parmi les plus connus, on trouve le glutathion réduit (GSH), puissant réducteur intracellulaire, les vitamines antioxydantes comme la vitamine C (hydrosoluble), la vitamine E (liposoluble) et la vitamine A, qui neutralise l'oxygène singulet (Orban 2011). Enfin, les polyphénols, abondants dans les végétaux, jouent un rôle essentiel grâce à leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à chélater les métaux pro-oxydants, renforçant ainsi la stabilité des produits alimentaires (Vemuri et al. 2008). Leur principale classification est mentionnée dans l'annexe I.

A yellow scroll graphic with a thin gold border, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a small grey circular detail at the top. The title is centered on the horizontal strip.

Partie II : Matériel et Méthodes

1.Présentation du lieu de travail

Cette étude a été réalisée dans deux structures distinctes, Une partie des travaux a été réalisée au sein de l'entreprise Cevital Agro-Industrie, où nous avons élaboré les mayonnaises. L'autre partie a été effectuée au laboratoire de technologie alimentaire à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa.

1.1 Présentation de l'entreprise

Cevital Agro-Industrie, filiale du groupe Cevital, est un pilier de l'agroalimentaire en Algérie. Basée au port de Béjaïa, elle abrite la plus grande raffinerie de sucre au monde (2M tonnes/an) et la plus grande raffinerie d'huiles végétales d'Afrique (570k tonnes/an). Forte de ses infrastructures modernes, elle exporte dans plus de 40 pays ([cevital 2025](#)).

Outre les huiles et le sucre, elle innove dans les condiments, notamment la mayonnaise, avec une production axée sur la qualité, la recherche et le goût ([cevital 2025](#)).

Grâce à son expertise et à son engagement pour l'innovation, Cevital Agro-Industrie se positionne comme un acteur incontournable à l'échelle locale et internationale ([cevital 2025](#)).

2. Matériel végétal

Les noyaux de dattes utilisés dans cette étude ont été collectés à partir de fruits provenant du marché local, représentant plusieurs variétés différentes. Ce choix a pour objectif d'obtenir un extrait représentatif et diversifié, destiné à être incorporé dans des formulations de mayonnaise. L'approche vise à évaluer le potentiel fonctionnel des noyaux de dattes, indépendamment de la variété d'origine, afin de mieux refléter une application à large échelle.

3. Préparation des échantillons

3.1 Préparation de la poudre de noyau de datte

Après le dénoyautage des dattes, les noyaux sont soigneusement rincés à l'eau afin d'éliminer toute trace de pulpe et les impuretés éventuelles. Le four est ensuite préchauffé à 80 °C pendant 15 minutes, puis éteint, avant d'y placer les noyaux pour un séchage passif de 8 minutes. Cette étape permet de réduire l'humidité résiduelle et de faciliter le broyage ultérieur. Une fois séchés, les noyaux sont d'abord concassés grossièrement à l'aide d'un mortier, puis broyés finement à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à obtention d'une poudre homogène. La Figure 5 illustre l'aspect des noyaux de dattes sélectionnés pour l'étude, avant et après le broyage.



Figure 5 : Photographie A : des noyaux de dattes. B : poudre de noyaux de dattes

3.2 Préparation de l'extrait phénolique du noyau de datte (EPND)

10 g de poudre de noyau de datte ont été extraits par macération avec 70 mL d'un mélange éthanol-eau (70:30, v/v) pendant 2 heures sous agitation. Le mélange a été ensuite centrifugé (300 tr/min, 10 min), et le surnageant est récupéré. Le résidu solide a été soumis à une seconde extraction dans les mêmes conditions avec 100 mL du même solvant. Ce processus a été répété jusqu'à épuisement des composés phénoliques (surnageant clair). Tous les surnageants ont été combinés, puis évaporés à l'étuve pendant 48 h afin d'obtenir l'extrait sec ([Afifi et al. 2017](#)).

a. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est calculé en pesant la quantité d'extrait sec obtenue après évaporation complète du solvant. Ce calcul permet d'optimiser les conditions d'extraction et d'évaluer l'impact des paramètres expérimentaux sur l'efficacité du processus ([Falleh et al. 2008](#)). La formule couramment utilisée est la suivante :

$$R = m/M \times 100$$

Où : m : poids de l'extrait après l'évaporation.

M : poids de l'extrait avant l'évaporation

3.3 Elaboration des mayonnaises

Cinq échantillons de mayonnaise ont été élaborés, en suivant la recette de la mayonnaise Fleurielle produite par Cevital, avec quelques adaptations pour répondre aux objectifs de notre étude. Chaque échantillon a été préparé en quantité de 1 kg.

Les formulations sont les suivantes :

- **EC** : Mayonnaise contenant un antioxydant de synthèse (EDTA), comme dans la version commercialisée.
- **ET** : Mayonnaise sans conservateur, ne contenant ni EDTA ni extrait phénolique (Témoin).

- **EE50, EE100, EE150** : Mayonnaises enrichies en extrait de noyaux de dattes, respectivement aux concentrations de 50 ppm, 100 ppm et 150 ppm.

4. Analyses chimiques de l'extrait phénolique du noyau de datte

4.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage repose sur la réaction des polyphénols avec le réactif de Folin-Ciocalteu, composé d'acide phosphomolybdique et d'acide phosphotungstique. Ces composés sont réduits par les polyphénols, formant des oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité bleue mesurée entre 760–765 nm est proportionnelle à la concentration, déterminée via une courbe d'étalonnage (Singleton et al. 1999, Christodoulou et al. 2022).

La Figure 6 illustre le mécanisme de transformation du réactif de Folin-Ciocalteu en présence de l'antioxydant acide gallique.

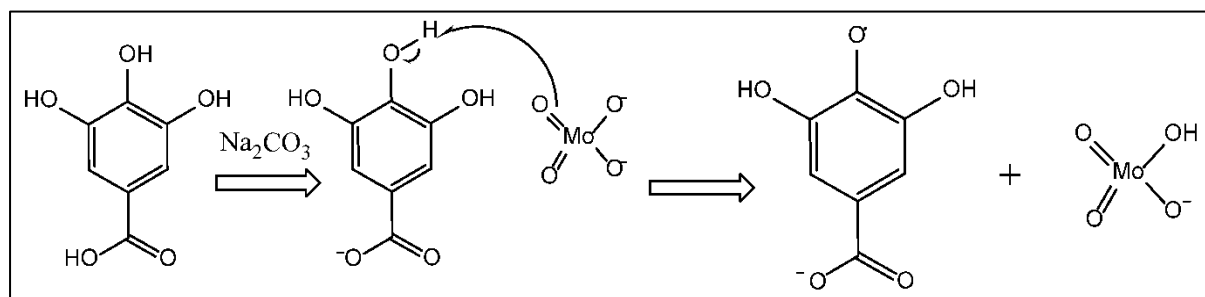


Figure 6 : Mécanisme de transformation de Folin-Ciocalteu avec l'acide gallique antioxydant (Christodoulou et al. 2022)

Pour l'évaluation de la teneur en composés phénoliques totaux des extraits de noyaux de dattes, un volume de 200 μL de l'extrait a été prélevé, puis mélangé à 1500 μL du réactif de Folin-Ciocalteu dilué au dixième. Après un temps de repos de 3 minutes, 1500 μL d'une solution de carbonate de sodium à 6 % ont été ajoutés. Le mélange obtenu a été incubé à l'abri de la lumière pendant 30 minutes. Par la suite, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une courbe d'étalonnage a été construite à partir d'une solution mère d'acide gallique (0,5 % P/V), en préparant différentes concentrations étagées (5, 15, 25, 35, 45 et 50 $\mu\text{g/mL}$). Cette courbe permet d'estimer la teneur en polyphénols, exprimée en milligrammes équivalents d'acide gallique pour 100 grammes de matière fraîche, en utilisant la relation obtenue par régression linéaire (Singleton et al. 1999).

4.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes réagissent avec le chlorure d'aluminium (AlCl_3) pour former un complexe stable flavonoïde- Al^{3+} de couleur jaune. Ce complexe est détecté par spectrophotométrie à 430 nm. L'intensité de l'absorbance est proportionnelle à la teneur en flavonoïdes totaux (Ribéreau-Gayon 1968, Ydjedd et al. 2017). La Figure 7 présente le mécanisme de formation de Al^{3+} -flavonoid chelate.

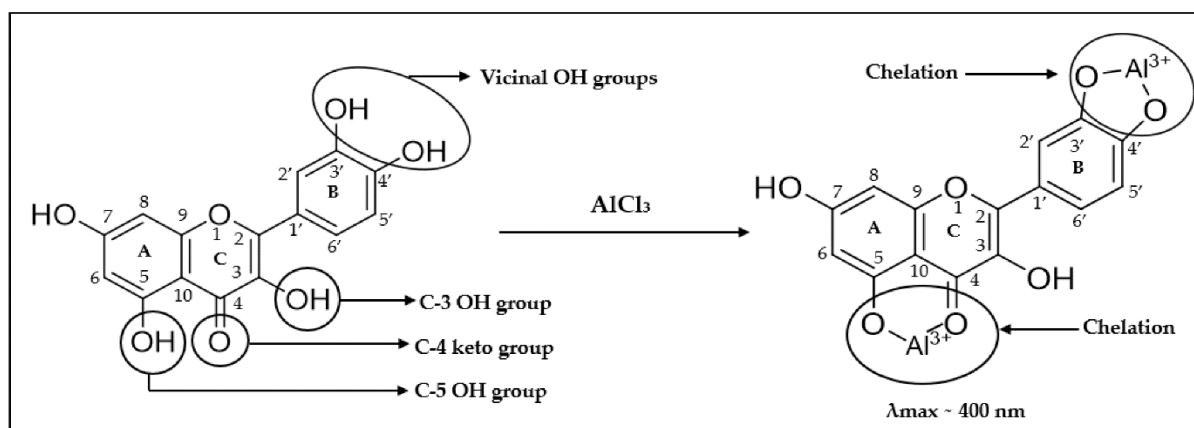


Figure 7 : Mécanisme de formation de Al^{3+} -flavonoid chelate (Sultana et al. 2024).

Pour la détermination des flavonoïdes totaux, 1 mL d'extrait pur a été mélangé à 1 mL de chlorure d'aluminium. Le mélange a été incubé à l'abri de la lumière pendant 15 minutes afin de favoriser la formation du complexe flavonoïdes- AlCl_3 . L'absorbance a ensuite été mesurée à 430 nm pour quantifier la teneur en flavonoïdes.

4.3. Dosage des tanins condensés

En milieu chauffé et acide, les tanins condensés (proanthocyanidines) subissent une dégradation thermique qui conduit à la formation d'anthocyanidines, des composés colorés de teinte rougeâtre. Cette réaction est catalysée par l'acide chlorhydrique (HCl) et intensifiée par le chauffage. Le FeSO_4 agit comme catalyseur dans ce milieu. L'intensité de la coloration, mesurée à 530 nm, est proportionnelle à la concentration en tanins (Porter et al. 1985).



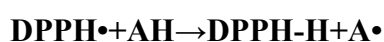
Une quantité de 250 μL d'extrait de noyau de datte a été ajoutée à 2 mL d'un mélange de FeSO_4 et HCl-butanol. L'ensemble a ensuite été incubé à 96 °C pendant 50 minutes. À la fin

de l'incubation, l'absorbance a été mesurée à 530 nm afin d'estimer la teneur en tanins présents dans l'échantillon (Porter et al. 1985).

5. Evaluation des activités antioxydantes de l'extrait phénolique du noyau de datte

5.1. Méthode de piégeage du radical DPPH•

Le test au DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) repose sur une réaction d'oxydoréduction. Le radical libre DPPH• possède un électron non apparié, ce qui lui confère une couleur violette intense. En présence d'un antioxydant, une réaction de transfert d'électron ou de don d'atome d'hydrogène se produit. Cette réduction entraîne la disparition de la coloration violette, mesurée à 517 nm (Brand-Williams, et al. 1995, Christodoulou et al. 2022).



La Figure 8 présente le mécanisme chimique de la réaction du radical DPPH• en présence d'un antioxydant.

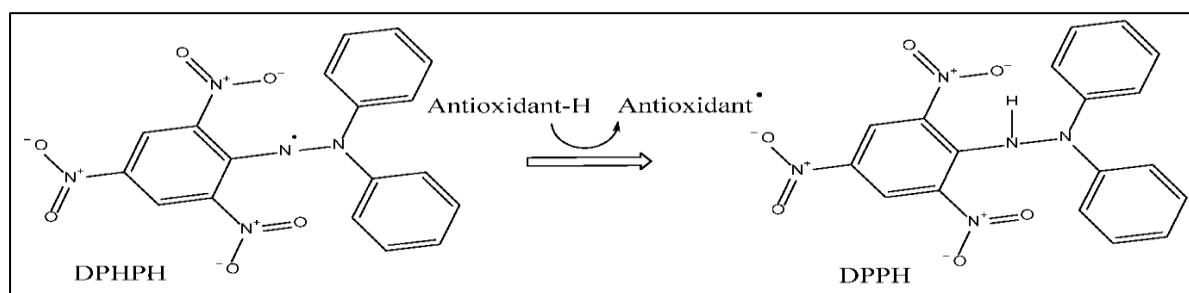


Figure 8 : Mécanisme du DPPH en présence d'antioxydant (Christodoulou, et al. 2022).

Pour effectuer le test du DPPH, un volume de 100 μL d'extrait de noyau de datte a été ajouté à 2900 μL de solution DPPH, dont l'absorbance avait été ajustée à 0,72 à 517 nm. Après une incubation de 30 minutes à l'abri de la lumière, l'absorbance du mélange a été relevée à 517 nm, en comparaison avec un blanc (Brand-Williams et al. 1995, Christodoulou et al. 2022). Le pouvoir antioxydant a ensuite été exprimé sous forme de pourcentage d'inhibition, calculé selon la formule suivante :

$$\text{Inhibition (\%)} = [(\text{Absorbance du témoin} - \text{Absorbance de l'échantillon}) / \text{Absorbance du témoin}] \times 100$$

5.2. Détermination du pouvoir réducteur

Ce test mesure la capacité d'un extrait à réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}) dans un système redox. Le ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) est réduit en ferrocyanure, qui réagit ensuite avec FeCl_3 pour former un complexe vert. L'intensité de la coloration verte, mesurée à 700 nm, est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'échantillon (Shahidi et al 2015). La Figure 9 présente le mécanisme du pouvoir réducteur sur un antioxydant.

- **Réduction du ferricyanure :** $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{antioxydants} \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- **Formation du complexe vert :** $\text{Fe}^{3+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{complexe vert}$

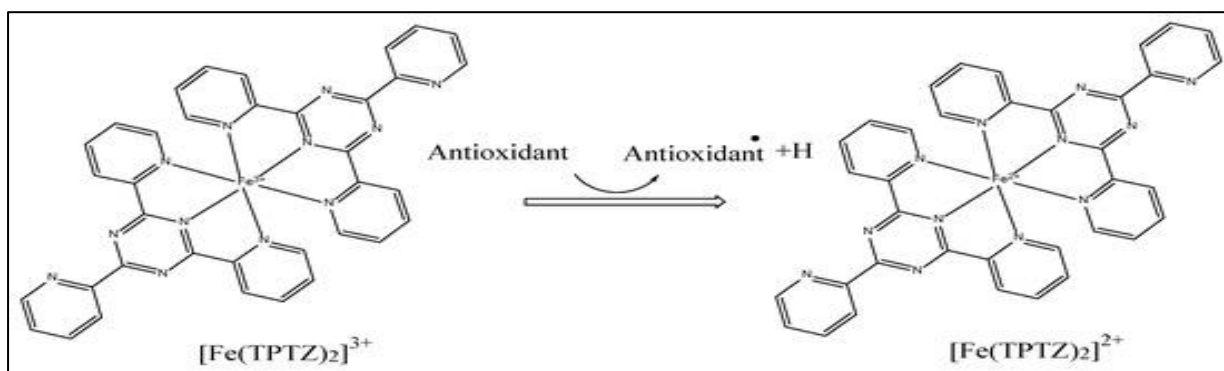


Figure 9 : Mécanisme du pouvoir réducteur sur un antioxydant (Christodoulou et al. 2022).

Pour évaluer le pouvoir réducteur, 0,5 mL d'extrait de noyau de datte ont été mélangés à 1,25 mL de tampon phosphate, suivi de l'ajout de 1,25 mL de solution de ferricyanure de potassium. Le mélange a ensuite été incubé au bain-marie à 50 °C pendant 20 minutes. Après incubation, 1,25 mL de solution d'acide trichloroacétique (TCA) ont été ajoutés. Une fois le mélange prêt, 1,25 mL de ce dernier ont été répartis dans trois tubes, chacun complété par 1,25 mL d'eau distillée et 250 μL de solution de chlorure de fer (FeCl_3). L'absorbance a été mesurée à 700 nm pour estimer la capacité réductrice des extraits (Oyaizu et al 1986, Ozsoy et al. 2008).

6. Caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des mayonnaises

6.1. Analyses physico-chimiques de la mayonnaise

6.1.1. Test de viscosité

La viscosité de la mayonnaise a été mesurée à l'aide d'un viscosimètre. Un échantillon homogène de mayonnaise a été prélevé, puis placé dans un récipient adapté. Le rotor du viscosimètre a été plongé dans l'échantillon sans toucher les parois, et les mesures ont été

réalisées à une température de 25 °C. La valeur de la viscosité a été relevée en centipoise (Teow, Choy et al.), avec trois répétitions afin d'obtenir une moyenne représentative.

6.1.2. Détermination de l'extrait sec total

La détermination de l'extrait sec total a été réalisée à l'aide d'un analyseur d'humidité à infrarouge. Un gramme de l'échantillon a été placé dans l'appareil, qui a effectué un séchage rapide en environ dix minutes. À la fin du processus, la teneur en extrait sec a été automatiquement calculée à partir de la perte en eau.

6.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH a été réalisée en introduisant l'électrode dans l'échantillon. La valeur du pH a ensuite été relevée avec précision. Le pH-mètre avait été préalablement étalonné à l'aide de solutions tampons de pH 4, 7 et 10.

6.1.4. Détermination de la teneur en sel

Le dosage du sel (chlorure de sodium) dans la mayonnaise repose sur la précipitation des ions chlorure (Cl^-) présents dans l'échantillon par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). Le chlorure réagit avec le nitrate d'argent pour former un précipité blanc de chlorure d'argent (AgCl). Une fois tous les ions Cl^- précipités, l'excès de nitrate d'argent réagit avec l'indicateur (chromate de potassium, K_2CrO_4) pour former un précipité rouge brique de chromate d'argent (Ag_2CrO_4). Ce changement de couleur marque la fin du titrage (Fennema et al. 2008).

Pour déterminer la teneur en sel, environ 5 g de mayonnaise ont été d'abord dilués dans 100 mL d'eau distillée tiède afin d'extraire le chlorure de sodium. Après homogénéisation, la solution a été filtrée pour éliminer les particules non solubles. Un volume de 25 mL du filtrat a ensuite été prélevé, puis 1 mL de solution de chromate de potassium a été ajouté. Le mélange a été titré à l'aide d'une solution de nitrate d'argent (AgNO_3 0,1 N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rouge brique persistante, signalant le point d'équivalence. Le volume de AgNO_3 consommé permet ensuite de calculer la teneur en NaCl dans l'échantillon selon la formule suivante (ISO 1989).

$$\% \text{ NaCl} = V \times N \times 58,5 / m \times 10$$

Où :

N : Normalité de la solution de nitrate d'argent ;

m : Masse de l'échantillon en gramme ;

V : Volume de AgNO₃ consommé (en mL).

6.1.5. Détermination de l'indice d'acidité

L'indice d'acidité permet de mesurer la teneur en acides gras libres présents dans un corps gras. Ces acides réagissent avec une base forte, en l'occurrence l'hydroxyde de sodium (NaOH), selon une réaction de neutralisation acido-basique. Lors du titrage, les ions H⁺ des acides gras interagissent avec les ions OH⁻ du NaOH, formant de l'eau et des sels de sodium. La quantité de KOH consommée est donc directement proportionnelle à la quantité d'acides gras libres, ce qui permet d'évaluer le degré d'hydrolyse du produit (Sadler et al 2010).

Pour la détermination de l'indice d'acidité, 1 g de mayonnaise a été prélevé, puis dissous dans de l'eau distillée préalablement chauffée. Quelques gouttes de phénolphthaléine ont ensuite été ajoutées. Le mélange a été titré à l'aide d'une solution de KOH 0,1 N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante (ISO 2020). L'indice d'acidité a été calculé selon la formule :

$$IA = (V \times N \times 60) / m \times 10.$$

Où :

V : Volume de NaOH utilisé (en mL) ;

N : Normalité du NaOH ;

M : Masse de l'échantillon (en grammes).

6.1.6. Détermination de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde mesure la concentration en peroxydes et hydroperoxydes formés lors de l'oxydation primaire des lipides. Ces composés instables, générés par la dégradation des acides gras insaturés, réagissent avec les ions iodures (I⁻) en libérant de l'iode moléculaire (I₂). L'iode libéré est ensuite dosé par une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃), qui le réduit en iodure (IFRA 2019).

Pour la détermination de l'indice de peroxyde, une masse précise d'environ 5 g d'échantillon a été dissoute dans un mélange de chloroforme et d'acide acétique glacial (2:3). Après ajout de quelques gouttes de solution saturée d'iodure de potassium (KI), le mélange a été laissé à l'abri de la lumière pendant une minute. De l'eau distillée a ensuite été ajoutée, puis le titrage a été réalisé avec du thiosulfate de sodium 0,01 N jusqu'à disparition complète de la teinte jaune, en utilisant de l'amidon comme indicateur en fin de titrage (ISO 2017a). L'indice de peroxyde a été calculé selon la formule :

$$IP = (V \times N \times 1000) / m$$

Où :

V : Volume de thiosulfate utilisé (en mL) ;

N : Normalité du thiosulfate ;

m : Masse de l'échantillon en grammes.

6.2. Analyse microbiologique des mayonnaises

Malgré son acidité élevée, la mayonnaise peut subir une contamination microbiologique, notamment par des levures, moisissures et, plus rarement, des bactéries comme *Salmonella* (surtout avec des œufs crus non pasteurisés). Ce risque augmente en cas de mauvaise hygiène, de contamination croisée ou de stockage prolongé à température inadéquate (Hill, et al. 2005, Smith et al 2008, Alu'datt et al. 2016).

6.2.1. Préparation des dilutions pour l'analyse microbiologique

Les échantillons de mayonnaise ont été homogénéisés, puis dilués selon la méthode des dilutions décimales successives dans une solution stérile de peptone tamponnée. Ces dilutions ont servi de base pour les différentes analyses microbiologiques (ISO 2017).

Pour l'analyse microbiologique, 10 g de mayonnaise ont été prélevés à l'aide d'un ustensile stérile, puis transférés dans un flacon contenant 90 mL de diluant stérile, tel que de l'eau peptonée tamponnée ou une solution de Ringer. Le mélange a été homogénéisé pendant environ une minute à l'aide d'un vortex ou manuellement, constituant ainsi la dilution mère au 10^{-1} . À partir de cette dilution, une série de dilutions décimales successives (10^{-2} , 10^{-3} , etc.) a été réalisée en transférant 1 mL de la dilution précédente dans 9 mL de diluant stérile, avec une homogénéisation soignée à chaque étape. Les dilutions obtenues ont ensuite été utilisées pour ensemercer les milieux de culture adaptés à l'analyse recherchée (FDA 2023). Concernant la recherche et le dénombrement de *Salmonella*, l'analyse débute par un pré-enrichissement en mélangeant 25 g de mayonnaise avec 225 mL d'eau peptonée tamponnée, suivi d'une incubation à 37 °C pendant 24 heures. Pour l'enrichissement, 0,1 mL du bouillon obtenu est transféré dans 10 mL de bouillon Rappaport Vassiliadis Soja (RVS) et incubé à 42 °C, tandis que 1 mL est ensemençé dans du bouillon Muller-Kauffmann, agité, puis incubé à 37 °C. Les dénombrements sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV : Germes recherchés dans les margarines élaborées et les conditions d'analyse.

Germe	Prélèvement	Milieu	Ensemencement	Incubation	Résultats attendu	Norme
Germes aérobie	1 ml de solution mère + 1 ml de la dilution 1/10	PCA	En masse	30°C / 72h	Colonies blanches	(ISO 2013)
Levures et moisissures	1 ml de solution mère + 1 ml de la dilution 1/1	OGA	En masse	30°C / 72h	Colonies rondes et opaques	(ISO 2008)
Coliformes	1 ml de solution mère	VRBL	En double	44°C / 24h à 48h	Colonies rouges-violettes	(ISO 2005)
<i>Staphylococcus Aureus</i>	1 ml de solution mère	PB	En masse	37°C / 24h à 48h	Colonies noires avec un halo	(ISO 2021b)
<i>Salmonelle</i>	2.5 de SM + 225 ml d'eau péptonée	SFB	En masse	37°C / 24h à 48h	Colonies vertes-bleues et centre noir	(ISO 2017b)

7. Étude de la stabilité oxydative des mayonnaises

Deux séries d'échantillons de mayonnaise ont été élaborées dans le but d'évaluer leur stabilité oxydative dans le cadre d'un test de vieillissement accéléré. Chaque série a été soumise à deux conditions de stockage distinctes pendant une durée de 50 jours : l'une à 4 °C (réfrigération) et l'autre à 40 °C (étuve). La Figure 10 présente la disposition des échantillons selon les conditions de conservation appliquées.

La détermination de l'acidité, l'indice de peroxyde a été réalisée tous les 5 jours afin de suivre la cinétique d'oxydation et de comparer l'efficacité antioxydante des extraits phénoliques à celle de l'EDTA et à un échantillon témoin.



Figure 10 : Séries d'échantillons de mayonnaise conservées à 4 °C et à 40 °C

8. Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle des mayonnaises a été réalisée en Avril 2025 au laboratoire d'analyse sensorielle de l'Université Abderrahmane Mira de Bejaia, équipé d'une salle de préparation et d'une salle d'évaluation nettoyée et aménagée avec des postes de dégustation individuels. Les conditions de dégustation ont été strictement standardisées afin de garantir la fiabilité des résultats : les dégustateurs ont été installés dans des cabines individuelles pour éviter toute interaction et un rinçage de la bouche a été effectué entre chaque dégustation. Cette analyse, qualitative et quantitative, a été menée auprès d'un panel expert constitué de treize dégustateurs expérimentés (enseignants, doctorants et personnels)

Cinq échantillons de mayonnaise codés ont été présentés simultanément à chaque dégustateur, accompagnés d'un questionnaire (voir annexe 1) :

- EC : code 217 (mayonnaise commercialisée)
- ET : code 328 (échantillon témoin sans ajout d'extrait)
- EE 50 : code 436 (ajout de 50 ppm d'extrait)
- EE 100 : code 382 (ajout de 100 ppm d'extrait)
- EE 150 : code 294 (ajout de 150 ppm d'extrait)

Chaque dégustateur a noté les échantillons selon plusieurs critères sensoriels : aspect, couleur, odeur, salinité, arôme, acidité, viscosité, saveur perçue et préférence globale. Une échelle de 1 à 5 a été utilisée pour l'ensemble des critères, sauf pour la préférence globale notée sur une échelle de 1 à 9. Les conditions de dégustation ont été strictement standardisées pour

garantir la fiabilité des résultats : les dégustateurs ont été installés dans des cabines individuelles afin d'éviter toute interaction, et un rinçage de la bouche a été effectué entre chaque dégustation. La disposition des cabines individuelles utilisée lors de l'évaluation sensorielle est représentée dans la Figure 11.



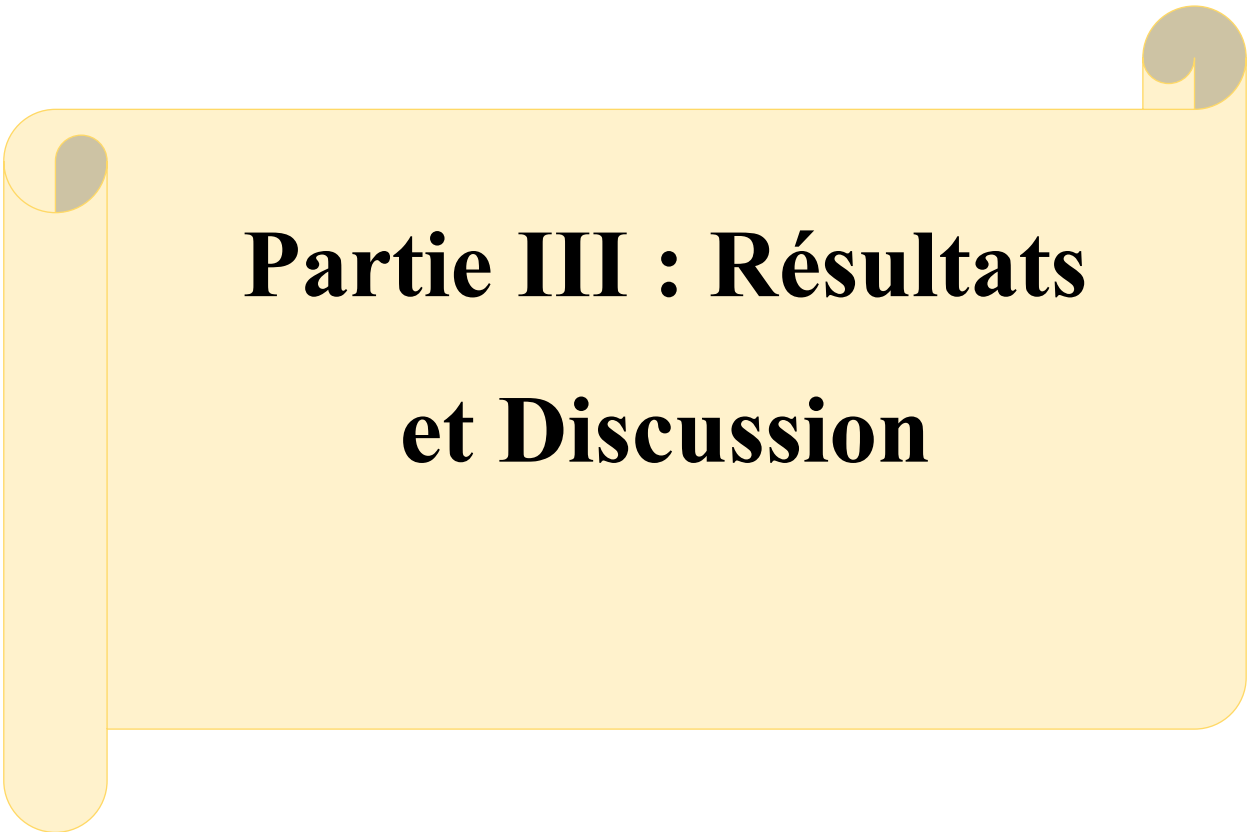
Figure 11 : Disposition des cabines individuelles d'analyse sensorielle lors de l'évaluation des échantillons.

9. Analyse Statistique

Trois essais ont été effectués pour les différentes analyses et des méthodes statistiques conventionnelles ont été utilisées pour calculer les moyennes et les écarts-types des trois mesures. Une analyse statistique a été réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, et ce, pour chaque paramètre en appliquant une analyse de la variance (ANOVA) suivie du test de LSD de Fisher à l'aide d'un logiciel STATISTICA 7.1. Le degré de signification des résultats a été pris à la probabilité $p < 0,05$.

L'analyse des données sensorielles a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT **version 2014.5.03**, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques, impliqués dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors d'Excel. L'accès aux différents modules est possible grâce à des menus et à des barres d'outils ([Addinsoft 2013](#)). Les principales fonctionnalités de ce logiciel utilisées pour interpréter les résultats de l'évaluation sensorielle effectuées sont : Caractérisation de produits, Analyse en composante principale (ACP), Classification ascendante hiérarchique (CAH) et Préférence MAPPING (PREFMAP).

Par ailleurs, le logiciel **Minitab (version 21.4)** a été utilisé pour la modélisation statistique et l'élaboration de modèles prédictifs des paramètres de stabilité des échantillons au cours du stockage. Minitab est un logiciel d'analyse statistique permettant la réalisation d'analyses de régression, de plans d'expériences et de graphiques facilitant l'interprétation des résultats de manière claire et structurée, contribuant ainsi à la compréhension de l'évolution des paramètres en fonction des conditions de stockage ([Manly et al. 2024](#))

A yellow scroll graphic with a thin gold border, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a small grey circular detail at the top. The text is centered on the horizontal strip.

Partie III : Résultats et Discussion

1. Rendement d'extraction

Dans la présente étude, l'extraction des composés phénoliques à partir de 10 g de poudre de noyaux de dattes a permis d'obtenir un rendement d'extraction de 23,6 %. Ce rendement reflète une bonne efficacité d'extraction par macération hydroalcoolique, notamment grâce à la répétition des extractions jusqu'à épuisement des composés phénoliques.

Une étude publiée dans le *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* a rapporté un rendement de 5,97 % pour la fraction phénolique isolée à partir des noyaux de dattes, ce qui est nettement inférieur à celui obtenu dans la présente étude, [Bikri et al. \(2021\)](#). D'autre part, une étude par extraction supercritique (SFE) a rapporté des rendements allant de 25 % à 45 % selon les conditions de température et de pression appliquées (160–180 °C), dépassant légèrement le rendement obtenu dans notre étude, ce qui reflète l'efficacité des techniques SFE pour l'extraction des composés bioactifs ([Mrabet et al. 2022](#)). [Ghafoor et al. \(2022\)](#), ont également évalué l'extraction des composés bioactifs des noyaux de dattes en utilisant le CO₂ supercritique et ont rapporté des rendements compris entre 7,52 % et 8,28 % selon la variété de datte, des valeurs nettement inférieures à celles obtenues dans notre protocole utilisant la macération hydroalcoolique.

Enfin, une autre étude sur cinq variétés de dattes (*Ajwa*, *Anbara*, *Piyarom*, *Rabbi* et *Deglet Nour*) utilisant une macération à 80 % d'éthanol a rapporté des rendements allant de 16 % à 23 %, avec un maximum de 23,8 % pour la variété *Piyarom*, une valeur très proche de notre rendement de 23,6 % ([Kadum et al. 2019](#)). Ces comparaisons confirment que le rendement de 23,6 % obtenu dans cette étude est compétitif et valide l'efficacité du protocole utilisé.

Les variations entre les études peuvent être attribuées aux différences dans les méthodes d'extraction, le type et la polarité de solvant ([Almusallam et al. 2021](#)), la variété des dattes, ainsi qu'aux conditions de température et de pression utilisées ([Milenković et al. 2025](#)). Ainsi, l'utilisation d'une macération hydroalcoolique répétée avec un mélange éthanol-eau (70:30, v/v) sous agitation se révèle être une méthode simple et efficace pour l'extraction des composés phénoliques à partir des noyaux de dattes.

2. Teneurs en composés phénoliques et Activités antioxydantes de l'EPND

Dans la présente étude, l'extraction des composés phénoliques à partir des noyaux de dattes par macération avec de l'éthanol a permis d'obtenir une teneur en polyphénols totaux de $1937,22 \pm 0,79$ mg EAG/100 g, tandis que les tanins et les flavonoïdes ont été quantifiés à $29,25 \pm 0,55$ mg/100 g et $6,11 \pm 0,26$ mg/100 g, respectivement. L'activité antioxydante a présenté des valeurs remarquables, avec une capacité de piégeage des radicaux DPPH de $14\,002,19$ μ mol TE/100 g et un pouvoir réducteur de $3719,20$ μ mol TE/100 g (Tableau V).

Tableau V : Résultats des analyses antioxydantes et des composés phénoliques de la poudre de noyaux de dattes (pour 100 g de matière sèche).

Paramètre analysé	Résultat obtenu (pour 100 g de poudre)
Polyphénols totaux	$1937,219 \pm 0.785$ mg EAG/100 g
Tanin	$29,250 \pm 0,549$ mg/100 g
Flavonoïdes	$6,11 \pm 0,26$ mg/100 g
DPPH	$14\,002,19 \pm 743,4793333$ μ mol TE/100 g
Pouvoir réducteur	$3719,20 \pm 176,314$ μ mol TE/100 g

Comparativement aux études antérieures sur les noyaux de dattes, [Osaili et al. \(2024\)](#), ont rapporté une teneur en polyphénols de 448 mg EAG/100 g, nettement inférieure à nos résultats. [Khalil et al. \(2025\)](#), ont quant à eux rapporté des teneurs en polyphénols variant entre $65,66 \pm 3,25$ et $169,15 \pm 5,22$ mg EAG/100 g, aussi inférieures à nos résultats probablement en raison des conditions d'extraction moins favorables, notamment concernant le choix du solvant, la durée et la température, qui influencent significativement l'extraction des polyphénols, confirmant l'efficacité de notre protocole d'extraction à l'éthanol.

[Alfaleh et al \(2024\)](#), ont présenté des valeurs comprises entre 2078 et 4268 mg EAG/100 g selon les solvants NADES utilisés et l'application d'ultrasons. Nos résultats, bien que légèrement inférieurs, s'expliquent par l'absence d'ultrasons et l'utilisation de méthode conventionnels. Quand à [Messadi et al. \(2023\)](#), ils ont signalé des teneurs très élevées, allant de 4095 à 8012,7 mg EAG/100 g, supérieures à nos valeurs, ce qui pourrait être attribué à

l'utilisation de mélanges de solvants performants (méthanol/acétone/eau) et aux variétés spécifiques analysées.

Concernant les tanins, la teneur obtenue dans notre étude (29,25 mg/100 g MS) reste modeste comparée aux valeurs très élevées rapportées dans certaines études (jusqu'à 3246,4 mg/100 g MS pour certaines variétés de l'étude de [Messadi et al. \(2023\)](#)). Toutefois, elle demeure largement supérieure aux teneurs en anthocyanines rapportées par [Ghafoor et al. \(2022\)](#), qui varie de 0,39 à 1,00 mg/100 g), confirmant l'intérêt des noyaux de dattes en tant que source de tanins.

Pour les flavonoïdes, notre échantillon a enregistré une teneur de $6,11 \pm 0,26$ mg/100 g qui se situe en dessous des valeurs rapportées par [Khalil et al. \(2025\)](#), qui sont comprises entre 28,45 et 112,69 mg/100 g. Cette différence pourrait s'expliquer par la nature des flavonoïdes extraits, leur polarité, et leur affinité variable avec l'éthanol, qui favorise l'extraction de certaines fractions spécifiques ([Khoddami et al. 2013](#)).

En ce qui concerne l'activité antioxydante, elle est estimée à 14 002,19 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$, pour l'activité au DPPH et à 3719,20 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$, pour le pouvoir réducteur dépassent largement celles relevées dans [Messadi et al. \(2023\)](#), où le pouvoir réducteur variait entre 35,1 et 85,9 $\mu\text{mol AAE}/\text{mL}$. De même, l'étude de [Djaoudene et al. \(2024\)](#) a rapporté une capacité DPPH de 64,27 mg GAE/g MS, tandis que d'autres travaux utilisant l'extraction assistée par solvant accéléré et DES ont enregistré des valeurs comprises entre 578,54 et 842,99 mM TE/g MS.

Le pouvoir réducteur mesuré pour notre extrait confirme une capacité antioxydante élevée, nettement supérieure aux valeurs mentionnées dans la littérature, par exemple [Bahiani, et al. \(2024\)](#), rapportent des valeurs allant de 863,50 à 1980,46 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g MS}$, et dans [Messadi, et al. \(2023\)](#), avec des valeurs entre 35,1 et 85,9 $\mu\text{mol AAE}/\text{mL}$. Bien que ces études confirment le potentiel antioxydant des noyaux de dattes, les valeurs obtenues dans notre travail sont significativement supérieures. Ces écarts entre les différentes études peuvent s'expliquer par de nombreux facteurs tels que le climat, les conditions environnementales, le cultivar, le degré de maturité, ainsi que les protocoles d'extraction employés. D'autres variables comme la variété, l'origine géographique, les pratiques culturelles, la nature du sol, les saisons et les conditions de stockage peuvent également influencer les teneurs en composés bioactifs. De plus, la polarité des solvants utilisés affecte fortement la solubilité et l'extraction des

polyphénols, chaque composé ayant une polarité spécifique qui conditionne son affinité pour le solvant choisi (Nawaz et al. 2024).

En résumé, ces résultats confirment le potentiel élevé des noyaux de dattes comme source naturelle de composés phénoliques, de tanins et d'antioxydants, pouvant être valorisés comme ingrédients fonctionnels ou antioxydants naturels dans l'industrie alimentaire et nutraceutique.

3. Caractéristiques physico-chimiques de la mayonnaise

Les paramètres physico-chimiques de la mayonnaise sont essentiels pour garantir sa qualité, sa texture et sa conservation. Ils comprennent la viscosité, le taux de sel, le pH, l'extrait sec, l'acidité ainsi que l'indice de peroxyde. L'analyse de ces paramètres permet de contrôler la fraîcheur du produit et d'assurer sa conformité aux normes alimentaires. Les résultats des analyses physicochimiques des différents échantillons de mayonnaise sont représentés dans le Tableau VI, ci-après :

Tableau VI : Paramètres physico-chimiques des différentes mayonnaises.

Échantillon	Viscosité	Sel (% NaCl)	pH	Extrait sec (%)	Acidité (mg KOH/g)	Peroxyde (meq O ₂ /kg)
EC	15854 ± 845a	1.7 ± 0.015a	3.21 ± 0.02a	76.53 ± 0.25ab	0,27 ± 0.01a	0
ET	15825 ± 812a	1.590 ± 0.018b	3,22 ± 0.02a	76.72 ± 0.22a	0,26 ± 0.01a	0
EE 50	15789 ± 860a	1.626 ± 0.017ab	3,24 ± 0.03a	75.94 ± 0.30b	0,25 ± 0.01a	0
EE 100	15829 ± 830a	1.683 ± 0.016a	3,22 ± 0.02a	78.22 ± 0.28a	0,25 ± 0.01a	0
EE 150	15843 ± 790a	1.552 ± 0.019b	3,23 ± 0.02a	77.78 ± 0.26ab	0,33 ± 0.01a	0

❖ Viscosité

Les valeurs mesurées pour la viscosité oscillent entre 15789 à 15854, avec la valeur la plus basse enregistrée pour ET, tandis que EC présente la viscosité la plus élevée. Ces variations restent minimales et sans impact notable sur la texture du produit. Malgré l'ajout d'extrait phénolique dans trois des échantillons, aucune tendance claire à l'augmentation ou à la diminution de la viscosité n'est observée, ce qui indique que cet ingrédient n'influence pas de manière significative la structure rhéologique de la mayonnaise.

On remarque également, que ces résultats s'inscrivent pleinement dans les exigences de qualité internes de Cevital, qui considèrent une viscosité entre 5 000 et 30 000cP comme satisfaisante pour garantir une bonne stabilité de l'émulsion et une texture agréable à l'utilisation.

L'analyse statistique par ANOVA n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les échantillons pour ce paramètre, confirmant que l'ajout d'extrait phénolique n'influence pas de manière significative la viscosité de la mayonnaise.

❖ Taux de sel

Le sel est souvent ajouté à la mayonnaise pour rehausser la saveur, améliorer la sapidité et la stabilité de l'émulsion, et prolonger sa durée de conservation grâce à son effet bactériostatique ([Hansen 2006](#)). Les résultats mentionnés dans le Tableau VI montrent que l'échantillon commercialisé présente la valeur la plus élevée, tandis que l'échantillon enrichi à 150 ppm présente la valeur la plus faible. Ces variations restent toutefois limitées, suggérant que l'incorporation d'antioxydant naturel, quelle que soit la concentration appliquée, n'affecte pas de manière significative la teneur en sel des échantillons de mayonnaise. Par ailleurs, l'ensemble des teneurs mesurées respecte la plage normative de 1,5 % à 2,0 % appliquée au niveau de Cevital pour la mayonnaise, garantissant ainsi la conformité des formulations étudiées aux exigences de qualité et aux critères technologiques liés à la conservation et aux propriétés organoleptiques du produit.

Toutefois, l'analyse statistique indique une différence significative ($p < 0,05$) entre les échantillons, avec l'échantillon commercialisé présentant une teneur en sel significativement plus élevée que l'échantillon enrichi à 150 ppm. Cependant, l'incorporation d'antioxydant

naturel, quelle que soit la concentration appliquée, n'a pas induit de variations dépassant la plage normative et technologique.

❖ pH

Les valeurs de pH mesurées varient entre 3,21 et 3,24, ce qui montre une parfaite stabilité acide de tous les échantillons. Toutes les valeurs répondent à la norme recommandée par Cevital (3,7), ce qui est essentiel pour garantir une bonne conservation microbiologique et une saveur équilibrée du produit final. Aucune modification notable du pH n'est observée suite à l'ajout d'extrait phénolique, peu importe sa concentration. Cela démontre que l'extrait n'a pas d'effet acidifiant ou tampon apparent sur le système.

Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été relevée entre les échantillons, confirmant que l'extrait phénolique n'influence pas le pH de la mayonnaise

❖ Extrait sec

Les résultats de l'extrait sec dans les différents échantillons sont tous très proches, allant de 75,94 % à 77,78 %. Ces données montrent que toutes les formulations présentent une teneur élevée en matière sèche, reflétant une bonne concentration des composants solides dans la phase dispersée. On observe une légère augmentation de l'extrait sec avec l'augmentation de la concentration en extrait phénolique, notamment pour EE 100(100 ppm) et EE 150(150 ppm), qui dépassent même les valeurs des échantillons témoin et commercialisé. Cela peut s'expliquer par l'effet structurant de l'extrait de noyaux de dattes, qui contribue à renforcer la texture globale de l'émulsion ([Afifi et al. 2017](#)).

La valeur la plus faible (75,94 %) enregistrée pour EE 50 (50 ppm) reste toutefois comparable à celle des autres échantillons, suggérant que même une faible dose d'extrait n'altère pas la structure de la mayonnaise, mais que l'effet est plus significatif à partir de 100 ppm.

En comparaison avec les exigences industrielles de Cevital, qui imposent une teneur en extrait sec supérieure à 70 %, toutes les formulations respectent cette norme, confirmant leur conformité et leur aptitude à la commercialisation.

L'analyse statistique par ANOVA a révélé une différence significative ($p < 0,05$) entre les échantillons, notamment avec EE 100 affichant une teneur en extrait sec significativement plus élevée que EE 50 et l'échantillon commercialisé, confirmant l'effet structurant potentiel de l'extrait à partir de 100 ppm.

❖ **Indice d'acidité**

L'indice d'acidité varie entre 0,33 et 0,36 mg KOH/g, avec des écarts très faibles entre les échantillons. Cette faible acidité reflète une excellente qualité des matières grasses utilisées et une bonne maîtrise des procédés de fabrication, évitant toute dégradation précoce. L'ajout d'extraits phénoliques, censé stabiliser davantage les lipides, ne semble pas avoir eu d'effet mesurable sur ce paramètre, les résultats restant très proches de ceux des échantillons témoins.

En matière de conformité, ces niveaux d'acidité sont bien en dessous de la limite maximale fixée par Cevital, qui tolère jusqu'à 0,4 mg KOH/g, ce qui témoigne de la fraîcheur et de la stabilité du produit.

Les différences entre échantillons ne sont pas significatives ($p > 0,05$), indiquant que l'ajout d'extrait phénolique n'a pas eu d'impact mesurable sur ce paramètre

❖ **Indice de peroxyde**

L'ensemble des échantillons analysés présente une valeur nulle de l'indice de peroxyde (0 meq O₂/kg), que ce soit la mayonnaise commerciale contenant un antioxydant de synthèse (EC), la mayonnaise témoin sans conservateur (ET), ou celles enrichies en extrait de noyaux de dattes à différentes concentrations (EE 50, EE 100 et EE 150). Ces résultats sont totalement conformes aux exigences de la norme industrielle de Cevital, qui impose une valeur maximale de 0,5 meq O₂/kg pour les produits gras. Avec un indice de 0, les mayonnaises sont donc en excellentes état de fraîcheur et de stabilité.

L'indice de peroxyde est un paramètre fondamental pour évaluer le degré d'oxydation des lipides dans les produits gras comme la mayonnaise. Une valeur nulle indique l'absence de peroxydes primaires, produits initiaux de l'oxydation lipidique. Cela signifie que tous les échantillons sont parfaitement stables du point de vue oxydatif au moment de l'analyse ([Hill et al. 2005](#)).

Cette stabilité peut s'expliquer par plusieurs facteurs, une formulation initiale bien maîtrisée, des conditions de fabrication hygiéniques, et une conservation adéquate limitant l'exposition à l'air, la chaleur ou la lumière ainsi évitant tout facteur qui causerait une oxydation ([Gorji et al. 2016](#)).

Aucune analyse statistique n'a été réalisée pour ce paramètre, les valeurs étant nulles pour l'ensemble des échantillons.

4. Analyses microbiologiques des mayonnaises

Les résultats obtenus présentés dans le Tableau VII, montrent une excellente stabilité microbiologique de l'ensemble des échantillons testés (résultat satisfaisant). Aucun germe pathogène n'a été détecté (*Salmonella*, *Staphylocoques*), les Levures et moisissures sont inférieurs à 10 UFC/g, et *Escherichia coli* sont bien en dessous des limites fixées par la réglementation algérienne et les exigences industrielles (JORA 2017).

L'ajout d'extrait phénolique dans la formulation de la mayonnaise n'a pas entraîné de réduction significative de la charge microbienne en comparaison au témoin et au commercialisé. Cependant, cette absence d'effet n'indique pas une inefficacité de l'antioxydant naturel, mais plutôt que les échantillons étaient déjà formulés et conservés dans des conditions assurant une sécurité microbiologique optimale.

Tableau VII : Résultats des analyses microbiologiques des échantillons de mayonnaise

Paramètre	EC UFC/g	ET UFC/g	EE 50 UFC/g	EE 100 UFC/g	EE 150 UFC/g	Norme Selon (JORA 2017)	
						m	M
<i>Staphylocoques</i> pathogènes	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	10	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	4	40
<i>Salmonella</i>	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absence	
<i>Levures</i> et <i>moisissures</i>	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	10	10 ²

5. Évolution des mayonnaises à 4 °C

La peroxydation lipidique entraîne la perte de chaînes latérales d'acides gras insaturés, un moyen simple de mesurer son ampleur est donc de suivre la diminution des acides gras

(Cadenas and Packer 2002). L'indice d'acidité reflète la quantité de groupes carboxyliques libres présents dans les acides gras, résultant principalement de l'hydrolyse des triglycérides en présence d'eau, mais également de réactions d'oxydation (Minasian, Pirouzifard et al. 2024).

Dans cette étude, une série d'échantillons de mayonnaise enrichis en extraits de noyaux de dattes à différentes concentrations a été suivie durant 55 jours à 4 °C, en évaluant la stabilité oxydative par le suivi de l'acidité et de l'indice de peroxyde, en comparaison avec un témoin sans antioxydant et une mayonnaise contenant de l'EDTA.

Les résultats présentés dans la Figure 12 indiquent que l'indice d'acidité augmente pour tous les échantillons. Une augmentation similaire a été rapportée par Minasian et al. (2024), Surin, et al. (2025) et même pour Khalid et al. (2021), attribuée au pH bas de la mayonnaise favorisant la libération de fer lié à la phosvitine, ce fer activant les enzymes oxydatives et hydrolytiques présentes dans l'œuf, entraînant la décomposition des triglycérides en acides gras libres. De plus, la croissance de bactéries acidotolérantes comme les lactobacilles peut contribuer à cette augmentation (Minasian et al. 2024).

En fin de stockage, le témoin présente l'indice d'acidité le plus élevé, suivi de l'échantillon à 150 ppm, 100 ppm, 50 ppm, et enfin de l'échantillon contenant l'EDTA. Ainsi, la mayonnaise enrichie en composés phénoliques de noyaux de dattes présente l'indice d'acidité plus faible que le témoin mais plus grande que celui à l'EDTA (0,30), reflétant un effet protecteur de l'extrait sur l'hydrolyse lipidique.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de Surin et al. 2025, Teow et al. 2025, Minasian et al. 2024 et Nessabian et al. 2024 qui ont montré que l'incorporation d'extraits végétaux antioxydants peut réduire l'hydrolyse des lipides dans les émulsions type mayonnaise.

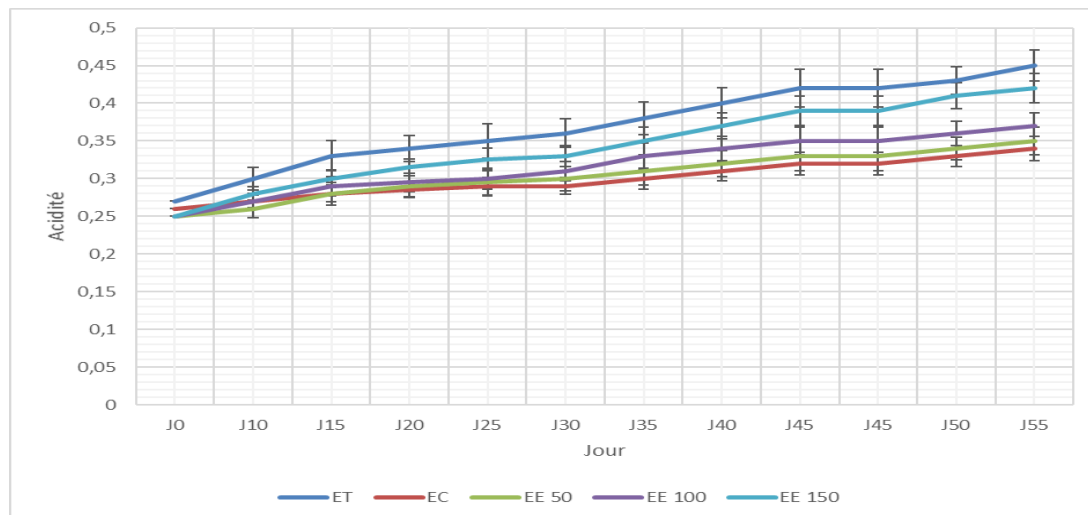


Figure 12 : Evolution de l'acidité pour une température de 4 °C

Au cours de la phase primaire de l'oxydation lipidique, des hydroperoxydes sont produits, mesurés par l'indice de peroxyde (IP), ces composés instables se décomposant ensuite en produits secondaires tels que les cétones et aldéhydes ([Alizadeh et al. 2019](#)). Le suivi de l'évolution du IP à 4 °C (Figure 13) a permis d'observer quatre phases distinctes : une première phase (J0-J40) caractérisée par des valeurs nulles de IP pour tous les échantillons, indiquant une bonne stabilité oxydative initiale, suivie d'une augmentation à J45 marquant le début de l'oxydation, puis d'une diminution à J50 liée à la dégradation des hydroperoxydes en composés secondaires non détectés, et enfin d'une nouvelle augmentation à J55 traduisant une accélération de l'oxydation pendant le stockage prolongé ([Alizadeh et al. 2019](#)). En fin de stockage, le témoin a présenté les valeurs de IP les plus élevées, suivi des échantillons enrichis à 150, 100, 50 ppm, et enfin de l'échantillon contenant de l'EDTA, confirmant ainsi l'effet protecteur de l'extrait de noyaux de dattes contre l'oxydation lipidique, bien que son efficacité reste inférieure à celle de l'EDTA. Ces résultats sont cohérents avec ceux de [Surin et al. 2025](#), [Teow et al. \(2025\)](#), [Minasian, et al. \(2024\)](#) et [Nessabian et al. \(2024\)](#) et confirment que l'incorporation d'antioxydants naturels peut limiter la progression de l'oxydation lipidique dans les systèmes émulsionnés, contribuant ainsi à prolonger la stabilité et la qualité des mayonnaises durant leur conservation au froid.

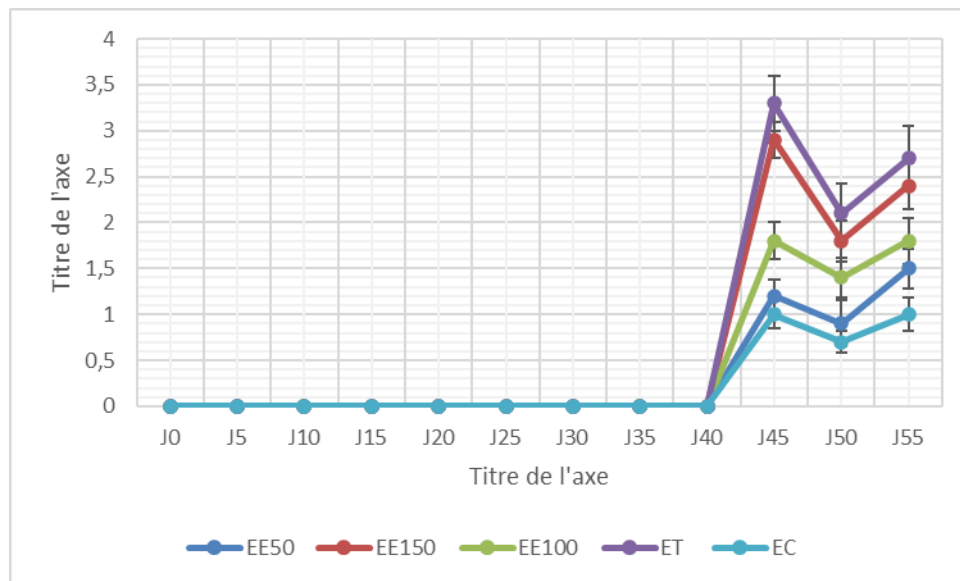


Figure 13 : Evolution de l'indice du peroxyde pour une température de 4 °C

6. Vieillissement accéléré des mayonnaises à 40 °C

L'étude de la stabilité oxydative des mayonnaises à 40 °C permet de simuler un vieillissement accéléré et d'anticiper le comportement du produit en conditions de conservation prolongée ou en cas d'abus de température (Calligaris et al. 2019 ; Merckx et al. 2021). La température élevée accélère simultanément l'hydrolyse des triglycérides, l'oxydation lipidique (Gorji et al. 2016) ainsi que la dégradation des antioxydants naturellement présents, modifiant significativement l'acidité et l'indice de peroxyde tout au long de la période de stockage (Zhong et al 2015).

Concernant l'évolution de l'indice d'acidité à 40 °C, les résultats (Figure 14) montrent une augmentation progressive durant toute la période de stockage, avec des valeurs nettement plus élevées que celles observées à 4 °C. Cette évolution s'explique par l'effet accélérateur de la température sur l'hydrolyse des triglycérides en acides gras libres, favorisée par l'énergie thermique disponible (Gorji et al. 2016), ainsi que par l'activation des enzymes lipolytiques et oxydatives présentes dans les composants de la mayonnaise, tels que l'œuf et la phase aqueuse. De plus, la croissance de bactéries acidotolérantes, telles que les lactobacilles, pourrait également renforcer ce phénomène (Minasian et al. 2024). Par ailleurs, la dégradation thermique des antioxydants présents réduit leur efficacité protectrice contre l'hydrolyse, contribuant à cette augmentation (Zhong et al 2015). En fin de stockage, le témoin présente l'indice d'acidité le plus élevé, suivi des échantillons à 150 ppm et 100 ppm, puis de

l'échantillon à 50 ppm, tandis que celui contenant de l'EDTA affiche l'acidité la plus faible. Cette hiérarchisation laisse supposer que la mayonnaise enrichie est bien plus stable que le témoin et que celle à 50 ppm c'est celle qui se rapproche le plus avec celle enrichie avec l'EDTA mais reste toujours moins efficace. Ces observations sont en accord avec les travaux de [Kum et al. \(2025\)](#) et [Peters et al \(2025\)](#),

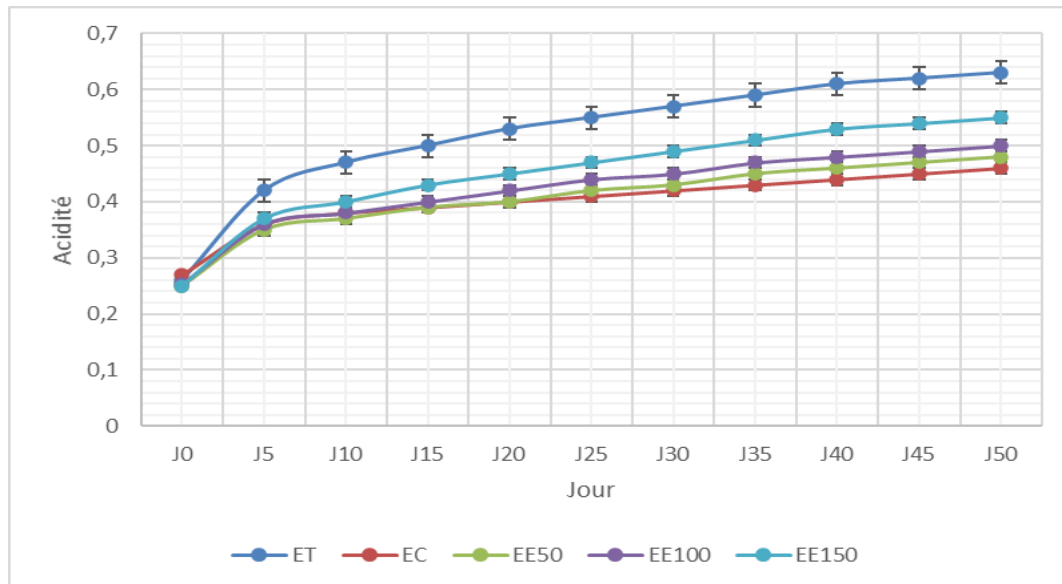


Figure 14 : graphe d'évolution de l'acidité pour une température de 40 °C

L'indice de peroxyde (IP) constitue un indicateur clé pour évaluer le stade primaire de l'oxydation lipidique, permettant de mesurer la formation de peroxydes et d'hydroperoxydes, des produits intermédiaires instables précédant la formation de composés secondaires tels que les aldéhydes et les cétones ([Alizadeh et al. 2019](#)). Le suivi de IP à 40 °C (Figure 15) met en évidence quatre phases successives. Dans un premier temps, de J0 à J35, tous les échantillons, enrichis ou non, présentent des valeurs nulles de IP, indiquant une stabilité oxydative initiale satisfaisante malgré la température élevée, en raison de l'activité résiduelle des antioxydants et de la résistance initiale des lipides à l'oxydation ([Gorji et al. 2016](#)). Par la suite, entre J35 et J45, une augmentation progressive des IP est observée, traduisant le début des réactions d'oxydation lipidique favorisées par l'oxygène dissous et la température, comme le décrivent [Depre et al. \(2001\)](#) et [Gorji et al. \(2016\)](#). Après J45, une diminution des IP est constatée, liée à la dégradation des hydroperoxydes en produits secondaires tels que les aldéhydes, cétones et hydrocarbures ([Alizadeh et al. 2019](#)). En fin de stockage, une nouvelle augmentation des IP apparaît, indiquant la poursuite de l'oxydation des lipides restants dans le système, en particulier dans le témoin dépourvu d'antioxydants. Le classement final des valeurs de IP reflète

celui observé pour l'acidité : le témoin présente la valeur la plus élevée, suivi des échantillons à 150, 100 et 50 ppm, puis de l'échantillon contenant de l'EDTA, ce qui confirme l'efficacité de l'extrait de noyaux de dattes pour limiter l'oxydation lipidique, bien que son effet protecteur à haute température soit moins marqué et dépende des concentrations utilisées. Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par [Kum et al. \(2025\)](#) et [Peters et al \(2025\)](#), qui ont montré que l'ajout d'antioxydants naturels dans les émulsions huile-eau retarde le développement de l'oxydation lipidique, tout en soulignant que leur efficacité peut être réduite sous l'effet de températures élevées.

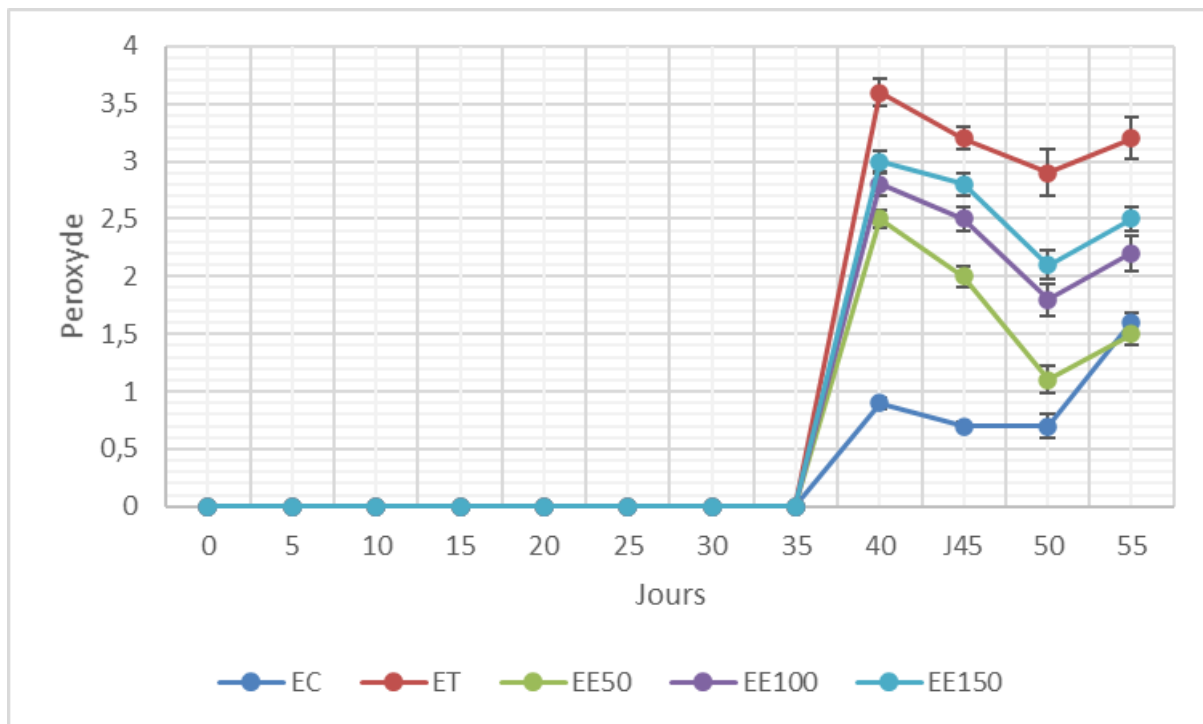


Figure 15 : Evolution de l'indice du peroxyde pour une température de 40 °C

7. Prédiction de la date de péremption à l'aide du Logiciel Minitab

Le suivi des différents échantillons de mayonnaises (commercial, enrichies en EPND et le témoin) à des températures de 4°C et 40°C, pendant 55 jours et la détermination de l'indice de peroxyde (IP) et la limite supérieure (LS) ont permis d'évaluer la stabilité du produit.

L'analyse effectuée à 40 °C, température couramment utilisée pour simuler des conditions de stockage accélérées, a permis d'évaluer la durée pendant laquelle l'indice de peroxyde (IP) reste inférieur à une limite critique de 10 mg/kg, avec un seuil de confiance de 95 %. Cette approche visait à comparer l'effet des différents extraits antioxydants sur la stabilité oxydative

Résultats et discussion

des échantillons. Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée sur les données pour identifier les différences significatives entre les échantillons.

Les résultats (Tableau VIII) mettent en évidence une dégradation accélérée de la matière grasse sous l'effet thermique, confirmant le rôle clé de la température dans l'oxydation lipidique. L'échantillon EC présente la meilleure stabilité oxydative à 40 °C, avec une durée moyenne de $245,08 \pm 9,82$ jours et une pente très faible ($0,0233 \pm 0,0014$ mg/kg/jour). L'ANOVA confirme que cette performance est statistiquement significative ($p < 0,05$) comparée aux autres échantillons, notamment au témoin ET, qui affiche la durée la plus courte ($123,97 \pm 4,13$ jours) et la pente la plus élevée ($0,0711 \pm 0,0029$ mg/kg/jour), indiquant une forte progression de l'oxydation.

Tableau VIII : Durées de stockage et pentes d'oxydation des différents lots à 40 °C

Echantillons	EC	EE 50	ET	EE 100	EE 150
Durée (s)	$245,08 \pm 9,82a$	$189,13 \pm 7,30b$	$123,97 \pm 4,13c$	$156,45 \pm 5,93d$	$144,62 \pm 4,32e$
Pente (IP/j) (vitesse de l'oxydation)	$0,0233 \pm 0,001a$	$0,0370 \pm 0,002b$	$0,0711 \pm 0,003c$	$0,0503 \pm 0,002d$	$0,0566 \pm 0,002e$

Les mayonnaises enrichies en extraits phénoliques présentent des profils variés. L'échantillon EE 50 montre une durée de $189,13 \pm 7,30$ jours et une pente modérée de $0,0370 \pm 0,0019$ mg/kg/jour, résultats significativement meilleurs que ceux du témoin ($p < 0,05$). Cependant, les échantillons EE 100 et EE 150, bien que toujours supérieurs au témoin, présentent des durées de $156,45 \pm 5,93$ et $144,62 \pm 4,32$ jours, respectivement avec des pentes plus marquées ($0,0503 \pm 0,0023$ et $0,0566 \pm 0,0020$ mg/kg/jour, respectivement), traduisant une efficacité antioxydante diminuée à forte concentration.

À 4 °C, condition réfrigérée reflétant des pratiques de conservation usuelles, les durées de conservation sont significativement plus longues pour tous les échantillons ($p < 0,01$), tel que représenté dans le Tableau IX. L'échantillon EC confirme sa supériorité avec une durée de $269,69 \pm 31,16$ jours et une pente de $0,0231 \pm 0,0034$ mg/kg/jour, sans différence significative par rapport à EE 50 ($p > 0,05$). Fait remarquable, l'échantillon EE 100 affiche ici des performances très élevées avec une durée de $227,46 \pm 36,09$ jours et une pente extrêmement

Résultats et discussion

basse ($0,0170 \pm 0,0023$ mg/kg/jour), démontrant une efficacité antioxydante significative sous réfrigération ($p < 0,05$) comparée aux témoins, EE 50 et EE 150.

Tableau IX : Durées de stockage et pentes d'oxydation des différents lots à 4 °C

Echantillons	EC	EE 50	EE 100	EE1 50	ET
Durée (s)	$269,69 \pm 31,16a$	$224,90 \pm 21,47b$	$227,46 \pm 36,09b$	$166,41 \pm 14,98c$	$176,88 \pm 21,33c$
Pente (IP/j) vitesse de l'oxydation)	$0,0231 \pm 0,0034ab$	$0,0315 \pm 0,003a$	$0,0170 \pm 0,002bc$	$0,0501 \pm 0,005d$	$0,0440 \pm 0,004e$

L'ANOVA appliquée à ces données confirme que les différences observées entre les échantillons de mayonnaises sont globalement significatives ($p < 0,05$), en particulier entre les extrêmes (EC et ET, EE150 et ET). Les résultats soulignent aussi que l'efficacité des extraits phénoliques n'augmente pas linéairement avec la concentration : la concentration 50ppm offre un meilleur compromis entre stabilité à chaud et à froid, contrairement à la concentration 150ppm qui semble donner une mayonnaise sensible à la chaleur.

L'analyse croisée des deux températures révèle l'impact majeur du stress thermique sur la cinétique d'oxydation. À 40 °C, la durée de conservation chute pour tous les échantillons. Le EC perd environ 9,2 % de sa durée (de 269,69 à 245,08 jours), tandis que EE150 subit une baisse de 57,2 % (de 227,46 à 144,62 jours), accompagnée d'une hausse de pente de +70 % (de 0,0170 à 0,0566 mg/kg/jour). Ces écarts, statistiquement significatifs ($p < 0,01$), suggèrent une sensibilité thermique accrue des mayonnaises enrichies à l'extraits phénolique de noyau de datte à forte dose. L'échantillon EE50, reste relativement stable entre les deux températures, avec une variation modérée de la pente (+17,45 %), indiquant une résistance thermique plus homogène.

Cette étude, appuyée par une analyse ANOVA, montre que les extraits phénoliques exercent un effet antioxydant mesurable et significatif, dépendant à la fois de la concentration utilisée et des conditions environnementales. À 4 °C, leur efficacité est maximale, en particulier pour EE50, qui rivalise avec le produit commercialisé (EC). Toutefois, à 40 °C, leur performance se

dégrade, suggérant la nécessité de renforcer leur stabilité thermique ou d'ajuster leur formulation.

Ces résultats valident leur usage comme alternatives naturelles aux antioxydants synthétiques dans les matrices alimentaires grasses, tout en soulignant l'importance d'un contrôle strict des conditions de stockage. Des études similaires ont été faites tel que [Fikry al. \(2020\)](#) et [Srisuk et al. \(2025\)](#)

8. Analyse sensorielle des mayonnaises

L'évaluation sensorielle est une technique scientifique qui permet non seulement d'établir les profils sensoriels des produits alimentaires, mais également de connaître la satisfaction du consommateur. C'est pour cette raison que les industries utilisent cette analyse pour répondre davantage à l'attente des consommateurs.

8.1. Caractérisation produit

8.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Il s'agit d'identifier les descripteurs ou les caractéristiques sensorielle qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques en fonction des résultats du panel expert.

La figure 16, ci-dessous permet d'afficher les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant, de gauche à droite, sur les 5 échantillons de mayonnaises analysés.

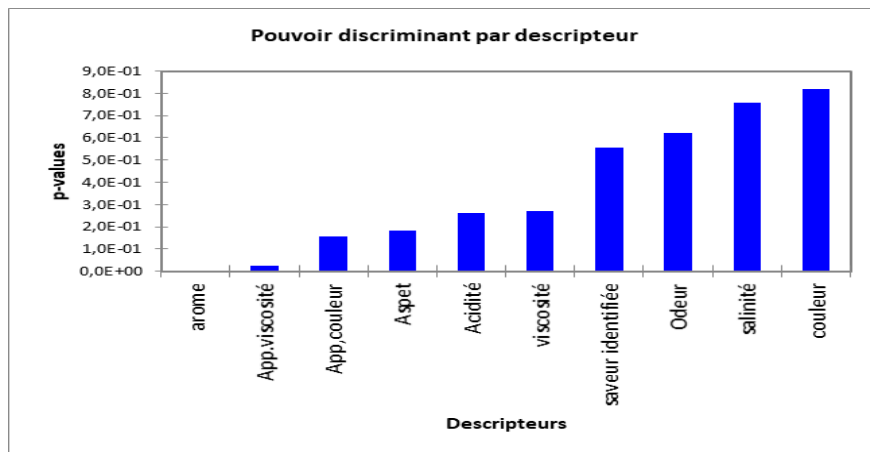


Figure 16 : Pouvoir discriminant par descripteur

Le graphe précédent permet de visualiser que l'intensité de l'arôme et l'appréciation de la viscosité sont les descripteurs les plus discriminants donc ces caractéristiques sont différentes d'un échantillon à un autre. Cependant les autres caractéristiques essentiellement la

couleur et l'odeur sont les moins discriminantes, donc il n'y a pas une grande différence entre les échantillons concernant ces caractéristiques.

8.1.2. Coefficients des modèles

Les coefficients des modèles sont présentés dans la Figure 17 qui présente également les profils sensoriels des échantillons de mayonnaises.

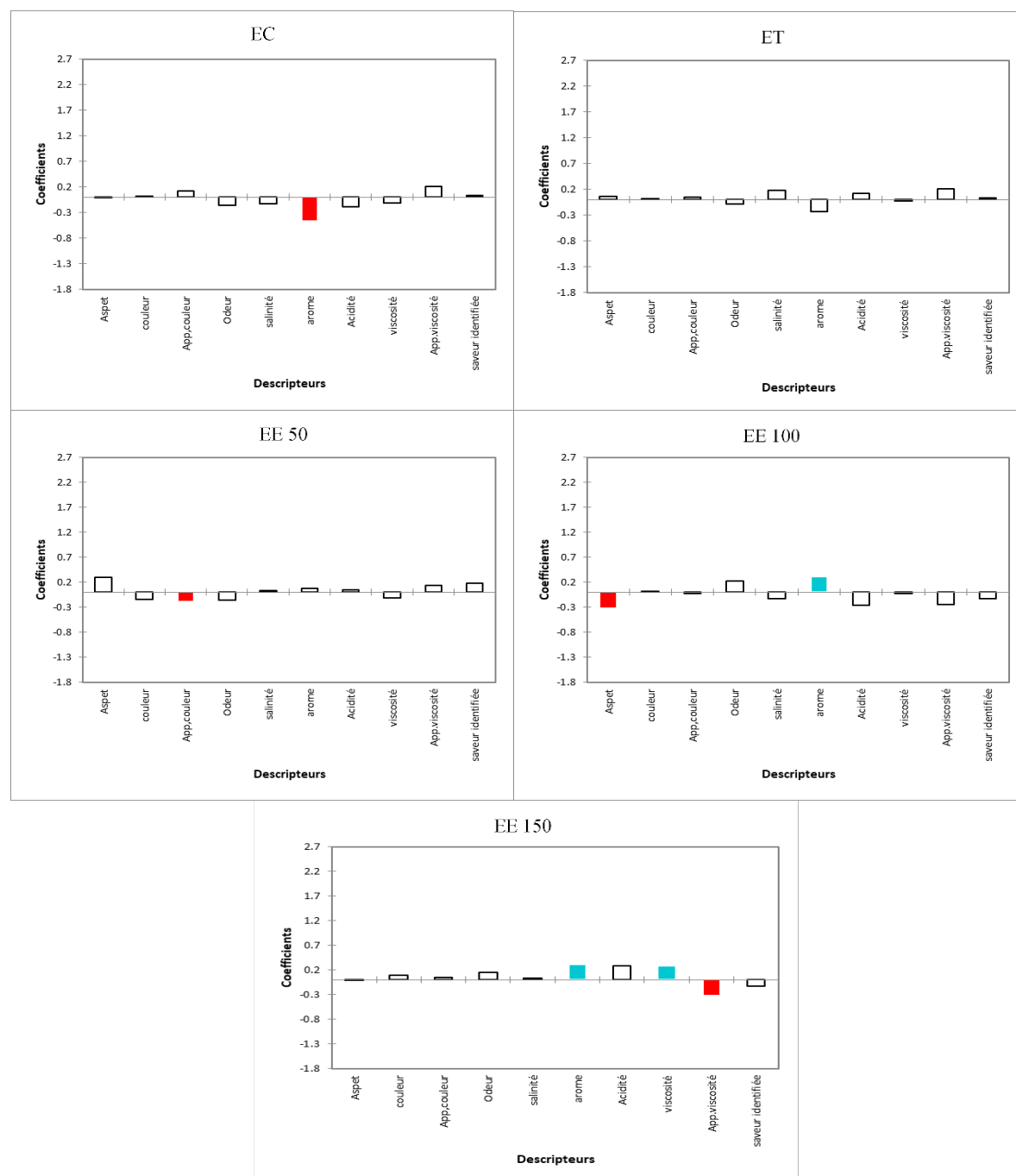


Figure 17 : Coefficient des modèles des 5 mayonnaises.

En blanc, sont affichées les caractéristiques qui ont des notes proches de la moyenne que les juges ont donnée, donc il n'y a pas de différences significatives entre les produits concernant la majorité des caractéristiques. Cependant il existe quelques petites différences. en bleu, sont affichées les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif, et en rouge, sont affichées les caractéristiques ayant des notes inférieures à la moyenne.

La mayonnaise EE 50 se distingue par sa couleur moins intense comparant aux autres, la mayonnaise A par son arôme légèrement peu intense, la mayonnaise EE 100 par son aspect moins brillant et son arôme un peu plus intense et la mayonnaise EE 150 par son arôme et sa viscosité plus intenses. Concernant la mayonnaise ET toutes ses caractéristiques sont proches de la moyenne. L'augmentation légère de l'intensité de l'arôme et de la viscosité au niveau des échantillons est probablement due à l'extrait ajouté.

8.1.3. Moyennes ajustées par produit

Ce paramètre, permet de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques. D'après les résultats figurant dans le Tableau X. On voit donc en bleu les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. En blanc, les moyennes qui ne sont pas significativement plus grandes ou plus petites que la moyenne globale.

Tableau XI : Moyennes ajustées par produit

	saveur identifié	App.viscosité	Aspet	salinité	Acidité	App.couleur	arome	viscosité	couleur	Odeur
EC	2,846	4,000	4,000	3,385	3,231	3,923	2,846	3,154	2,538	2,462
ET	2,692	4,077	3,692	3,231	3,000	4,231	2,308	3,154	2,692	2,462
EE 50	2,692	4,077	3,769	3,538	3,308	4,154	2,538	3,231	2,692	2,538
EE 100	2,538	3,615	3,385	3,231	2,923	4,077	3,077	3,231	2,692	2,846
EE 150	2,538	3,538	3,692	3,385	3,462	4,154	3,077	3,538	2,769	2,769

Ces résultats montrent que l'arôme des échantillons augmente avec l'augmentation de la quantité d'extrait ajouté et la viscosité, du produit EE 150, est un peu plus élevée, comparativement aux autres.

Le graphe radar (Figure 18) obtenu pour les 5 produits montre clairement que les intensités des caractéristiques sensorielles sont assez proches. Toutefois une légère différence est constatée au niveau de l'arôme, viscosité et la saveur identifiée.

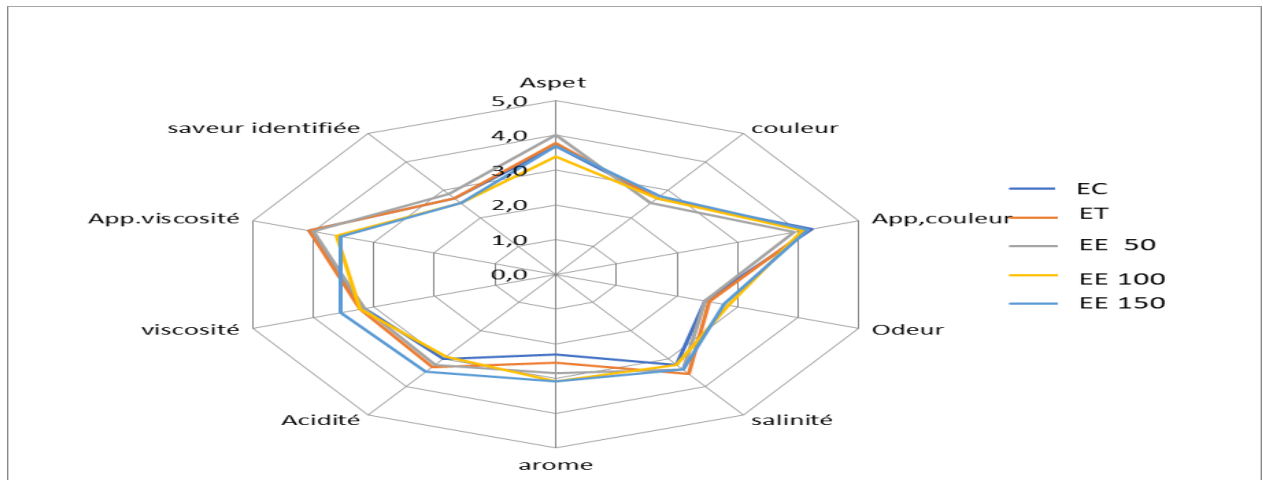


Figure 18 : Profil sensoriel des 5 mayonnaises (Graphe radar)

8.2. Cartographie des préférences : Analyse en composantes principales (ACP)

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques physico-chimiques des produits. Cette approche est essentielle car ce n'est que sur cette base que les équipes marketing pourront adapter les produits aux goûts des consommateurs.

L'ACP peut être considéré comme une méthode de projection qui permet de représenter les corrélations entre les caractéristiques sensorielle et les produits, comme le montre la figure 19 suivante :

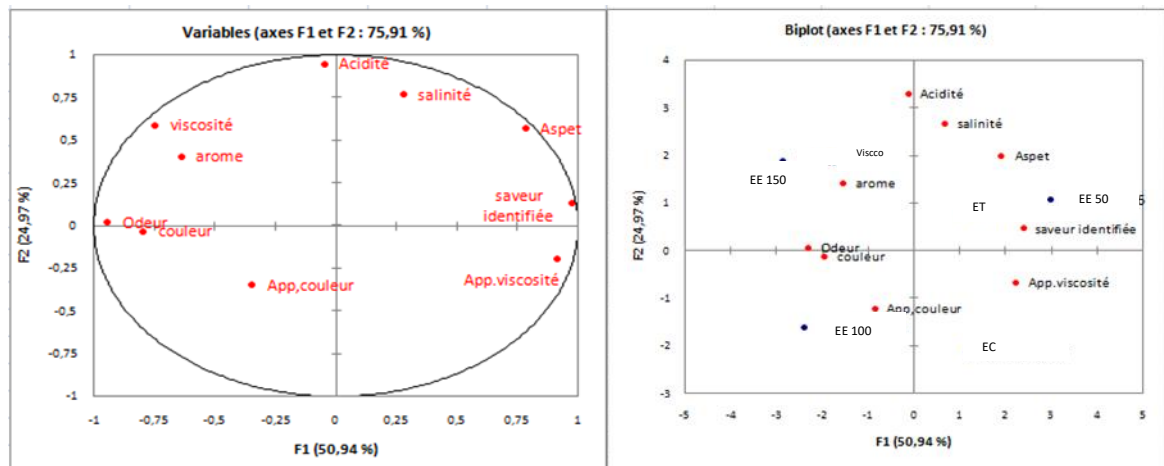


Figure 19 : Corrélation entre les variables et les facteurs.

D'après la figure précédente, d'une part nous voyons clairement que l'arôme et la viscosité sont en corrélation et caractérisent le produit EE 150. Les produits ET et EE 50 sont en corrélation et sont caractérisés par leur aspect plus brillant. D'autre part la mayonnaise EC est

caractérisée par l'appréciation de sa viscosité et la mayonnaise EE 100 par sa couleur qui est appréciée également.

Concernant la CAH et la carte de préférence (FREFMAP) ça n'a pas été effectuée vue les différences non significatives des préférences des 5 mayonnaises. Ceci signifie que les 5 mayonnaises ont été appréciées de la même manière, elles ont le même degré de préférence donc l'ajout de l'extrait à ces concentrations n'a pas d'influence sur les préférences des juges.

Conclusion

À partir d'un sous-produit longtemps perçu comme un simple résidu, les noyaux de dattes se révèlent être une source naturelle particulièrement riche en composés antioxydants. À travers ce travail, nous avons visé à valoriser ce sous-produit en exploitant sa richesse, en l'incorporant dans une matrice alimentaire – la mayonnaise de Cevital – afin de remplacer les antioxydants synthétiques, notamment l'EDTA, par une alternative naturelle et plus saine.

Les analyses réalisées sur la poudre de noyau de datte ont mis en évidence une concentration élevée en composés bioactifs. En effet, les teneurs en polyphénols totaux, tanins et flavonoïdes ont respectivement atteint $1937,22 \pm 0,785$ mg EAG/100 g, $29,25 \pm 0,549$ mg/100 g et $6,11 \pm 0,26$ mg/100 g. De plus, l'activité antioxydante évaluée par la méthode DPPH a donné un résultat de $14\,002,19 \pm 743,48$ μ mol TE/100 g, tandis que le pouvoir réducteur était de $3719,20 \pm 176,31$ μ mol TE/100 g. Ces valeurs traduisent une capacité antioxydante notable, renforçant l'intérêt de l'utilisation du noyau de datte comme conservateur naturel dans des formulations alimentaires.

Dans le cadre de notre étude, nous avons évalué deux indicateurs clés de la stabilité oxydative de la mayonnaise, à savoir l'indice de peroxyde et l'indice d'acidité, suivis sur une période de 55 jours à deux températures de conservation (4 °C et 40 °C) pour différents échantillons (EC, ET, EE50, EE100, EE150). L'indice d'acidité, qui reflète la présence d'acides gras libres issus de l'hydrolyse des triglycérides, s'est avéré plus faible dans l'échantillon contenant l'EDTA (EC), avec une valeur moyenne d'environ 0,30 mg KOH/g à 4 °C, traduisant une stabilité élevée. L'échantillon témoin (ET), dépourvu de tout antioxydant, a montré l'acidité la plus élevée. Toutefois, l'échantillon EE50 (contenant 50 ppm d'extrait de noyau de datte) a affiché une acidité significativement plus faible que le témoin, témoignant d'un effet protecteur de l'extrait naturel, même s'il reste légèrement inférieur à celui de l'EDTA. À 40 °C, la hausse globale de l'acidité confirme l'influence de la température, tout en conservant la même hiérarchie entre les échantillons.

Concernant l'indice de peroxyde, aucun échantillon n'a présenté de signes d'oxydation lipidique jusqu'au 40^e jour, toutes les valeurs étant nulles (0 meq O₂/kg). Une légère augmentation est apparue à partir du 45^e jour, où l'échantillon témoin (ET) a révélé les plus fortes valeurs, suivi des échantillons EE150, EE100, EE50, et enfin EC. Cela met en évidence

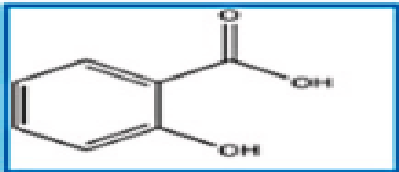
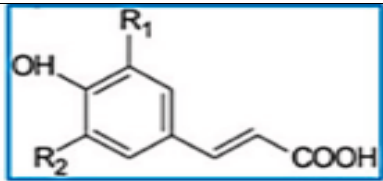
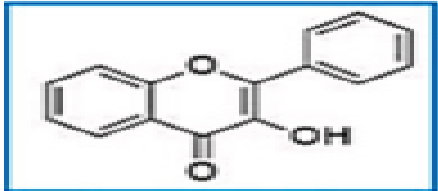
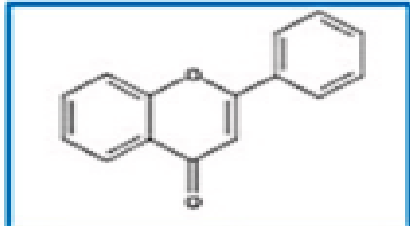
l'efficacité croissante de la protection antioxydante, l'EDTA demeurant la référence, mais avec une performance notable de l'extrait naturel, en particulier à la concentration de 50 ppm. Une analyse statistique via le logiciel Minitab a permis de déterminer la durée pendant laquelle l'indice de peroxyde restait en dessous de la limite critique de 10 mg/kg. Elle a confirmé que l'échantillon commercialisé (EC) possédait la meilleure stabilité oxydative à 40 °C, tandis que la mayonnaise EE50 a également démontré une résistance significative à l'oxydation thermique, surpassant même le témoin. À 4 °C, les résultats sont encore plus prometteurs : EE50 rivalise avec EC et EE100 montre une efficacité renforcée, suggérant que l'activité antioxydante ne suit pas une progression linéaire avec la concentration et que 50 ppm constitue un compromis optimal.

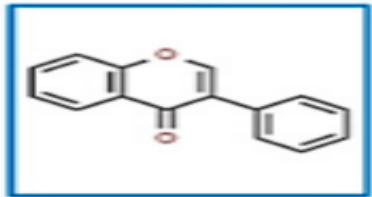
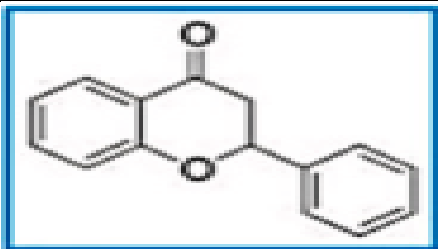
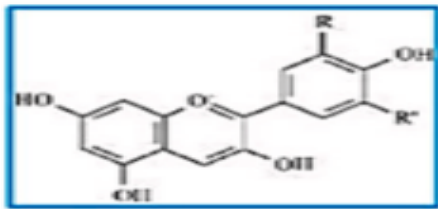
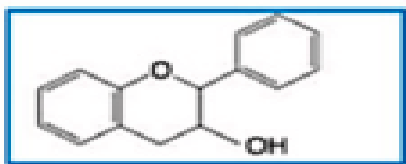
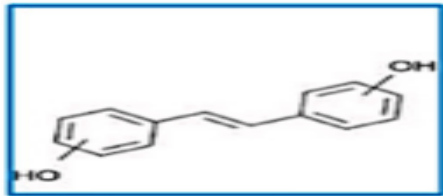
Par ailleurs, des analyses complémentaires ont été réalisées avant et après l'incubation, incluant des paramètres physicochimiques (extrait sec, viscosité, pH, taux de sel, acidité et indice de peroxyde), microbiologiques (recherche de salmonelles, staphylocoques, *Escherichia coli*, levures et moisissures), ainsi que sensorielles, grâce à un panel expert. Les résultats obtenus ont démontré que l'ajout d'extrait de noyau de datte, quelle que soit la concentration testée, n'a pas altéré les propriétés organoleptiques, physicochimiques ni microbiologiques de la mayonnaise. L'intégrité du produit a donc été maintenue tout au long du processus.

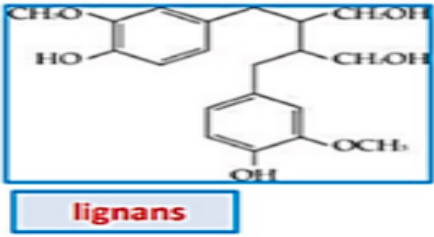
Cette étude met ainsi en lumière le potentiel du noyau de datte en tant qu'ingrédient fonctionnel naturel aux propriétés antioxydantes avérées. Elle ouvre la voie à des recherches futures visant à affiner son utilisation et à favoriser son intégration à plus grande échelle dans les formulations industrielles. En ce sens, plusieurs perspectives s'ouvrent : il serait pertinent d'optimiser la concentration de l'extrait ou de l'associer à d'autres antioxydants naturels pour renforcer son efficacité tout en maintenant un produit propre et naturel. Un prolongement des suivis sur des périodes de stockage plus longues, en conditions réelles, permettrait également d'approcher davantage les contraintes industrielles. Il serait intéressant d'approfondir les analyses en étudiant le profil des acides gras, de suivre les composés secondaires de l'oxydation et de mesurer la teneur en composés phénoliques résiduels, afin de mieux comprendre le mécanisme de protection exercé par l'antioxydant naturel dans la matrice alimentaire. Enfin, il serait judicieux d'évaluer un éventuel effet conservateur sur le plan microbiologique, à travers un suivi de la flore bactérienne au cours du stockage, et de réaliser des tests sensoriels sur un panel élargi, afin de confirmer que l'incorporation de l'extrait ne nuit pas au goût ni à la qualité globale du produit, facilitant ainsi sa valorisation industrielle.

Annexes

Annexe 1 : Principales classes de composés phénoliques : sous-éléments, structures chimiques et exemples d'aliments riches ([Okpoghono, Isoje et al. 2024](#))

Classe principale	Sous-éléments	Sources naturelles	Structure chimiques
Acides phénoliques	Acides hydrobenzoïques : acide gallique, acide protocatéchique, acide vanillique, acide syringique	Gallotannins (mangue), ellagitannins (fruits rouges)	 2-hydroxybenzoic acid
	Acides hydroxycinnamiques : acide caféique, acide férulique, acide p-coumarique, acide sinapique	Prunes, pommes, fruits rouges, noix, abricots, myrtilles, tomates	 Hydroxycinnamic acids
Flavonoïdes	Flavonols : quercétine, kaempférol, myricétine, isorhamnétine	Fruits, légumes, thé, cacao, bière, légumineuses, épices	 Flavonol
	Flavones : apigénine, lutéoline	Oignon, pomme, cerise, brocoli, tomate	 Flavone

	Isoflavones : génistéine, daidzéine, glycitine	Soja, plantes légumineuses	 Isoflavone
	Flavanones : naringénine, hésperétine, éridictiol	Tomates, légumineuses, plantes aromatiques	 Flavanone
	Anthocyanidines : cyanidine, delphinidine, malvidine, pelargonidine, punicidine, pétunidine	Pétales de fleurs, fruits rouges, légumes, certaines céréales, riz noir	 Anthocyanidin
	Flavanols (flavan-3-ols) : catéchine, épicatéchine, gallocatéchine, épigallocatechine	Thé, vin rouge, chocolat, peau de raisin, peau de pomme, myrtilles	 Flavanols
Stilbènes	Stilbènes : resvératrol, piceatannol	Raisin (peau), cacahuètes, vin rouge	 Stilbenes

Lignanes	Lignanes : secoisolariciresinol, matairesinol, lariciresinol, pinoresinol	Céréales, graines, soja, brocoli, chou, abricots, fraises	
-----------------	--	---	--

Annexe 2 : Questionnaire de l'analyse sensorielle

Questionnaire pour l'Évaluation Sensorielle de Différentes Recettes de Mayonnaise (Panel expert)

Nom et prénom :

Age :.....

Sexe : H ☐ F ☐

Date :

Dans le cadre de notre étude comparative, nous sollicitons votre expertise pour l'évaluation sensorielle de cinq échantillons de mayonnaise, identifiés par les codes **217, 328, 436, 382,**

294. L'objectif de cette démarche est de caractériser les profils sensoriels des produits testés en se basant sur quelques critères spécifiques. Pour chaque échantillon, vous évaluerez les caractéristiques sensorielles en attribuant une note comprise entre 1 et 5.

NB : Veuillez commencer la dégustation de gauche à droite et rincer votre bouche après chaque échantillon.

1. Aspect

1. Aucune brillance.
2. Faiblement brillant.

3. Modérément brillant.
4. Bien brillant.
5. Très brillant.

217	328	436	382	294

2. Couleur

1. Très claire (blanchâtre)
2. Claire (crème pâle)
3. Moyenne (ni trop claire ni trop foncée)
4. Foncée (jaune prononcé)
5. Très foncée / intense (jaune soutenu)

217	328	436	382	294

3. Appréciation de la couleur

1. Pas du tout appréciée
2. Peu appréciée
3. Moyennement appréciée
4. Bien appréciée
5. Très bien appréciée

217	328	436	382	294

4. Odeur (*sans gouter*)

1. Très faible intensité.
2. Légère intensité.
3. Intensité modérée.
4. Forte intensité.
5. Très forte intensité.

217	328	436	382	294

5. Salinité (*Goût salé*)

1. Absence de gout salé.
2. Faiblement intense.
3. Moyennement intense.
4. Fortement intense.
5. Très fortement intense.

217	328	436	382	294

6. Arôme (*Sensation en bouche*)

1. Absence d'arôme.
2. Légère intensité.
3. Intensité équilibrée.
4. Forte intensité.
5. Très forte intensité.

217	328	436	382	294

7. Acidité (*Sensation en bouche*)

1. Aucune sensation acide
2. Légèrement acide
3. Agréablement acide
4. Très acide
5. Extrêmement acide

217	328	436	382	294

8. Texture en bouche

❖ La viscosité :

1. Très faible viscosité (texture très molle)
2. Faible viscosité (texture crémeuse légère)

3. Viscosité modérée (texture crémeuse)
4. Viscosité élevée (texture ferme)
5. Très forte viscosité (texture très ferme)

217	328	436	382	294

❖ **Appréciation de la viscosité :**

1. Pas du tout appréciée.
2. Peu appréciée. Moyennement appréciée.
3. Bien appréciée.
4. Très bien appréciée.

217	328	436	382	294

10. Saveur ou Arôme Identifié

1. Aucune saveur identifiée
2. Saveur de café
3. Saveur de citron
4. Saveur de grenadine
5. Saveur difficile à identifier

217	328	436	382	294

➤ **Préférence globale :**

Vous pouvez attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence personnelle, en référence à l'échelle ci-dessous.

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

217	328	436	382	294

❖ **Observation ou commentaire :**

.....

.....

.....

.....

.....

Merci pour votre collaboration

Résumé

La mayonnaise, largement consommée en Algérie, s'oxyde facilement en raison de sa richesse en lipides. L'EDTA, souvent utilisé pour ralentir cette oxydation, est de moins en moins accepté. Cette étude propose une alternative naturelle en utilisant des extraits phénoliques de noyaux de datte (EPND), un coproduit local riche en antioxydants. Une extraction hydroalcoolique (éthanol/eau 70/30) a permis un rendement de 23,6 %. L'extrait a montré une forte teneur en polyphénols (1937 mg EAG), tanins (29 mg), flavonoïdes (6 mg), et une activité antioxydante élevée (DPPH : 14 002 $\mu\text{mol TE}$; pouvoir réducteur : 3719 $\mu\text{mol TE/100 g}$). L'EPND a été incorporé à 50, 100 et 150 ppm dans une mayonnaise modèle. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont confirmé sa stabilité (pH stable, IP nul, bonne viscosité), sans contamination. À 40 °C, l'EPND à 50 ppm prolonge la stabilité oxydative à 189 jours (vs 245 pour EDTA), et à 4 °C, la durée est comparable. L'arôme et la viscosité sont légèrement augmentés, sans impacter la préférence globale. L'EPND à 50 ppm offre donc une alternative naturelle et efficace à l'EDTA tout en valorisant un résidu phénolique.

Mots-clés : Mayonnaise, oxydation, antioxydants, noyaux de datte, EDTA, conservation, extrait phénolique, stabilité.

Resume

Mayonnaise, widely consumed in Algeria, is highly prone to oxidation due to its lipid content. EDTA is typically used to delay this, but its use is increasingly restricted. This study investigates a natural alternative using phenolic extracts from date pits (EPND), a local antioxidant-rich co-product. A hydroalcoholic extraction (ethanol/water 70/30) yielded 23.6%. The extract contained high levels of polyphenols (1937 mg GAE), tannins (29 mg), flavonoids (6 mg), and strong antioxidant activity (DPPH: 14,002 $\mu\text{mol TE}$; reducing power: 3719 $\mu\text{mol TE/100 g}$). EPND was added at 50, 100, and 150 ppm to model mayonnaise. Physicochemical, microbiological, and sensory tests confirmed good stability (constant pH, zero peroxide index, consistent viscosity) and microbiological safety. At 40 °C, EPND at 50 ppm extended oxidative stability to 189 days (vs. 245 for EDTA), and at 4 °C, shelf lives were similar. Aroma and viscosity increased slightly but did not affect consumer preference. At 50 ppm, EPND efficiently stabilizes mayonnaise, maintains quality, and represents a promising natural partial substitute for EDTA while adding value to a local by-product.

Keywords : Mayonnaise, oxidation, antioxidants, date pits, phenolic extract, EDTA, shelf life, stability.

Références bibliographiques

Addinsoft, T. (2013). XLSTAT 2013, Data Analysis and Statistics Software for Microsoft Excel. Paris, France.

Adwas, A. A., et al. (2019). "Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body." **6**(1): 43-47.

Afifi, H. S., et al. (2017). "Optimizing extraction conditions of crude fiber, phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity of date seed powder." **54**: 4149-4161.

Al-Khayri, J. M., et al. (2021). Date Palm Genome, Vol. 2, Springer.

Alfaleh, A. A. and H. A. J. S. R. Sindi (2024). "Systematic study on date palm seeds (Phoenix dactylifera L.) extraction optimisation using natural deep eutectic solvents and ultrasound technique." **14**(1): 16622.

Alimentarius, C. (2000). Avant-projet de norme régionale révisée pour la mayonnaise. CX 3/1 CL 2000/17-EURO. Rome, Italie, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires.

Alizadeh, L., et al. (2019). "Effects of tocopherol, rosemary essential oil and Ferulago angulata extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study." **285**: 46-52.

Almusallam, I. A., et al. (2021). "Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive properties from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets using response surface methodology." **140**: 110816.

Alu'datt, M. H., et al. (2016). Emulsified protein filaments: types, preparation, nutritional, functional, and biological properties of mayonnaise. Emulsions, Elsevier: 557-572.

Aydeniz-Güneşer, B. (2022). Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera*) wastes and by-products. Mediterranean fruits bio-wastes: Chemistry, functionality and technological applications, Springer: 391-402.

Bahiani, M., et al. (2024). "Dates (*Phoenix dactylifera* L.) from the Adrar region of Algeria are rich in polyphenols, and ternary solvent extracts' antioxidant activity correlates with condensed tannins content." **37**(3): 918-929.

Bikri, S., et al. (2021). "Phenolic fraction concentrate of *Phoenix dactylifera* L. seeds: a promising antioxidant and glucose regulator." **9**(6): 921-936.

Botes, A., et al. (2002). "Date production support program." **156**.

Brand-Williams, W., et al. (1995). "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity." **28**(1): 25-30.

Cadenas, E. and L. Packer (2002). Handbook of antioxidants, Marcel Dekker New York.

Calligaris, S., et al. (2019). Accelerated shelf life testing. Food quality and shelf life, Elsevier: 359-392.

cevital (2025). from <https://www.cevital.com/>.

Chandrasekaran, M. and A. H. J. S. j. o. b. s. Bahkali (2013). "Valorization of date palm (Phoenix dactylifera) fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology–Review." **20**(2): 105-120.

Chehma, A. and H. J. R. E. R. P. e. V.-B. Longo (2001). "Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail." 59-64.

Christodoulou, M. C., et al. (2022). "Spectrophotometric methods for measurement of antioxidant activity in food and pharmaceuticals." **11**(11): 2213.

Clark, S., et al. (2014). Food processing: principles and applications, John Wiley & Sons.

Coupland, J. N. (2014). An introduction to the physical chemistry of food, Springer.

Coupland, J. N., et al. (1996). "Lipid oxidation in food emulsions." **7**(3): 83-91.

Davies, K. J. J. R., Processes: Oxidants and A. D. Systems (2005). "The broad spectrum of responses to oxidative stress in proliferating cells." 63-75.

Depree, J., et al. (2001). "Physical and flavour stability of mayonnaise." **12**(5-6): 157-163.

Djaoudene, O., et al. (2024). Phenolic compounds recovery from date seed and assessment of their antioxidant and enzyme inhibitory properties.

Falleh, H., et al. (2008). "Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities." **331**(5): 372-379.

FAO (2023). "FAOSTAT – Données sur la sécurité alimentaire et la nutrition. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture." Retrieved 1er juin 2025, from <https://www.fao.org/faostat/fr/#data>.

FAO (2025). "FAOSTAT – Données sur la sécurité alimentaire et la nutrition. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture." Retrieved 1er juin 2025, from <https://www.fao.org/faostat/fr/#data>.

FDA (2023). "Bacteriological Analytical Manual (BAM)."

Fennema, O. R., et al. (2008). Fennema's food chemistry, CRC press Boca Raton.

Fikry, M., et al. (2020). "Prediction of the shelf-life of date seeds brew by integration of acceptability and quality indices." **14**: 1158-1171.

Ghafoor, K., et al. (2022). "Extraction and evaluation of bioactive compounds from date (Phoenix dactylifera) seed using supercritical and subcritical CO₂ techniques." **11**(12): 1806.

Gorji, S. G., et al. (2016). "Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: A review." **56**: 88-102.

Halliwell, B. J. B. s. t. (2007). "Biochemistry of oxidative stress." **35**(5): 1147-1150.

Hansen, K. D. (2006). Food processing handbook.

Harkat, H., et al. (2022). "Assessment of biochemical composition and antioxidant properties of Algerian date palm (Phoenix dactylifera L.) seed oil." **11**(3): 381.

Hill, S. E., et al. (2005). "Cooking oils, salad oils, and dressings." 1-33.

IFRA (2019). Determination of the Peroxide Value. Geneva, Switzerland.

Ismail, T., et al. (2023). Neglected Plant Foods of South Asia, Springer.

ISO (2005). International Standard ISO 7251:2005. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* - Most probable number technique. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization.

ISO (2008). International Standard ISO 21527-2:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO (2013). International Standard ISO 4833:2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of micro-organisms - Technique of counting colonies at 30°C. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization.

ISO (2017). ISO 6887-1:2017. Microbiology of the food chain — Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination — Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions. Geneva.

ISO (2017a). International Standard. Method 3960, Animal and vegetable fats and oils. Determination of peroxide index. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization.

ISO (2017b). International Standard ISO 6579:2017. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization.

ISO (2020). International Standard. Method 660, Corps gras d'origines animale et végétale - Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité.

ISO (2021b). International Standard. Method ISO 6888-1, Microbiology of food and animal feeding stuffs -Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) -Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium.

ISO (1989). ISO International Standard. Method 9297. Qualité de l'eau- dosage des chlorures - titrage en nitrate d'argent avec de chromate comme indicateur (Méthode de Mohr).

JORA (2017). Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. Alger: 11.

Kadum, H., et al. (2019). "Bioactive compounds responsible for antioxidant activity of different varieties of date (Phoenix dactylifera L.) elucidated by 1H-NMR based metabolomics." **22**(1): 462-476.

Kari, Z. A., et al. (2022). "Palm date meal as a non-traditional ingredient for feeding aquatic animals: a review." **25**: 101233.

Keskin, B., et al. (2025). "Production Estimates of Leading Countries in Date Production for the Period 2023–2028." **67**(2): 83.

Khalid, M., et al. (2021). Effect of apple peel as an antioxidant on the quality characteristics and oxidative stability of mayonnaise. *Appl Food Res.* 2021. 1: 100023.

Khalil, N., et al. (2025). "Comparative study on the chemical profile, antioxidant, and antidiabetic activities of three varieties of date (*Phoenix dactylifera* L.) seeds." **11**(1): 1-11.

Khan, M. I. R. and N. A. Khan (2017). Reactive oxygen species and antioxidant systems in plants: role and regulation under abiotic stress, Springer.

Khoddami, A., et al. (2013). "Techniques for analysis of plant phenolic compounds." **18**(2): 2328-2375.

Kum, S.-R. M., et al. (2025). "Uses of rosemary (*Salvia rosmarinus*) extract as natural preservative in peanut oil, African walnut oil and their 60: 40 and 50: 50 blends during accelerated storage." **4**: 100507.

Langevin, D. (2020). Emulsions, microemulsions and foams, Springer.

MADR (2025). "Agriculture saharienne." from <https://fr.madr.gov.dz/agriculture/developpement-agricole-dans-les-zones-seches-et-semi-seches/agriculture-saharienne/>.

Manly, B. F., et al. (2024). Multivariate statistical methods: a primer, Chapman and Hall/CRC.

McClements, D. J. and E. A. J. J. o. f. s. Decker (2000). "Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems." **65**(8): 1270-1282.

Merkx, D. W., et al. (2021). "Quantitative and predictive modelling of lipid oxidation in mayonnaise." **10**(2): 287.

Messadi, N., et al. (2023). "Nutritional Value, Phytochemical Composition, and Antioxidant Activities of *Phoenix dactylifera* L.: Comparison Between Fleshes and Seeds of Tunisian and Algerian Varieties." **6**(5): 2471-2482.

Milenković, A., et al. (2025). "The Effect of Extraction Technique on the Yield, Extraction Kinetics and Antioxidant Activity of Black Pepper (*Piper nigrum* L.) Ethanolic Extracts." **11**(2): 125.

Minasian, D., et al. (2024). "Development of *Prangos ferulacea* essential oil based nanoemulsions/pickering emulsion and examination of their performance in mayonnaise shelf life." **18**: 101335.

Mrabet, A., et al. (2022). "Date Seed: Rich source of antioxidant phenolics obtained by hydrothermal treatments." **11**(10): 1914.

Mubaiwa, J., et al. (2025). "New Insights into the Influence of the Characteristic “Stone” Feature of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seeds on Its Sustainable Processing Approaches—A Review." **18**(1): 150-182.

Munier, P. J. T. A. e. P. T. X. (1973). "Le palmier-dattier, Paris, GP Maisonneuve et Larose, Coll."

Nawaz, A., et al. (2024). "Antioxidant and phytochemical analysis of different date palm (Phoenix dactylifera L.) Seed varieties: An in vitro assessment." **6**(1): 19-28.

Nessabian, M. S., et al. (2024). "Sumac extract as a natural preservative in mayonnaise: Effects on lipid oxidation, microbial growth, physicochemical, rheological, and sensory characteristics." **18**: 101463.

Okpoghono, J., et al. (2024). "Natural polyphenols: a protective approach to reduce colorectal cancer." **10**(11).

Orban, J.-C. (2011). Oxygène, stress oxydant. Désordres métaboliques et réanimation, Springer: 427-437.

Osaili, T. M., et al. (2024). "Assessment of the phenolic profile and biological activities of aqueous date seed extracts: A comparative analysis." **4**(2): 100493.

Oyaizu, M. J. T. J. j. o. n. and dietetics (1986). "Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine." **44**(6): 307-315.

Ozsoy, N., et al. (2008). "Antioxidant activity of Smilax excelsa L. leaf extracts." **110**(3): 571-583.

Peters, T. and R. A. Contreras (2025). "Kinetic Analysis of Antioxidant Systems Based on Malondialdehyde Accumulation in Mayonnaise Made Using Chickpea Protein and Canola Oil." ACS Food Science & Technology **5**(1): 259-273.

Porter, L. J., et al. (1985). "The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin." **25**(1): 223-230.

Ribéreau-Gayon, G. J. P. (1968). "Etude des mecanismes de synthese et de transformation de l'acide malique, de l'acide tartrique et de l'acide citrique chez vitis vinifera L." **7**(9): 1471-1482.

Sadler, G. D. and P. A. J. F. a. Murphy (2010). "pH and titratable acidity." **4**: 219-238.

Salah, A. C., et al. (2019). "ECONOMETRIC ANALYSIS OF DATE PALM (PHOENIX DACTYLIFERA) PRICE DETERMINANTION IN ALGERIA." **75**(11/1).

Shahidi, F. and Y. J. J. o. f. f. Zhong (2015). "Measurement of antioxidant activity." **18**: 757-781.

Singleton, V. L., et al. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in enzymology, Elsevier. **299**: 152-178.

Smith, J. S. and Y. H. Hui (2008). Food processing: principles and applications, John Wiley & Sons.

Souissi, M., et al. (2024). "Valorization of natural dye extracted from date palm pits (*Phoenix dactylifera*) for ecofriendly dyeing of bicomponent polyester filaments." **25**(4): 1313-1323.

Srisuk, N., et al. (2025). "Quality evaluation of herbal tea (*Curcuma longa* Linn. and *Pandanus amaryllifolius* Roxb.) and development of predictive models for its shelf life." 117895.

Sultana, S., et al. (2024). "A Critical Exploration of the Total Flavonoid Content Assay for Honey." **7**(6): 95.

Surin, S., et al. (2025). "Valorization of avocado seeds (*Persea americana* Mill.): An alternative oil source for mayonnaise prototype production and its natural quality attribute." **5**(1): 100695.

Swaidan, A., et al. (2023). "Evaluation of the phenolic composition and biological activities of six aqueous date (*Phoenix dactylifera* L.) seed extracts originating from different countries: A comparative analysis." **13**(1): 126.

Taslikh, M., et al. (2022). "Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion." **59**(6): 2108-2116.

Teow, S., et al. (2025). "Storage stability and sensory evaluation of tocotrienol-rich-fraction-fortified mayonnaise." **32**(1).

Vemuri, M., et al. (2008). "Health effects of foods rich in polyphenols." 393-412.

Voronkova, Y., et al. (2018). "Oxidative stress, reactive oxygen species, antioxidants: a review." **29**(1): 52-55.

Ydjedd, S., et al. (2017). "Effect of in vitro gastrointestinal digestion on encapsulated and nonencapsulated phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp extracts and their antioxidant capacity." **65**(4): 827-835.

Zhong, Y. and F. Shahidi (2015). Methods for the assessment of antioxidant activity in foods. Handbook of antioxidants for food preservation, Elsevier: 287-333.

Ziane, M. and J.-M. J. M. R. A. Membré (2022). "A second-order Monte Carlo simulation model to describe coagulase-positive *Staphylococci* growth in mayonnaise served in Algerian pizzerias." **20**: 100187.