



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : Hadji Meriem**

**DOMAINE : Sciences de la nature et de la vie**

**FILIERE : Sciences agronomiques**

**OPTION : Agroalimentaire et contrôle de qualité**

**Thème**

**Comparaison entre des antioxydants naturels et  
artificiels : La mayonnaise**

**Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
GOUDJAL Yacine	MCA	Président
BOUSSOUSSA Hadjer	MCB	Examineur
BENAROUS Khedidja	MCA	Rapporteur
LINANI Abderrahmane	Ing	Co-rapporteur

**Session : Juin 2017**



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي - الأغواط

كلية : العلوم

قسم : العلوم الفلاحية

## مذكرة ماستر

تقديم الطالبة : مريم حاجي

ميدان: علوم الطبيعة و الحياة

شعبة: العلوم الفلاحية

تخصص: صناعات غذائية ومراقبة النوعية

موضوع البحث

مقارنة بين مضادات الاكسدة الطبيعية و الاصطناعية : المايونيز

أعضاء لجنة المناقشة:

الاسم و اللقب	الدرجة العلمية	الصفة
قوجال ياسين		رئيسا
بوسوسة هاجر		ممتحن
بن عروس خديجة		مقررا
ليثاني عبد الرحمان		مقررا مساعدا

الدفعة: جوان - 2017

*Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes chers parents*

*À mon cher frère*

*À toute ma famille*

## **Remerciements**

*Nos gratitude, louanges et profonde remerciements à notre dieu ALLAH.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciement à **Dr. Benarous Khadidja** maitre de conférences « A » à l'université de Laghouat, responsable de cette étude, pour avoir accepter de m'encadrer, de ses conseils durant la réalisation de ce mémoire.*

*J'adresse sincères remerciement au **M. Linani Abderrahmane**, Co-promoteur de ce mémoire, de ses conseils, son aide et sa disponibilité.*

*Mes remerciements vont également aux membres du jury qui ont bien voulu trouver un peu de temps pour évaluer mon travail.*

## Résumé

Sans aucun doute, les antioxydants alimentaires chimiques ou synthétiques font parties des techniques et des moyens qui permettent de limiter l'oxydation et d'assurer la sécurité alimentaire. Cependant la recherche des nouvelles molécules est nécessaire. Les propriétés antioxydantes de certaines plantes médicinales ont devenues parmi les études les plus importantes dans le monde, dû à leur activité antioxydante, aucuns effets secondaires et viabilité économique. Dans le présent travail, nous avons comparé des antioxydants naturels tels que l'hispidine et la quercétine avec un autre synthétique l'acide citrique expérimenté sur des échantillons de mayonnaise. Les résultats obtenus montrent une activité antioxydante très importante d'hispidine et de quercétine par rapport l'acide citrique. Les différentes analyses effectuées montrent que ces dernières présentent une capacité d'allonger la durée de conservation de la mayonnaise et de limiter son altération par oxydation même après trois mois de conservation à 4°C.

**Les mots clés :** Les antioxydants, Hispidine, Quercétine, Mayonnaise, Acide citrique, oxydation.

## المخلص :

من المؤكد ان مضادات الأكسدة الغذائية الكيميائية أو الاصطناعية هي من بين التقنيات والوسائل التي تمنع حدوث الأكسدة وتضمن الأمن الغذائي. ومع ذلك البحث عن جزيئات جديدة هو امر ضروري . ان الخصائص المضادة للأكسدة لبعض النباتات الطبية اصبحت من بين أكبر الدراسات في العالم، وذلك بسبب نشاطهم كمضادات اكسدة، بدون اي آثار جانبية والجدوى الاقتصادية. في هذه الدراسة قمنا بمقارنة مضادات الأكسدة الطبيعية مثل كيرسيتين و هيسبيدين مع اخر اصطناعي حامض الستريك مجربة على عينات المايونيز. أظهرت النتائج وجود نشاط مهم لمضادات الأكسدة الكيرسيتين والهيسبيدين مقارنة بحامض الستريك ، كما اظهرت النتائج المختلفة أن لهم القدرة على حفظ المايونيز اطول فترة ممكنة ومنع التزنخ عن طريق الأكسدة حتى بعد ثلاثة أشهر من التخزين في درجة حرارة 4 مئوية.

**الكلمات المفتاحية :** مضادات الأكسدة, هيسبيدين, كيرستين, المايونيز, حامض الستريك , الاكسدة.

***Abstract:***

Undoubtedly, dietary or chemical antioxidants are among the techniques and methods that allow limited oxidation and ensure food security. However, new research for natural potent antioxidants is needed. The antioxidant properties of some medicinal plants have become among the largest studies in the world, due to their activity as antioxidants, without any side effects and economic feasibility. In this study, we compared natural antioxidants such as quercetin and hispidin with other synthetic citric acid tested on mayonnaise samples. The results showed an important activity of the antioxidants of quercetin and hispidin compared to citric acid, and the various results showed that they have the ability to conserve better mayonnaise and reduce damage through oxidation even after three months of storage at 4 °C.

**Key words:** antioxidants, quercetin, hispidin, citric acid, mayonnaise, oxidation.

### *Liste des abréviations*

<b>Abs</b>	: Absorbance
<b>A.C</b>	: Acide citrique
<b>EDTA</b>	: éthylène diamine tétra-acétate
<b>GO<sub>x</sub></b>	: Glucose Oxydase
<b>His</b>	: Hispidine
<b>IA</b>	: Indice d'acide
<b>M</b>	: la masse
<b>POD</b>	: Peroxydase
<b>PAP</b>	: Phosphate et le 4-amino-antipyrine 5
<b>Quer</b>	: Quercétine
<b>R</b>	: Réactif
<b>S.A</b>	: Sans antioxydant
<b>UI</b>	: Unité international

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> structure chimique de la quercétine .....	6
<b>Figure 2 :</b> structure chimique d'hispidin .....	7
<b>Figure 3:</b> structure chimique d'acide citrique .....	8
<b>Figure 4:</b> courbe d'étalonnage réalisé par le glucose .....	19
<b>Figure 5:</b> courbe d'étalonnage réalisée par les protéines .....	20
<b>Figure 6:</b> courbe d'étalonnage réalisée par la quercétine.....	21
<b>Figure 7:</b> courbe d'étalonnage réalisée par l'hispidine.....	21
<b>Figure 8:</b> les six échantillons (A, B, C, D, E et F) de mayonnaises analysées .....	22
<b>Figure 9:</b> spectrophotomètre UV-visible utilisé dans le contrôle.....	23
<b>Figure 10:</b> comparaison entre les antioxydants naturels et artificiels.....	27
<b>Figure 11:</b> valeur de l'indice d'acide en fonction de temps.....	31

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1:</b> additifs alimentaire utilisés dans la mayonnaise .....	10
<b>Tableau 2 :</b> composition nutritionnelle de la mayonnaise.....	11
<b>Tableau 3:</b> teneur en glucose dans les échantillons de mayonnaise contrôlée.....	24
<b>Tableau 4:</b> teneur en protéines dans les échantillons de mayonnaise contrôlé .....	25
<b>Tableau 5:</b> concentration de la quercétine et d'hispidine dans la mayonnaise.....	28
<b>Tableau 6:</b> valeurs de l'indice d'acide.....	30
<b>Tableau 7:</b> teneurs de matières grasses obtenues en g/g.....	32

## **Table des matières**

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Synthèse bibliographique</b> .....	
I. Généralités sur l'oxydation .....	2
1. L'oxydation des aliments .....	2
1.2. Les radicaux libres :.....	2
2. Les antioxydants .....	2
2.1 Mécanisme d'action .....	3
2.2 Rôle des antioxydants en tant qu'additifs alimentaires .....	3
2.3 Critères des antioxydants autorisés .....	4
3. Classification des antioxydants .....	4
3.1 Les antioxydants naturels .....	4
3.1.1 Les flavonoïdes .....	5
3.1.2 Activité biologique des flavonoïdes .....	5
3.1.3 Les flavonoïdes comme antioxydants .....	5
A. La quercétine .....	6
B. L'hispidine .....	6
3.2 Les antioxydants de synthèse ou artificiels .....	7
A. L'acide citrique .....	7
B. Calcio-disodique EDTA .....	8
II. La mayonnaise .....	9
1. La fabrication de la mayonnaise .....	9
1.2 Les fonctions des ingrédients .....	9
1.3 Additifs alimentaire pour la mayonnaise .....	10
2. Valeur nutritionnelle de la mayonnaise .....	10
3. Contrôle de qualité de la mayonnaise .....	11
<b>Matériels et Méthodes</b> .....	
1. La mayonnaise .....	13
1.2 L'élaboration de la mayonnaise .....	13
2. Dosage des sucres : glucose .....	14
a. Principe de la méthode .....	14
b. Protocole expérimentale .....	14
3. Dosage des protéines .....	14
a. Principe de la méthode .....	14
b. Protocole expérimentale .....	15
4. Dosage des composés phénoliques .....	15
a. Principe de la méthode .....	15
b. Protocole expérimentale .....	15
5. Analyse des échantillons de mayonnaise .....	15
5.1 Dosage des composants de la mayonnaise .....	15
5.1.1 Dosage de glucose dans la mayonnaise .....	15

5.1.2. Dosage des protéines dans la mayonnaise .....	16
6. Détermination de la concentration d'hispidine et de la quercétine dans la mayonnaise .....	17
7. Indice d'acide .....	17
8. Teneur de matières grasses de mayonnaise .....	18
<b>Résultats et discussion</b> .....	
1. Résultats du dosage de glucose et d'albumine .....	19
1.1 Courbe d'étalonnage du glucose .....	19
1.2. Courbe d'étalonnage des protéines .....	19
2. Courbe d'étalonnage des composés phénoliques .....	20
3. Résultats de l'analyse des composants de la mayonnaise .....	22
3.1 Teneur en glucose et en protéines des échantillons de mayonnaise .....	23
3.1.1 Teneur en glucose .....	23
3.1.2 Teneur en protéines .....	24
4. Résultats de la détermination de la concentration d'Hispidine et de Quercétine .....	28
5. L'indice d'acide .....	29
6. Résultats de rendement de matières grasses de la mayonnaise .....	31
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	32
<b>Références bibliographiques</b> .....	34
Annexes .....	

# *Introduction*

L'évolution socioculturelle des pays a entraîné un changement dans nos habitudes alimentaires. La production alimentaire n'a plus pour seul but de satisfaire les besoins alimentaires de base. Les consommateurs s'intéressent de plus en plus aux bienfaits des aliments pour la santé et commencent à regarder au-delà des avantages nutritionnels essentiels des aliments pour s'intéresser à la prévention des maladies et aux composés améliorant la santé que contiennent de nombreux aliments (Manfred *et al.*, 2010).

D'autre part, l'industrie agroalimentaire a commencé de penser de réduire l'utilisation des produits chimiques au cours de processus de fabrication des aliments (colorants, conservateurs, antioxydants, émulsifiants .....), et fabriquer, transformer, et conserver des aliments à base des extraits naturels pour minimiser l'impact négatif sur la santé, sans l'influence sur la qualité organoleptique et nutritionnelle ou l'aspect général d'un aliment.

Parmi ces nouveaux composés intéressants, les antioxydants, tels que les composés phénoliques comme la rutine, la quercétine, la naringine, l'hispidine, etc., à l'état pur et sous forme d'extraits (Pascale, 2011).

Ils sont très connus en raison de leur utilisation de plus en plus répandue dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires pour leurs effets bénéfiques pour la santé (Pascale, 2011).

Les flavonoïdes représentent une source importante d'antioxydants dans notre alimentation. Ils forment une sous-classe des polyphénols (Pelli *et al.*, 2003).

Le principal objectif de ce mémoire est de faire une comparaison entre des antioxydants naturels tels que la quercétine et l'hispidine et un autre artificiel : l'acide citrique expérimentés sur des échantillons de mayonnaise classique préparé à la maison avec la présence de deux témoins qui sont Lesieur et Noor (deux marques de mayonnaise industrielle commercialisées en Algérie) ou ils utilisent d'autres antioxydants comme calcio-disodique EDTA.

Ce mémoire commencera par une introduction suivie d'une synthèse bibliographiques, matériel et méthodes, résultats et discussion et se terminera par une conclusion générale et perspectives.

# *Synthèse bibliographique*

## **I. Généralités sur l'oxydation**

### **1. L'oxydation des aliments :**

L'oxygène peut réagir avec les lipides, les protéines, les sucres, les vitamines, ou encore les composés d'arôme, contribuant ainsi grandement à la diminution de la qualité nutritionnelle, organoleptique et microbiologique des produits alimentaires au cours de leur transformation et de leur conservation.

Les réactions d'oxydation font référence à un système d'échange d'électrons, en effet, une molécule oxydée aura perdu un électron, au profit de la molécule dite réduite qui aura gagné ce derniers (Pietta, 2000).

### **1.2. Les radicaux libres :**

L'oxygène est un élément indispensable à la vie de tous les organismes aérobies, parce qu'il permet de produire la majorité de l'énergie chimique en oxydant les substances organiques dans leurs mitochondrie. Cependant, l'oxygène peut être une source d'agression pour ces organismes qui convertissent une partie de cet élément en métabolites hautement réactifs : les radicaux libres, qui peuvent être d'origine endogène ou encore exogène (Myara, 2002).

Un radical est une molécule ou un fragment moléculaire qui contient un électron (ou plus) non apparié. De par sa structure particulière, il a tendance à attirer les électrons d'autres atomes et molécules pour gagner sa stabilité (Bouhadjra ,2011).

### **2. Les antioxydants :**

On désigne par antioxydant toute substance, qui lorsqu'elle est présente en faible concentration dans la cellule, est capable de retarder, de neutraliser ou de réduire l'oxydation et les dommages causés par les radicaux libres sur les composés cellulaires (Rahman, 2007).

D'après Jungbluth, (2008), le terme antioxydant désigne toute substance qui, présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable retard ou inhibe significativement l'oxydation de ce substrat.

En tant qu'additif alimentaire, un antioxydant est une molécule qui protège les aliments contre les réactions d'oxydations qui accélèrent leur vieillissement.

Ceci est dû essentiellement à l'oxygène de l'aire, la lumière, les traces des métaux et éventuellement à certains enzymes

## **2.1 Mécanisme d'action :**

D'une manière générale, un antioxydant peut empêcher l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant lui-même plus rapidement que celui-ci. Un tel effet résulte d'une structure de donneurs d'atome d'hydrogène ou d'électrons souvent aromatiques cas de dérivés du phénol.

Les antioxydants sont en fait des agents de prévention, ils bloquent l'initiation en complexant les catalyseurs, en réagissant avec l'oxygène, ou des agents de terminaison capables de dévier ou de piéger les radicaux libres, ils agissent en formant des produits finis non radicalaires. D'autres en interrompant la réaction en chaîne de peroxydation, en réagissant rapidement avec un radical d'acide gras avant que celui-ci ne puissent réagir avec un nouvel acide gras (Hellal, 2011).

## **2.2 Rôle des antioxydants en tant qu'additifs alimentaires :**

Dans le domaine agroalimentaire les antioxydants sont principalement utilisés pour prévenir ou retarder les phénomènes d'oxydation des aliments.

Les composants des aliments qui sont particulièrement sujets à l'oxydation, et qu'ils convient de protéger, sont des composants qui comportant des doubles liaisons dans leur structure chimique : acide gras insaturé (constituants des triglycérides, acide gras libre), acide aminé (lysine, méthionine), vitamine (E, A), stérols et pigment. En effet c'est au niveau des doubles liaisons que se déclenche les processus de dégradation oxydative (Martel et *al.*, 1986).

Dans le cas des acides gras, par exemple, l'oxydation conduit à la formation des radicaux libre peroxydes et hydro-peroxydes qui sont des espèces chimiques très réactives.

L'oxydation de ces composants provoque une altération des propriétés des aliments :

- Propriétés sanitaire (génération des produits toxiques : par exemple, l'ingestion de lipides rances s'accompagne de symptômes de toxicité) ;
- Propriétés nutritionnelles (destruction d'acide gras et acides aminé essentiels, vitamine) ;
- Propriétés organoleptiques (flaveur, texture, et couleur dégradé).

Aussi l'industrie agroalimentaire s'emploie les antioxydants à prévenir les phénomènes d'oxydation afin de préserver la qualité des aliments au cours des procédés technologiques, du transport, et de stockage pour supprimer ou ralentir l'auto-oxydation des lipides (Martel et *al.*, 1986).

Parmi les antioxydants les plus utilisés dans l'industrie agroalimentaire : L'acide ascorbique SIN300, L'acide citrique SIN330, Alpha tocophérol de synthèse SIN307, L-Ascorbate de sodium Sin301, Gallate de propyle SIN310.

### **2.3 Critères des antioxydants autorisés :**

De nombreuses molécules naturelles ou de synthèse sont dotées de propriétés antioxygènes, les molécules utilisées en alimentation présentent au tant que possible les critères suivants :

- Dépourvues de toxicité
- Sans odeur, ni saveur, ni couleur
- Efficacité à faible concentration
- Facile à incorporer
- Résistances aux traitements thermiques de cuisson

Il faut noter qu'un antioxydant ne peut être efficace que dans les aliments non dégradés, car il ne peut en aucun cas restaurer les propriétés altérées par l'oxydation (Martel et *al.*, 1986).

### **3. Classification des antioxydants :**

Les antioxydants sont divisés selon leur origine en deux types :

#### **3.1 Les antioxydants naturels :**

Dans l'industrie agroalimentaire, l'ajout d'antioxydants naturels dans les aliments est une technique complètement nouvelle. Depuis à peu près 1980, les antioxydants naturels sont apparus comme alternative aux antioxydants, ils sont aujourd'hui généralement préférés par les consommateurs. Toutefois, le fait de trouver communément une substance dans un aliment ne constitue pas une garantie de son absence totale de toxicité. Les antioxydants synthétiques ont été testés quant à leurs effets carcinogènes ou mutagènes, mais de nombreux constituants naturels des aliments n'ont pas encore été testés (Pelli et *al.*, 2003).

Les antioxydants naturels sont très présents dans le règne végétal, pour lequel ils représentent un des principaux mécanismes de défense contre le dioxygène.

Les polyphénols sont des composés que l'on trouve dans toutes les plantes et renferment plus de 8000 composés naturels dont les flavonoïdes sont la classe majeure et la plus importante (Djeridane et *al.*, 2006).

### **3.1.1 Les flavonoïdes :**

Plus de 4000 types de flavonoïdes ont été identifiés dans la nature. Ce sont des substances naturelles issues des plantes présentes dans tout le règne végétal et leur concentration dépend du niveau et des conditions de croissance des plantes ainsi que de leur maturité (Cook *et al.*, 1996 ; Di Carlo *et al.*, 1999).

Les flavonoïdes se répartissent dans les organes aériens jeunes (Jeunes feuilles, boutons floraux) où ils sont localisés dans les tissus superficiels. Ils se répartissent aussi dans les racines (Cook *et al.*, 1996).

Selon (Erlund, 2004). Les flavonoïdes existent sous différentes classes et ceci en fonction du degré d'oxydation à savoir :

- les chalcones : davidigénine, nubigénole,
- les aurones : leptosidine, maritimétine,
- les flavanones : hespéritine, naringénine, eriodictyole,
- les dihydroflavonols: taxifoline, fusetine,
- les flavones : apigénine, chrysine, lutéoline,
- les flavonols : quercétine, myricétine, kamphérole,
- les anthocyanes : pelargonine, delphinidine, cyanidine,
- les isoflavones : daidzein, genistein,
- les flavanols: catéchine, gallocatéchin.

### **3.1.2 Activité biologique des flavonoïdes :**

De nos jours, les propriétés des flavonoïdes sont largement étudiées dans le domaine médical où on leur reconnaît des activités anti-inflammatoires, Antiallergiques, antivirales, antimicrobiennes, anti-tumorales (Marfek, 2003), qui sont des conséquences d'un stress oxydant, donc les flavonoïdes agissent comme des antioxydants.

### **3.1.3 Les flavonoïdes comme antioxydants :**

Les flavonoïdes peuvent agir de différentes façons dans les processus de régulation du stress oxydants (Peterson *et al.*, 1998) Par : capture directe des espèces réactives de l'oxygène, par chélation de métaux de transition comme le fer, et par inhibition de l'activité de certains enzymes.

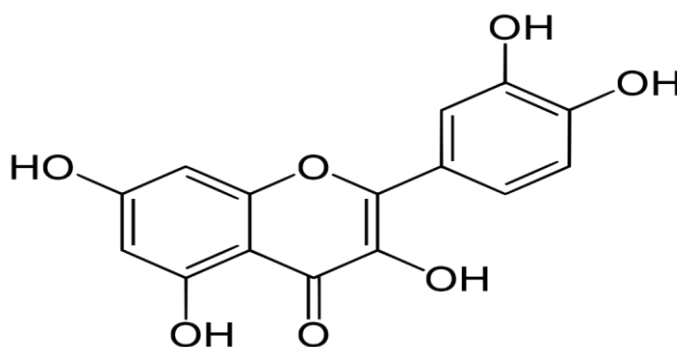
Les deux composés phénoliques qui sont utilisés dans cette étude sont la quercétine et l'hispidine.

### A. La quercétine :

Les flavonols sont des composés flavonoïdiques les plus répandus dans les aliments, dont les principaux est la quercétine (Manach *et al.*,2004) .

La quercétine, un représentant majeur de la sous-classe du flavonol. La quercétine et ses formes à base de sucre ou glucosylées représentent 60 à 75% de la consommation de flavonoïdes (Yuan *et al.*,2006).

La quercétine (figure 01) est considérée comme un antioxydant fort en raison de sa capacité à éliminer les radicaux libres et à lier les ions métalliques de transition. Ces propriétés de la quercétine lui permettent d'inhiber la peroxydation des lipides (Hollman *et al.*, 1997). La peroxydation lipidique est le processus par lequel les acides gras insaturés sont transformés en radicaux libres par l'extraction de l'hydrogène (Yuan *et al.*,2006).



**Figure 1** : structure chimique de la quercétine (Wu *et al.*, 2008)

La quercétine, est la plus abondante des bio-flavonoïdes, étant présente en bonne quantité dans les aliments d'origine végétale consommés quotidiennement par l'homme (oignon, pomme, thé, brocoli) (Kaldas *et al.*, 2005).

La quercétine peut également être retrouvée sous forme glycosylée, par exemple en tant que quercitrine (quercétine-3-O- $\alpha$ -rhamnoside) ou que rutine (quercétine-3-rhamnoglucoside), cette dernière forme étant la plus répandue. Tout dépendant de la source, la quercétine peut se retrouver sous la forme d'un glucoside (oignons), d'un galactoside (pommes) ou encore d'un arabinoside (baies) (Erlund, 2004).

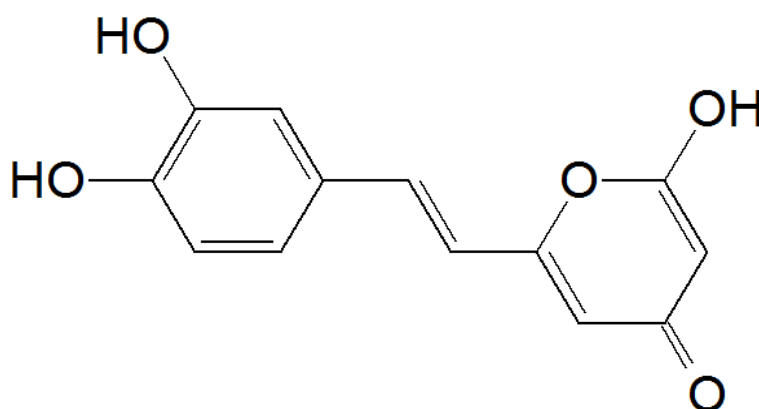
### B. L'hispidine :

Les champignons sont des sources naturelles de nourriture et de médicaments. Les champignons représentent une importante source inexploitée de produits pharmaceutiques

potentiels. L'hispidine est un polyphénol bioactif naturel structurellement lié à la curcumine, trouvé dans plusieurs champignons médicinaux. Il est isolé initialement d'*Inonotus hispidus* (Ali et al., 1996).

Ils présentent diverses activités biologiques (antivirale, anti-inflammatoire, anti-tumoral..) et une forte activité antioxydant en raison de sa capacité à éliminer les radicaux libres.

L'hispidin (figure 02) est une substance naturelle. Il peut également être synthétisé (Gonindard et al., 1997).



**Figure 2 :** structure chimique d'hispidin (Gonindard et al., 1997)

### 3.2 Les antioxydants de synthèse ou artificiels :

Les Antioxydants artificiels ont une grande utilisation dans l'industrie que les antioxydants naturels, grâce à leur disponibilité et leur prix bas. La lettre « E » associée à un numéro, variant entre 300 et 399, sont attribués à chaque antioxydant, ce qui nous permet de les classer et reconnaître.

#### A. L'acide citrique :

L'acide citrique (Figure 03) est l'additif alimentaire (E330), dans la nature l'acide citrique joue un rôle central dans le métabolisme d'un grand nombre d'organismes vivants.

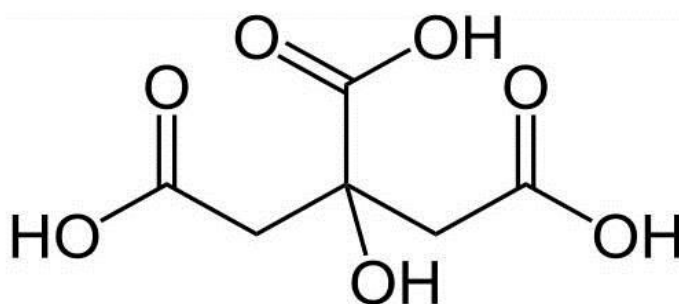
L'acide citrique (ou citrate) est une molécule biologique dont le nom provient du citron, dans lequel il est très abondant (95% de l'acidité du fruit). Il est très utilisé dans l'industrie agroalimentaire comme additif alimentaire et joue alors le rôle de correcteur d'acidité, d'acidifiant (dans le soda par exemple), conservateur, agent complexant, émulsifiant, agent de flaveur, exhausteur de goût, et antioxydant.

On trouve l'acide citrique sous forme de poudre dans le commerce, et il est notamment utilisé pour des usages domestiques ou au laboratoire. (Pierrick ,2014).

L'essor des biotechnologies a permis de produire l'acide citrique à grand échelle (avec *Aspergillus niger* par fermentation).

L'acide citrique permet d'abaissé le PH a une seuil qui empêche la croissance des microorganismes, il peut descendre jusqu'à PH 2,5 car un PH inferieur a 2,9 inhibe le développement des levures (Manfred et *al.*, 2010).

Dans l'industrie des cosmétiques, il est utilisé comme agent de contrôle du pH. L'acide citrique rentre aussi dans la composition de certains produits pharmaceutiques et d'un grand nombre de détergents et lessives.



**Figure 3:** structure chimique d'acide citrique (pierrick ,2014)

### **B. Calcio-disodique EDTA :**

Antioxydant E-385 (éthylène diamine tétra-acétate EDTA de calcio-disodique) est un sel chimique utilisé pour séparer les métaux lourds, des colorants et d'autres substances. Une forme, connue sous le nom d'EDTA de calcio-disodique , apparaît dans les aliments et les produits cosmétiques pour empêcher l'air de les gâcher en introduisant de l'oxygène indésirable dans les structures moléculaires des produits, Dans la filière classique, l'EDTA est listé comme agent de rétention de la couleur, antioxydant, conservateur et séquestrant et peut être ajouté à de nombreux aliments à concurrence de 25 mg/kg, l'antioxydant E-385 de synthèse utilisé dans les sauces émulsionnées et les conserves (Judith,2015).

Dans la mayonnaise il inhibe la rancidité (odeur ou goût désagréable des huiles ou graisses en décomposition).

## **II. La mayonnaise**

### **1. La fabrication de la mayonnaise :**

La mayonnaise est une émulsion de type eau-dans-huile constituée essentiellement d'huile de consommation d'origine végétale, de vinaigre et de jaune d'œuf comme ingrédients obligatoires. La création de cette émulsion nécessite l'apport d'une énergie thermomécanique (fouet, mixeur.....) (Siaka, 2001).

D'autres produits auxiliaires dont la mission est d'influencer les caractéristiques physiques et organoleptiques peuvent être ajoutés, tels: eau, sucre, sel, épices, arômes et condiments etc...

### **1.2 Les fonctions des ingrédients :**

#### L'huile

En effet, dans la mayonnaise, l'huile est en contact avec l'eau, l'air, la lumière, en somme tous des facteurs bien connus pour leur action pro-oxydante.

L'huile est la base de la mayonnaise et donc de l'émulsion. Elle constituée plus de 70% de la mayonnaise. Elle est indispensable pour la stabilité et cohésion de la mayonnaise. Elle peut cependant être diversifiée : huile d'arachide, de tournesol, de noix, d'olive... et cela influera uniquement le goût et la couleur mais ne perturbera pas la prise de la mayonnaise (Marc et al., 2008).

#### Jaune d'œuf

Le jaune d'œuf est utilisé dans la fabrication de la mayonnaise essentiellement pour ses propriétés émulsifiantes dues au complexe lécithine-protéine qu'il contient (Marc et al., 2008).

#### Vinaigre

Il joue un rôle double dans la fabrication de la mayonnaise: d'un côté il participe à la valeur gustative du produit fini et de l'autre contribue à assurer une certaine propriété microbiologique il constitué 10% de la mayonnaise (Marc et al., 2008).

### Les épaississants

Les seconds ingrédients importants dans la conception d'une mayonnaise sont les épaississants. Les industriels de l'agroalimentaire y ont souvent recours pour améliorer la stabilité des émulsions telles que la mayonnaise.

Ce sont essentiellement des macromolécules telles que des protéines ou des molécules de la famille des polysaccharides (l'amidon, les alginates, etc.). Ces épaississants ajoutés à la phase aqueuse, ils en augmentent la viscosité et limitent le déplacement des gouttelettes d'huile, les empêchant ainsi de fusionner entre elles (Marc et *al.*, 2008).

### **1.3 Additifs alimentaire pour la mayonnaise :**

**Tableau 1:** additifs alimentaire utilisés dans la mayonnaise (Siaka,2011)

<b>Additifs</b>	<b>Action</b>	<b>Code</b>
<b>Acide citrique</b>	<b>Antioxydants</b>	<b>SIN330</b>
<b>Acide ascorbique</b>	<b>Antioxydants</b>	<b>SIN300</b>
<b>Lécithines</b>	<b>Emulsifiants</b>	<b>SIN322</b>
<b>Acide alginique</b>	<b>Epaississants</b>	<b>SIN400</b>
<b>Acide glutamique</b>	<b>Exhausteurs de gout</b>	<b>SIN620</b>

### **2. Valeur nutritionnelle de la mayonnaise :**

Ce tableau présente la valeur nutritionnelle de 100 grammes de mayonnaise et les nutriments (protéines, glucides, sucres, matières grasses / lipides, acides gras saturés, sels minéraux et vitamines) qui entrent dans sa composition.

Les quantités de nutriments indiquées sont des valeurs moyennes, ces valeurs peuvent varier selon le type de mayonnaise et la matière première utilisé (type d'huile, jaune d'œuf ou l'œuf entière ...).

**Tableau 2 :** composition nutritionnelle de la mayonnaise (information nutritionnelle.fr)

<b>Composition</b>	<b>Quantité</b>
<b>Glucide</b>	<b>1 g</b>
<b>Protéine</b>	<b>1 à 2 g</b>
<b>Lipide <u>75g</u> dont :</b>	
-Acides gras saturés	13 g
-Acides gras polyinsaturés	45 g
-Acides gras mono-insaturés	17 g
<b>Sels et Minéraux</b>	
-sel	1 g
-Magnésium	3,08 mg
-Phosphore	23 mg
-Potassium	34,9 mg
-Iode	30 µg
<b>Vitamines</b>	
-Vitamine D / cholécalciférol	0,5 µg
-Vitamine E / tocophérol	9,8 mg

### **3. Contrôle de qualité de la mayonnaise :**

Les mayonnaises sont des produits relativement fragiles sur le plan microbiologique et certains ingrédients dont particulièrement le jaune d'œufs frais est souvent contaminé.

Ainsi dans des produits peu acides des bactéries pathogènes comme les salmonelles peuvent se développer. La quantité d'eau disponible pour les microorganismes et le pH constituent les facteurs clés pour la stabilité de la mayonnaise.

Un contrôle basé sur les bonnes pratiques de fabrication (BPF) ou (GMP = Good Manufacturing Practices) ainsi que sur la qualité des matières premières, particulièrement les œufs, est décisif pour la qualité du produit fini.

Il ne faut, en outre pas oublier le contrôle de l'air ainsi que des emballages utilisés (Siaka, 2001).

## *Matériel et Méthodes*

## **1. La mayonnaise :**

La mayonnaise a été préparée à la maison à partir d'huile de tournesol, des œufs, vinaigre et un antioxydant (hispidine, quercétine, acide citrique) et un échantillon sans antioxydant pour estimer la durée de vie maximale de la mayonnaise (Rappelons que la mayonnaise sans antioxydants commence à se dégrader après 7 jours de préparation).

Nous avons préparé de chaque échantillons une quantité de 100g et la concentration finale de l'antioxydant est 0,1% (m/v) (0,1g/100g).

La préparation des différents échantillons se réalisent le 21/02/2017 et les tests de contrôle de leur altération s'effectue pendant 21 jours.

Sachant que l'hispidine et la quercétine sont des extraits bruts des plantes *Inonotus hispidus* et *Peganum harmala* successivement.

### **1.2 L'élaboration de la mayonnaise :**

Dans un récipient, nous avons mélangé l'œuf entier, un peu de sel, et 10 g de vinaigre, en versant peu à peu 200 ml l'huile de façon à faire épaissir la mayonnaise. Pendant que nous mixons. La mayonnaise est prête quand elle est assez épaisse, en moins d'une minute de travail mécanique. Au cours de ce montage, les antioxydants l'hispidine, la quercétine et l'acide citrique sont dissout dans le vinaigre et ajouté immédiatement. Nous avons utilisé le protocole classique de la préparation de la mayonnaise et nous avons évité d'utiliser des épaississants tels que l'amidon ou pomme de terre cuite, afin de minimiser le temps de fabrication ainsi de limiter les ingrédients.

La mayonnaise obtenue est moins épais que la mayonnaise industrielle, et de couleur blanc jaunâtre. Alors que la mayonnaise avec les antioxydants naturelle est de couleur jaune vif. Les échantillons obtenus de mayonnaise sont conservés à +4°C.

D'autre part nous avons aussi préparé trois échantillons de mayonnaise (deux échantillons avec l'antioxydant naturel hispidine et quercétine et un avec l'acide citrique). Cette préparation a pour objectif d'estimer la durée de stabilité de mayonnaise avec ces antioxydants. Ces échantillons ont été conservés dans des flacons en verre bien fermés à température de +4°C.

Les tests de contrôles réalisés sur les six échantillons de mayonnaise (l'échantillon contrôle sans l'antioxydant, les trois échantillons avec les antioxydants et les deux échantillons commercialisés) se présentent dans le dosage des sucres, des protéines, composés phénoliques (pour contrôler le taux de l'hispidine et quercétine) et quantifications des lipides. Ainsi, le contrôle de la qualité organoleptique et l'aspect morphologiques. Pour

chaque dosage une courbe d'étalonnage a été réalisé avec un standard de chaque famille des métabolites pour nous aide à déterminer leurs concentrations.

## **2. Dosage des sucres : glucose**

### **a. Principe de la méthode :**

La méthode suivie pour le dosage est celle de Trinder. Le coffret de réactif de dosage de glucose dans le sérum est utilisé dans cette étude pour déterminer la quantité du glucose dans la mayonnaise. Ce coffret est constitué de trois flacons, le premier R1 contient les deux enzymes, la glucose oxydase (GOD) avec une concentration de 20000 UI/L et la peroxydase (POD) avec une concentration de 1000 UI/L mélangés avec le tampon phosphate de 15 mmol/L et le 4-amino-antipyrine (5PAP) de 0.8mmol/l. Le flacon R2 contient le chromogène chloro-4-phénol. Alors que le flacon R3 est l'étalon glucose avec une concentration de 1g/L.

Le glucose est oxydé par la GOD en acide gluconique et  $H_2O_2$  qui réagit en présence de POD avec le chloro-4-phénol et le PAP pour former une quinonéimine rouge. L'absorbance du complexe coloré, proportionnelle à la concentration en glucose dans le spécimen est mesurée à 510nm. La préparation de réactif est réalisée selon les instructions présentées dans la notice où elle est montrée dans l'annexe 1.

### **b. Protocole expérimentale :**

Pour la réalisation de la courbe d'étalonnage de glucose, des différentes concentrations de la solution de glucose allant de 0,01 à 0,08 g/l ont été préparés. Dans un tube à essai, 100 % ont été introduit avec un volume de 1 ml du réactif préparé pour le dosage, une incubation à température ambiante de 22°C est effectuée pendant 5 min, suivie de la lecture de l'absorbance à 510 nm.

## **3. Dosage des protéines :**

### **a. Principe de la méthode :**

L'albumine est l'une des principales protéines présentes dans les œufs, la protéine de blanc d'œuf est constituée de 75% d'albumine.

Le Réactif de Gornall a été utilisé, dans ce travail, pour détecter la quantité des protéines dans la mayonnaise.

Ce réactif sert à caractériser la présence de liaisons peptidiques. Le réactif donne une coloration bleu-violet à la solution contenant de telles liaisons (protéines). Il peut être utilisé pour un dosage colorimétrique ou spectrophotométrique.

Les composants de réactifs de Biuret sont :

- ✓ de sulfate de cuivre, qui donne la coloration bleue du réactif due aux ions cuivre
- ✓ d'une solution d'hydroxyde de sodium (soude), qui rend le milieu basique ;
- ✓ de tartrate double de sodium et de potassium, qui piège les ions  $\text{Cu}^{2+}$  et évite leur précipitation en milieu alcalin
- ✓ d'iodure de potassium, pour éviter la réduction des ions cuivriques avant le dosage.

Pour la préparation de réactif, il faut dissoudre 1,5 g de sulfate de cuivre et 15 g d'hydroxyde de sodium et 6 g tartrate double de potassium et de sodium et 1 g d'iodure dans 1 L d'eau distillé, la solution est bien mélangé jusqu'à la dissolution total de tous les composants (Holme,1998).

#### **b. Protocole expérimentale :**

Pour tracer la courbe d'étalonnage, des différentes concentrations de la solution d'albumine allant de 0,01 à 0,08 g/l ont été préparés, 0,6g d'albumine sont ajoutés à 60 ml d'eau physiologique (la concentration est 20 mg/ml), les composants sont agités jusqu'à l'homogénéisation.

Un volume d'un ml de réactif de Gornall (Biuret) est ajouté à un volume de 500 $\mu$ l de solution d'albumine à différentes concentration (les concentrations se varient entre 2 et 12 mg/ml), après l'incubation pendant 30 min à température ambiante et à l'abri de la lumière, les absorbances sont mesurée par le spectrophotomètre à 540 nm.

Remarque : Toutes les manipulations sont répétées 3 fois.

#### **4. Dosage des composés phénoliques :**

##### **a. Principe de la méthode :**

Le principe de dosage des extraits des flavonoïdes est réalisé avec le réactif de Folin - Ciocalteu. Le réactif Folin-Ciocalteu est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $\text{H}_3 \text{PW}_{12} \text{O}_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3 \text{PWO}_{12} \text{O}_{40}$ ).

La formation d'une liaison covalente entre le réactif et les groupements hydroxyles (OH) des flavonoïdes produise un complexe de couleur bleu ayant une absorbance à 760 nm (Vermerris et *al.*, 2006).

##### **b. Protocole expérimentale :**

Une solution standard de la quercétine ou de l'hispidine a été préparée dans de l'éthanol avec une concentration 1mg/ml. Pour tracer la courbe d'étalonnage, un volume de 50 $\mu$ l de la solution de quercétine avec des concentrations bien déterminé (les concentrations varient entre 0,1 et 0,8 mg/ml) sont ajouté à 250 $\mu$ l de réactif de Folin-Ciocalteu (ce dernier est

dilué 10 fois dans de l'eau distillé afin d'atteindre une concentration de 10%), 5 min après, 1 ml de  $Na_2CO_3$  à 4% sont additionnées au mélange. Après incubation pendant 30 min à température ambiante de 25 °C et à l'abri de la lumière, l'absorbance est lue à 760 nm.

## **5. Analyse des échantillons de mayonnaise :**

### **5.1 Dosage des composants de la mayonnaise :**

La fabrication de mayonnaise ordinaire nécessite les œufs, l'huile, vinaigre, et un antioxydant. Nous avons aussi étudié deux flacons de mayonnaise témoins, se sont deux marques déposés commercialisés en Algérie à savoir Lesieur (produit importé) et Noor (produit local). Donc le nombre total des échantillons analysés est six échantillons :

- Mayonnaise contrôle sans antioxydants.
- Mayonnaise avec les antioxydants naturels : l'hispidine et la quercétine.
- Mayonnaise avec l'antioxydant artificiel : l'acide citrique
- Mayonnaise témoins deux marques : Lesieur et Noor.

#### **5.1.1 Dosage de glucose dans la mayonnaise :**

Les sucres sont présents généralement dans la mayonnaise avec des faibles quantités, la source principale de ces sucres est les œufs, et aussi l'utilisation de certains additifs (certains épaississants, l'amidon ...). La quantité des sucres dans une mayonnaise varie entre 0,6 g et 2 g.

#### **Protocole expérimentale :**

Dans chaque échantillon, 0,5 g de mayonnaise sont ajoutés à 4 ml d'éthanol, les deux composants sont bien agités. Ces échantillons sont incubés dans un bain marie pendant 10 min à 50°C afin d'extraire les sucres de mayonnaise. Après quelques minutes de repos pour la séparation de deux phases, un volume de 20 µl de surnageant est additionné à 80 µl d'éthanol à (80%) (Dilution 5 fois). Dans un tube à essais, un volume de 1 ml de réactif de glucose oxydase est ajouté à 100 µl de chaque échantillon, l'absorbance est mesurée à 510 nm.

Dans le cas des composés phénoliques, il est nécessaire d'extraire la quercétine et l'hispidine présents dans les deux échantillons de la mayonnaise avant de passer à l'extraction et le dosage de glucose car ces deux composés inhibent la réaction catalysée par la peroxydase. Un volume de 2 ml d'acétate d'éthyle et 1ml d'eau physiologique sont ajoutés à 0,5g de mayonnaise (mayonnaise avec l'hispidine et quercétine), le mélange est bien agité, laisse quelques minutes pour séparer les deux phases. La partie supérieure est

éliminée, car elle contient que l'acétate d'éthyle et la quercétine ou l'hispidine. L'autre partie est utilisée pour l'extraction des sucres comme il est précédemment mentionné.

### **5.1.2. Dosage des protéines dans la mayonnaise :**

Pour mettre en évidence la présence de protéine dans la mayonnaise, nous avons utilisé le réactif de biuret (Gornall). Cette réaction met en évidence les liaisons peptidiques et donc les protides (protéines).

Les œufs sont parmi les ingrédients principaux de la mayonnaise. Les œufs sont des sources importantes des protéines. Les protéines de l'œuf sont d'excellente qualité, elles sont considérées comme protéines de référence. La mayonnaise industrielle contient entre 1g à 2g de protéines/100g de mayonnaise.

#### **Protocole expérimentale :**

Une quantité de 0,5g de chaque échantillon de mayonnaise est mélangé avec 5 ml d'eau physiologique, laisser pour se reposer pendant quelques minutes afin d'obtenir deux phases bien séparées. Un volume de 500µl de cette solution est ajouté à 5 ml d'eau physiologique (dilution 10 fois).

Dans un tube à essais, un volume de 1ml de réactif de Gornall est ajouté à 500µl de chaque solution diluée, après l'incubation pendant 30 min à l'obscurité, l'absorbance est lue à 540 nm.

Dans le cas des composés phénoliques, il est nécessaire d'extraire la quercétine et l'hispidine présents dans les deux échantillons de la mayonnaise avant de passer à l'extraction et le dosage des protéines. Un volume de 2 ml d'acétate d'éthyle et 1ml d'eau physiologique sont ajoutées à 0,5g de mayonnaise (mayonnaise avec l'hispidine et quercétine), le mélange est bien agité, laisse quelques minute pour séparer les deux phases. La partie supérieure est éliminée, car elle contient que l'acétate d'éthyle et la quercétine ou l'hispidine. L'autre partie est utilisée pour l'extraction des protéines comme il est précédemment mentionné.

## **6. Détermination de la concentration d'hispidine et de la quercétine dans la mayonnaise :**

### **a. Principe :**

Après 15 jours, nous voulons déterminer la concentration des antioxydants ajoutés qui sont l'hispidine et la quercétine en utilisant la méthode de Foin-Ciocalteu. Rappelons que la teneur initiale des antioxydants dans la mayonnaise est toujours 0,1g /100g.

### **b. Protocole expérimentale :**

Afin de doser ces deux composés phénoliques, une extraction de ces deux derniers est effectuée en utilisant l'acétate d'éthyle comme solvant. Un volume de 2 ml d'acétate d'éthyle et 1 ml d'eau physiologique sont mélangés avec 0,5g de mayonnaise (un essai pour l'hispidine et un pour la quercétine), le mélange est bien agité jusqu'à la dissolution de la mayonnaise. Par la suite, le mélange est évaporé à l'aide d'une hotte chimique.

Après l'évaporation, un volume de 4 ml de méthanol est ajouté au résidu sec obtenu. Par la suite, 250µl de Folin (dilué 10 fois) sont additionnés à 50µl de cette solution, 3 à 5 min plus tard 1 ml de  $Na_2CO_3$  sont ajoutés. L'absorbance est lue à 760 nm, après l'incubation 30 mn à l'obscurité et à une température ambiante (25°C).

## **7. Indice d'acide :**

### **a. Principe de la méthode :**

La deuxième méthode utilisée pour contrôler la qualité de la mayonnaise est l'indice d'acide. Les méthodes classiques d'analyses des matières grasses sont souvent complexes, longues et grandes consommatrices de produits chimiques. Les industriels ont besoin d'analyses plus rapides, plus simples et moins coûteux.

En ce sens, l'indice d'acide représente une moyenne pour contrôler la qualité d'huile ou d'une matière grasse. En effet, plus la valeur l'indice d'acide est petite, la qualité d'huile est meilleure. La teneur en acides libres des corps gras augmente avec le temps : l'indice d'acide permet donc de juger de leur état de détérioration.

La détermination de l'indice d'acide des huiles revient à neutraliser les acides libres de celles-ci par l'hydroxyde de potassium (KOH) ou potasse caustique (Dipage, 2010).

La détermination de l'indice d'acide a été réalisée selon la norme (AFNOR NFT60-204).

### **b. Protocole expérimentale :**

Une quantité de 0,5g de mayonnaise de chaque échantillon solubilisé dans 10 ml de chloroforme, cette solution est ensuite dosée par une solution d'hydroxyde de potassium de

0,03N jusqu'à le virage de l'indicateur colorée utilisé (phénolphtaline) (Dipage, 2010). Les mesures sont effectuées chaque six jour c'est-à-dire une fois par semaine.

## **8. Teneur de matières grasses de mayonnaise :**

### **a. Principe :**

Le principe est basé sur l'extraction de la matière grasse à partir de mayonnaise en utilisant le chloroforme  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . Le calcul de la teneur en de la matière grasse de mayonnaise a pour but d'évaluer l'état de dégradation d'huile contenue dans la mayonnaise.

### **b. Protocole expérimentale :**

Un volume de 2ml de chloroforme ont été ajouté à 1 g de chaque échantillon de mayonnaise, le mélange est agité jusqu'à la dissolution totale de la mayonnaise dans le chloroforme.

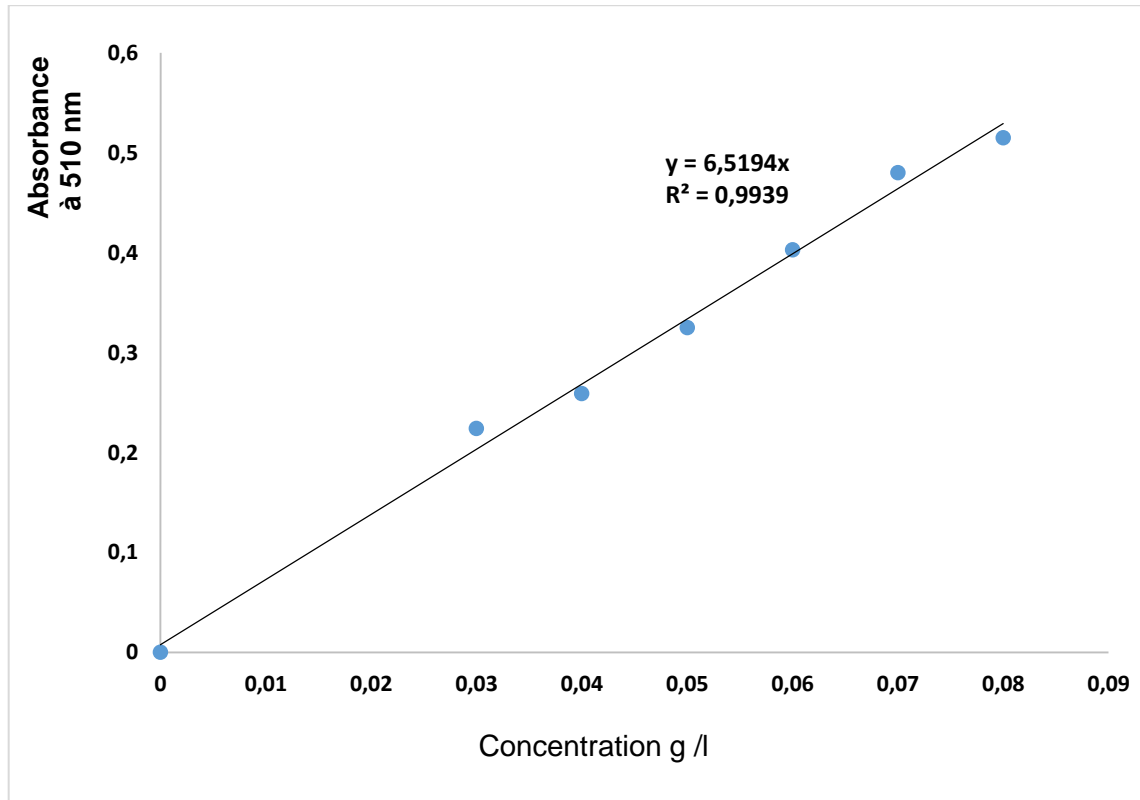
Ensuite, ce mélange est mis dans l'étuve à 70 °C jusqu'à l'évaporation totale de chloroforme (sachant que le degré d'évaporation de chloroforme est de 60 à 70 °C), nous avons obtenu par la suite des différentes quantités de la matière grasse. Ces échantillons sont pesés après chaque évaporation.

## *Résultats et discussion*

## 1. Résultats de dosage de glucose et des protéines :

### 1.1 Courbe d'étalonnage du glucose :

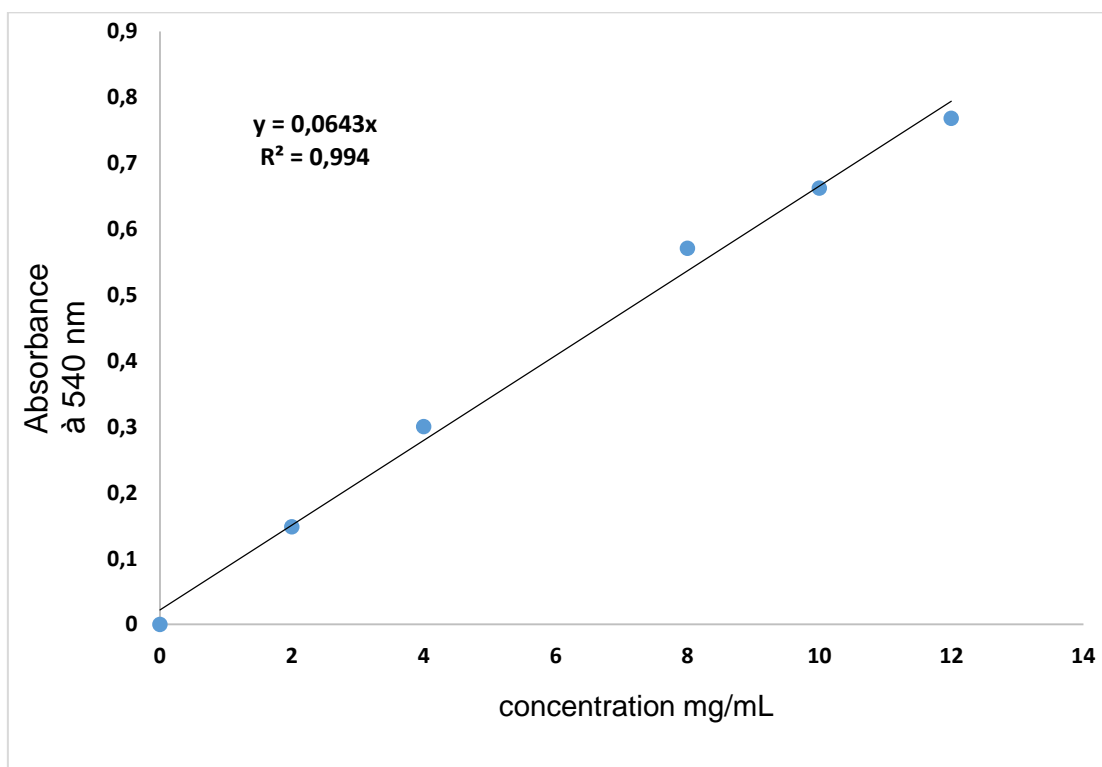
Le dosage de glucose est réalisé avec le réactif de Glucose oxydase, les lectures de l'absorbance des solutions ainsi préparées nous a permis de tracer la courbe d'étalonnage représenté dans la figure 4.



**Figure 4:** courbe d'étalonnage réalisé par le glucose

### 1.2. Courbe d'étalonnage des protéines :

La courbe d'étalonnage réalisé par l'albumine a été effectuée avec le réactif Biuret (Gornall). Les lectures des absorbances des solutions préparées à différentes concentrations permettent de tracer la courbe d'étalonnage représenté dans la figure 5.

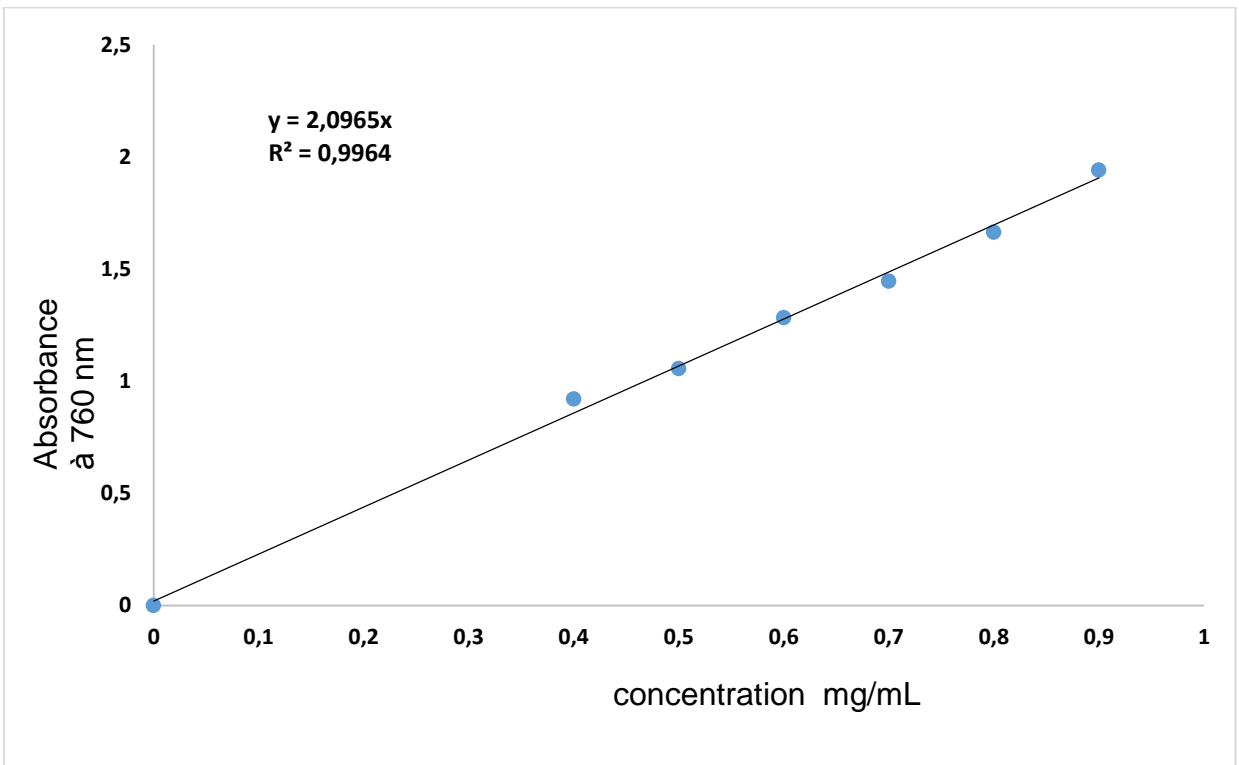


**Figure 5:** courbe d'étalonnage réalisée par les protéines

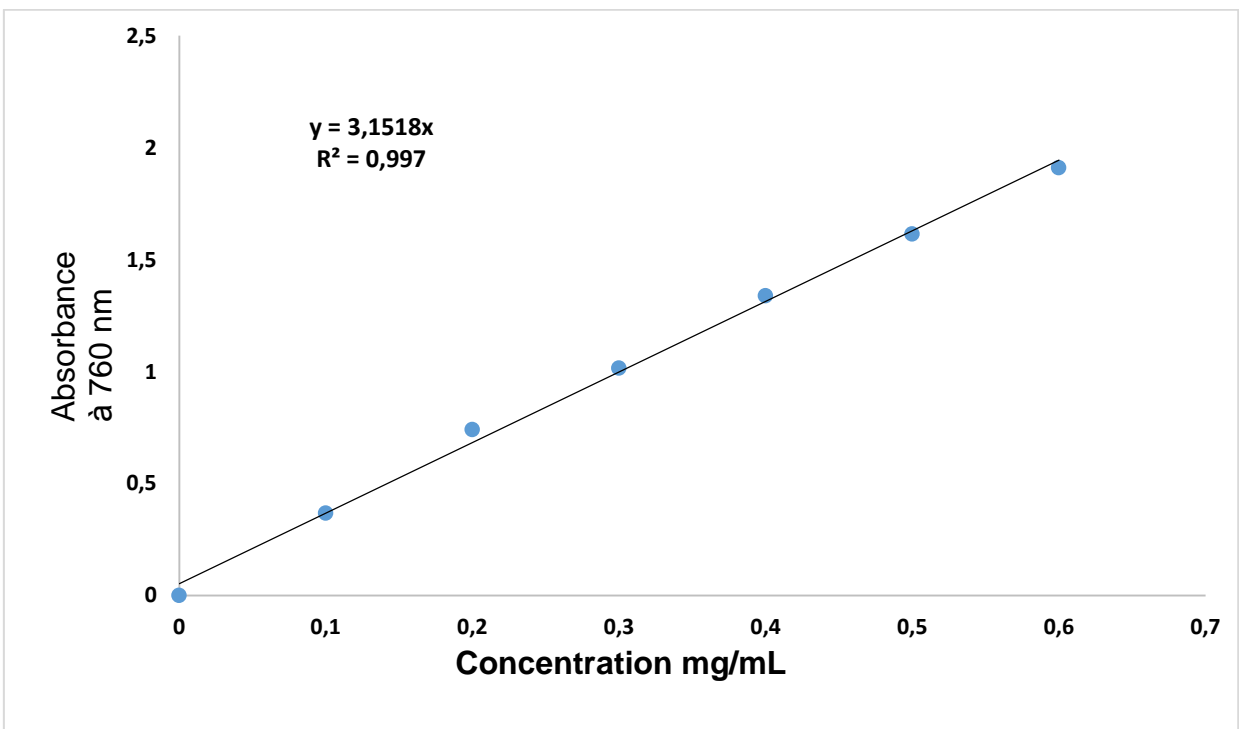
La réalisation des courbes d'étalonnage permet de déterminer les quantités de glucose et protéines dans la mayonnaise.

## **2. Courbe d'étalonnage des composés phénoliques :**

Le dosage des flavonoïdes quercétine et hispidine est réalisé avec le réactif de Folin - Ciocalteu, les lectures des absorbances des solutions préparées nous a permis de tracer les courbes d'étalonnage de l'hispidine et la quercétine représentées dans la figure 6 et 7.



**Figure 6:** courbe d'étalonnage réalisée par la quercétine



**Figure 7:** courbe d'étalonnage réalisée par l'hispidine

La réalisation de ces courbes d'étalonnage de la quercétine et l'hispidine nous a permis de calculer la concentration d'hispidine et de quercétine dans la mayonnaise

### 3. Résultats de l'analyse des composants de la mayonnaise :

La mayonnaise fait à maison est parmi les aliments très sensible et facile à altérer. L'altération peut toucher l'aspect et texture (les modifications visuelles), il s'agit donc essentiellement de développement de moisissures), la couleur (les réactions de brunissement), l'odeur (odeur rance), et aussi dégradations de la valeur nutritionnelle (protéine, glucides et lipides).

En tenant compte du fait que les échantillons témoins de la mayonnaise industrielle (Lesieur et Noor) sont déjà subis des techniques de conservation (soit stérilisation ou appertisation).

Après la préparation, nous avons obtenus les échantillons de mayonnaises représentés dans la figure 8 dont A : mayonnaise sans antioxydants, B : mayonnaise avec l'acide citrique, C et D : mayonnaise avec l'hispidine et la quercétine, E et F: mayonnaise témoins Lesieur et Noor.



**Figure 8:** les six échantillons (A, B, C, D, E et F) de mayonnaises analysées

En pratique, plusieurs méthodes sont appliquées pour contrôler les denrées alimentaires, le contrôle de six échantillons de mayonnaise a été réalisé par la méthode spectrophotométrique UV-visible dont la photo de l'appareil est présentée dans la figure 9.



**Figure 9:** spectrophotomètre UV-visible utilisé dans le contrôle

### **3.1 Teneur en glucose et en protéines dans les échantillons de mayonnaise :**

L'analyse quantitative de glucose dans les échantillons de mayonnaise a été réalisée par les procédures décrites précédemment.

La teneur en glucose et en protéines dans chaque échantillon de mayonnaise a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage fig. (04) pour le glucose et la courbe d'étalonnage fig. (05) pour les protéines, les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux (2) et (03).

#### **3.1.1 Teneur en glucose :**

Les valeurs des teneurs de glucose sont exprimées en gramme, la valeur référentielle des sucres dans la mayonnaise industrielle est de 1 g/100g.

Nous avons choisi la méthode de réactif de glucose oxydase parce qu'elle est rapide, sensible et spécifique au glucose, il y a plusieurs méthodes qui peuvent quantifier les teneurs en sucres mais la majorité entre eux prennent beaucoup de temps et notre objectif est de réaliser le maximum des tests chaque 48 h pour suivre l'altération de nos échantillons, ce qui nous oblige à choisir des tests rapides et efficaces.

Dans l'affiche des ingrédients des deux mayonnaises commercialisées, il n'y a pas une description de la quantité exacte de glucose par contre nous avons des données sur la teneur des sucres. Pour cela, nous allons comparer les résultats de nos échantillons

fabriqués à la maison par ceux commercialisés. Les résultats sont montrés dans le tableau 2.

Dans le premier jour d'analyse et pour l'échantillon Lesieur et Noor, nous avons trouvé une teneur de glucose égale à 0,11 et 0,12 g, respectivement. Alors que les autres échantillons (sans antioxydant et avec l'acide citrique), nous avons enregistré une valeur de 0,14g, cette dernière est presque équivalente à celle obtenue pour les mayonnaises commercialisées. Pour les deux échantillons de l'hispidine et la quercétine, nous avons trouvé des teneurs très faibles de 0,015g, ceci peut être interprété par l'extraction non complète des antioxydants ce qui inhibe l'activité enzymatique de la GOD et POD du réactif de dosage.

En fonction du temps, nous avons remarqué une diminution de la quantité de glucose pour tous les échantillons, ce qui expliqué peut être par la consommation de cette source de carbone par les microorganismes ou une oxydation de glucose s'effectue.

**Tableau 3:** teneur en glucose dans les échantillons de mayonnaise contrôlée

<b>M(g) /jour</b>	<b>22- fev</b>	<b>26- fev</b>	<b>27- fev</b>	<b>02- mars</b>	<b>05- mars</b>	<b>06- mars</b>	<b>12- mars</b>	<b>15- mars</b>
<b>Sans antioxydant</b>	0,14	0,06	0,1	0,015	0,015	0,010	0,010	0,009
<b>Hispidine</b>	0,015	0,018	0,01	0,09	0,015	0,03	0,03	0,01
<b>Quercétine</b>	0,015	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,015	0,01
<b>Acide citrique</b>	0,14	0,04	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Lesieur</b>	0,11	0,03	0,1	0,025	0,06	0,009	0,009	0,01
<b>Noor</b>	0,12	0,13	0,12	0,037	0,02	0,021	0,021	0,018

### 3.1.2 Protéines :

Les valeurs des teneurs en protéines sont exprimées en gramme, ces valeurs sont montrées dans le tableau (03), elles varient entre et 0,8 et 15 g dans les différentes échantillons.

Dans le premier jour et pour les échantillons Lesieur et Noor, nous avons enregistré une teneur de protéines égale à 7,81 et 7,69 g, respectivement. Si nous comparons ces résultats avec nos échantillons, nous pouvons dire qu'ils sont faibles par rapport à l'échantillon sans antioxydant (10,93g) et l'échantillon avec l'acide citrique (15,42g). Alors que les deux

échantillons de l'hispidine et la quercétine, nous avons remarqués des teneurs très faibles en protéines avec (1,9 et 1,09 g), ceci est interprété par le pouvoir chélateur de ces antioxydants vis-à-vis les métaux qui se présentent dans le réactif de Biuret par les ions cuivre responsable à la détection des protéines. En fonction de temps, nous avons remarqué une diminution dans ces teneurs pour les différents échantillons.

**Tableau 4:** teneur en protéines dans les échantillons de mayonnaise contrôlé

M(g) /jour	23-fev	26-fev	28-fev	02-mars	06-mars	12-mars	15-mars
<b>Sans antioxydant</b>	10,93	6,06	3,73	3,5	0,81	0,9	0,8
<b>Hispidine</b>	1,9	1,63	1,89	1,60	1,51	2,06	1,27
<b>Quercétine</b>	1,09	1,81	1,71	1,51	1,36	1,3	1,09
<b>Acide citrique</b>	15,42	8,24	6,93	6,54	3,66	5,93	2,96
<b>Lesieur</b>	7,81	7,12	5,75	5	3,03	1,6	1,42
<b>Noor</b>	7,69	4,96	3,25	3,03	3,78	5	2,6

La plupart des aliments commencent à perdre leurs valeurs nutritives (protéines, lipides, glucides, vitamines) avec le temps, même s'ils sont conservés et réfrigérés. Cette dégradation est due généralement à l'activité microbienne, et les réactions d'oxydation.

Des nombreuses études cherchent aujourd'hui la relation des microorganismes avec la composition des aliments. Pour proliférer, les microorganismes doivent trouver dans l'aliment des substances nutritives, une source d'énergie (glucides), sources d'azote (protéines). Le développement de ces microorganismes dans l'aliment est d'abord détecté par la modification d'odeur, de couleur et de texture (Jean, 2007).

D'autre part, les réactions d'oxydation sont aussi responsables à la perte de qualité des aliments. Selon Smith et *al.*, 2007, l'oxygène est une molécule essentielle et au même temps toxique, elle est indispensable pour les réactions d'oxydation. Cependant, lorsqu'une molécule d'oxygène accepte un électron libre, elle se transforme à des formes radicalaires (Smith et *al.*, 2007). Dans ce contexte, l'addition des antioxydants est devenue indispensable pour garantir la qualité d'un aliment.

Le suivi de l'activité antioxydant en fonction de temps a été réalisé pour but de faire une comparaison entre les antioxydants naturels tels que l'hispidine et la quercétine et l'antioxydant artificiel l'acide citrique.

Les résultats présentés dans la fig. (10) montrent que les antioxydants naturels (hispidine, quercétine) présentent le potentiel antioxydant le plus fort, par contre l'acide citrique présente un pouvoir antioxydant moins fort.

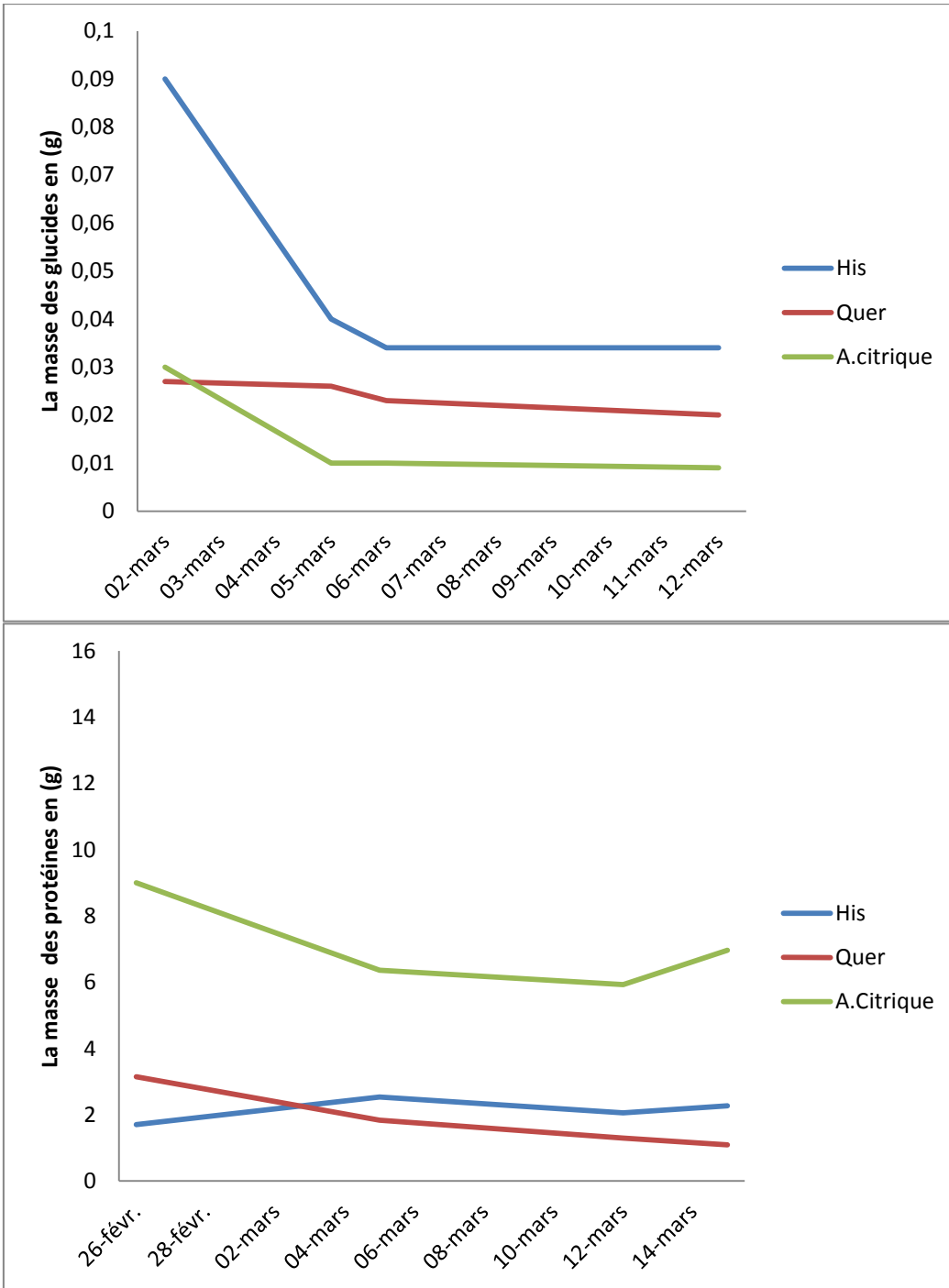
Plusieurs études scientifiques montrent l'efficacité des antioxydants naturels (extrait des flavonoïdes) sur l'inhibition de la croissance microbienne. Chan *et al.* (2008), montre que les extraits flavonoïdiques ayant une efficacité importante contre un grand nombre des souches bactériennes, à savoir *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* (Mohammedi, 2005).

Les flavonoïdes notamment la quercétine, sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes ; Les mécanismes de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (les protéases) ou d'autre interaction pour inactiver les adhésines microbiennes (Cowan, 1999).

La plupart des antioxydants d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures, et les propriétés antioxydants sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (OH) et superoxydes ( $O_2$ ) (Bartosz, 2003).

Les recherches récentes sur les composés flavonoïdiques montrent que leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox joue un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, piégeage de l'oxygène, ou décomposition des peroxydes (Nijveldt *et al.*, 2001).

Les effets bénéfiques des extraits naturels sont intéressants particulièrement dans le domaine d'hygiène alimentaire, leur activité antioxydant assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en ralentir la peroxydation lipidique (Leong *et al.*, 2002 ).



**Figure 10:** comparaison entre les antioxydants naturels et artificiels

D'autre part, nous ne critiquons pas le rôle d'acide citrique comme un antioxydant efficace, le traitement des aliments par l'acide citrique prolonge de façon significative la durée de conservation des aliments.

En plus de leur propriété acidifiante, l'acide citrique retarde de façon significative l'oxydation d'un aliment.

Selon Manfred et *al* 2010. L'acide citrique permet d'abaisser le PH à un seuil qui empêche la croissance des microorganismes, car un PH inférieur à 2,9 inhibe le développement des levures et des moisissures.

Mais dans cette comparaison les résultats montrent que les antioxydants naturels tels que l'hispidine et la quercétine sont les plus efficaces que l'antioxydant artificiel l'acide citrique.

#### **4. Résultats de détermination de la concentration d'Hispidine et de Quercétine :**

La concentration d'hispidine et la quercétine dans la mayonnaise a été calculé après 15 jours de la préparation. L'objectif de doser ces deux molécules est de voir la consommation de ces deux derniers comme des antioxydants.

Après les lectures des absorbances, la concentration des antioxydants la quercétine et l'hispidine dans les échantillons de mayonnaise a été calculé à partir des courbes d'étalonnage réalisées par la quercétine et l'hispidine fig. (06) et fig. (07). Les résultats obtenus sont montrés dans le tableau 4.

**Tableau 5:** concentration de la quercétine et d'hispidine dans la mayonnaise

	<b>Concentration initiale</b>	<b>Concentration finale</b>
<b>La quercétine</b>	<b>0,1g / 100g</b>	<b>0,09g /100g</b>
<b>L'hispidine</b>	<b>0,1g/ 100g</b>	<b>0,07g/100g</b>

A la première lecture de ces résultats, on remarque que les concentrations des deux composés naturels l'hispidine et la quercétine a diminué de 0,1 g/100g jusqu'à 0,07 et 0,09 g/100g, respectivement. Cette diminution montre que la mayonnaise a utilisé ces deux composés comme des antioxydants pour diminuer les radicaux libres et retarder l'oxydation.

En faisant le lien entre les résultats présents dans le tableau ci-dessus et les résultats précédents de dosage des composants de mayonnaise, nous pouvons déduire que l'hispidine et la quercétine sont des antioxydants naturels très efficaces pour la conservation de la mayonnaise.

### **5. l'indice d'acide :**

L'indice d'acide est le pourcentage en masse d'acide libre dans l'huile. Nous avons l'appliqué dans le cas de mayonnaise pour suivre l'indice d'acide dans la mayonnaise parce qu'elle est constituée de l'huile et du vinaigre. L'indice d'acide a été calculé par la formule suivante :

$$I.A = \frac{56,1 \times N \times V}{m}$$

Avec :

m : masse en grammes de la prise d'essai

V : volume en millilitres d'hydroxyde de potassium

56,1 : masse molaire de KOH

N : normalité de la solution éthanolique de KOH

L'ensemble des résultats obtenus sont résumés dans le tableau 5. La norme d'indice d'acide est de 4 mg/g, et l'acidité oléique est de 2%.

**Tableau 6:** valeurs de l'indice d'acide

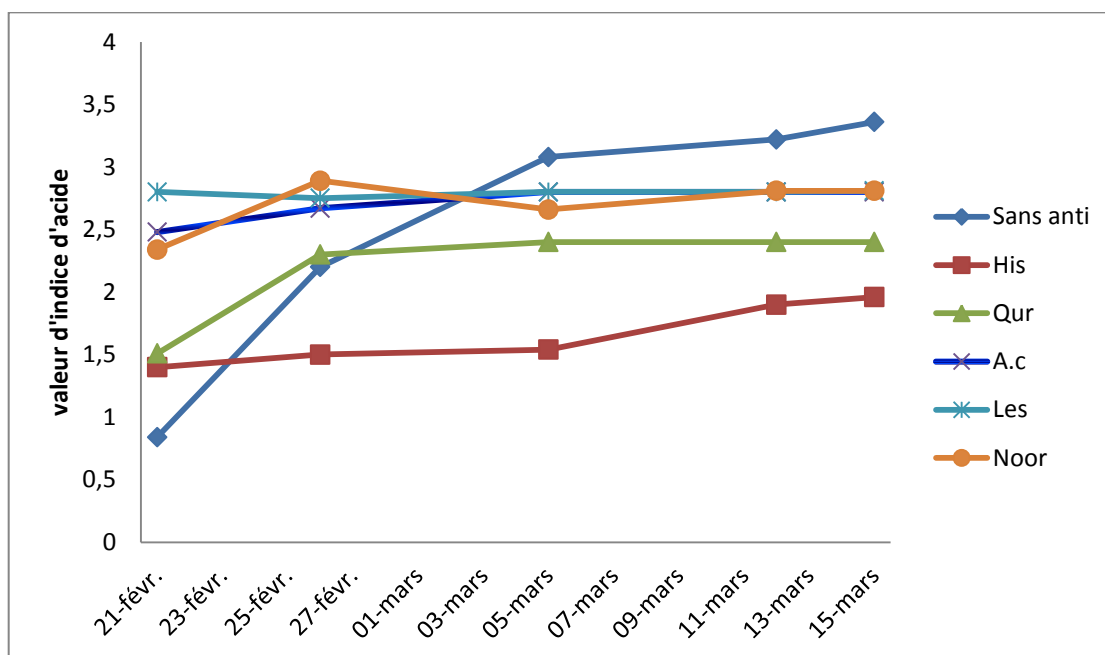
<b>Jour / Echantillons</b>	<b>Sans antioxydan t</b>	<b>Hispidine</b>	<b>Quercétine</b>	<b>A. citrique</b>	<b>Lesieur</b>	<b>Noor</b>
<b>Indice d'acide 21 -02-2017</b>	0,84 % 1,68 mg/g	1,40 % 2,8 mg/g	1,51 % 3,02 mg/g	2,48 % 4,96 mg/g	2,80 % 5,6 mg/g	2,34 % 4,68 mg/g
<b>Indice d'acide 26 -02-2017</b>	2,2 % 4,4 mg/g	1,5 % 3 mg/g	2,3 % 4,6 mg/g	2,67 % 5,34 mg/g	2,75 % 5,5 mg/g	2,89 % 5,78 mg/g
<b>Indice d'acide 05-03-2016</b>	3,08 % 6,16 mg/g	1,54 % 3,08 mg/g	2,4 % 4,8 mg/g	2,8 % 5,6 mg/g	2,8 % 5,6 mg/g	2,66 % 5,32 mg/g
<b>Indice d'acide 12-03-2017</b>	3,22 % 6,44 mg/g	1,9 % 3,8 mg/g	2,4 % 4,8 mg/g	2,8 % 5,6 mg/g	2,8 % 5,6 mg/g	2,81 % 5,62 mg/g

D'après les résultats obtenus dans le tableau (05), on peut constater que la valeur d'indice d'acide de la mayonnaise avec l'hispidine et la quercétine ne dépassent pas beaucoup la norme 2 % ou 4 mg/g. Donc cette mayonnaise est conforme aux normes. Aussi la valeur de l'indice d'acide de la mayonnaise avec l'acide citrique a donné des bons résultats et conforme aux normes.

Les valeurs d'indice d'acide des échantillons témoins varient entre 2,34 % et 2,81 %, ceci est confirmé par le goût plus au moins acide de la mayonnaise industrielle car elle contient des acidifiants.

Dans le cas de la mayonnaise de contrôle (mayonnaise sans antioxydant), les valeurs d'indice d'acide dans les premiers jours sont acceptables car la mayonnaise est encore fraîche. Sept jours après la préparation, nous avons remarqué que l'indice d'acide est augmenté de façon significative donc la mayonnaise est altérée.

Nous avons utilisé les valeurs d'indice d'acide présentés dans le tableau 5 pour tracer les courbes qui sont montrés dans la figure (11). À l'issus des résultats obtenus dans la figure (11), on peut déduire que les antioxydants naturels (hispidine et quercétine) dévoilent un pouvoir antioxydant très intéressant. Également, presque toutes les valeurs de l'indice d'acide au cours du contrôle ne dépassent pas les normes.



**Figure 11:** valeur de l'indice d'acide en fonction de temps

Tous ces résultats obtenus ne s'expliquent pas seulement par la capacité antioxydant des deux composés phénoliques (Hispidine et Quercétine), mais aussi la capacité de garder, même après 20 jours, la qualité hygiénique (absence des levures et moisissures sur la surface de mayonnaise), la qualité nutritionnelle (valeurs des sucres et des protéines plus au moins stable) et aussi une qualité organoleptique acceptable, notamment, la couleur (mayonnaise garde sa couleur jaune), texture (mélange homogène), et aussi une odeur normale.

#### **6. Résultats de rendement de matières grasses de la mayonnaise :**

Les résultats obtenus après la pesée sont présentés dans le tableau (06). Les résultats sont exprimés en gramme. L'huile est le constituant majeur de la mayonnaise. Sachant que la valeur référentielle de matière grasse dans la mayonnaise industrielle varie entre 70 et 75 g par 100 g (0,75g/g) de mayonnaise.

**Tableau 7:** teneurs de matières grasses obtenues en g/g

<b>Jour / échantillons</b>	<b>Sans antioxydant</b>	<b>Hispidine</b>	<b>Quercétine</b>	<b>A. Citrique</b>	<b>Lesieur</b>	<b>Noor</b>
<b>23-02-17</b>	0,6 g	0,56 g	0,56 g	0,58 g	0,6 g	0,8 g
<b>27-02-17</b>	0,54 g	0,55 g	0,55 g	0,5 g	0,6 g	0,86 g
<b>02-03-17</b>	0,5 g	0,62 g	0,63 g	0,52 g	0,58 g	0,4 g
<b>03-03-17</b>	0,5 g	0,55 g	0,56 g	0,42 g	0,58 g	0,42 g
<b>05-03-17</b>	0,41 g	0,5 g	0,56 g	0,50 g	0,54 g	0,4 g

D'après les résultats du tableau, nous remarquons que les teneurs en matières grasses obtenues, dans le premier jour des analyses, varient entre 0,56 et 0,8 g/g. Rappelant que la matière grasse provient de deux sources dans la mayonnaise : l'huile et le jaune d'œuf. Nous pouvons dire que les deux mayonnaises industrielles ne sont pas conformes avec les indications dans l'affiche des ingrédients. Pour la mayonnaise Lesieur, la valeur indiquée est de 0,75g/g alors que nous avons trouvé une teneur plus faible de 0,6g/g. Pour la mayonnaise Noor, la teneur est plus élevée de 0,8g/g. Pour les autres échantillons, les valeurs des teneurs en matières grasses sont plus ou moins équivalentes.

En fonction du temps, nous avons remarqué que les valeurs des teneurs en matières grasses de la mayonnaise de contrôle (sans antioxydant) diminuent progressivement de 0,6 g à 0,4 g, ceci peut être expliqué par l'oxydation des lipides. Le rendement en matières grasses pour les mayonnaises avec les antioxydants naturels reste toujours stable et varient entre 0,5 et 0,63 g. Le rôle des antioxydants se manifeste clairement dans la stabilité de l'huile en évitant son oxydation.

Alors que nous avons enregistré une diminution en teneur de matières grasses en fonction du temps pour les échantillons : avec l'acide citrique, Lesieur et Noor.

D'après ces résultats, nous constatons que seulement les teneurs en matières grasses pour les mayonnaises avec les antioxydants hispidine et quercétine restent stables, donc il n'y a pas de dégradation des lipides. En revanche, les autres échantillons ont présenté une diminution significative en matières grasses interprétée par leur dégradation.

D'autre part, dans le cas des échantillons de mayonnaise conservée dans des flacons en verre hermétiquement fermé et à +4°C, nous remarquons que ces échantillons restent stable même après trois mois de préparation.

D'après tous les résultats obtenus, les deux composés phénoliques l'hispidine et la quercétine montrent des capacités antioxydantes plus fortes par rapport aux des antioxydants artificiels (acide citrique).

Les deux composés phénoliques expriment d'une part le pouvoir de diminuer l'oxydation de la mayonnaise, et d'autre part l'inhibition de la prolifération microbienne.

## *Conclusion et perspective*

Les extraits naturels des plantes sont des sources importantes des antioxydants naturels, elles restent encore non exploitées dans le domaine agroalimentaire.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressées à l'étude comparative entre les antioxydants naturels et artificiels expérimentés sur des échantillons de mayonnaise.

Ce travail nous a permis, pour la première fois, d'étudier le pouvoir antioxydant des composés phénoliques : l'hispidine et la quercétine sur un aliment qui est la mayonnaise et comparer ce pouvoir antioxydant avec un autre antioxydant artificiel qui déjà connue dans l'industrie alimentaire : l'acide citrique.

Le choix de l'aliment a été basé principalement sur quelques critères parmi eux l'altération rapide de la mayonnaise et la facilité d'incorporer ces antioxydants dans cet aliment.

La première étape de cette étude consiste à élaborer une mayonnaise ordinaire à base des œufs, d'huile, et de vinaigre avec l'addition des antioxydants (l'hispidine, la quercétine et l'acide citrique) et avec la présence des deux témoins de mayonnaises commerciales qu'ils sont pris comme références.

La seconde étape, nous avons étudié le pouvoir antioxydant de ces composés sur des échantillons de mayonnaise.

L'évaluation de la stabilité de la mayonnaise s'effectue selon la méthode spectrophotométrique, en contrôlant la quantité des protéines et de glucose contenant dans chaque échantillon de mayonnaise pendant 21 jours, avec l'association de la détermination de l'indice d'acide et les teneurs en matières grasses.

L'ensemble des résultats obtenus, nous a permis de confirmer que nos composés naturels tels que l'hispidine et la quercétine sont des puissants antioxydants et ils ont gardé la mayonnaise stable pendant 21 jours après l'ouverture et jusqu'à 3 mois quand elle est fermée. Également, ces capacités antioxydantes se traduit par l'inhibition de l'oxydation de la mayonnaise, de piéger les radicaux libres et aussi inhiber la prolifération microbienne. Les graphes de comparaison entre les antioxydants naturels et artificiels montrent que les antioxydants naturels capables de conserver la mayonnaise le plus long temps que l'acide citrique.

L'un des résultats les plus importants de ce travail consiste dans le fait que même après trois mois de conservation, la mayonnaise avec les antioxydants naturels reste stable et garde ses caractéristiques organoleptiques.

Ainsi, de nombreuses perspectives peuvent être envisagées. Ces résultats proposent de remplacer les antioxydants synthétiques ou chimiques par des antioxydants naturels en

diminuant les effets secondaires de ceux synthétiques. Il y a plusieurs composés phénoliques présentant des activités antioxydants importantes que l'on suggère de les utiliser dans l'industrie agroalimentaire comme des additifs vue les intérêts bénéfiques qu'ils les présentent.

## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

Aabdelghafour Marfek .2003 Radiolyse gamma des flavonoides, étude de leur activité avec les radicaux issus des alcools : formation de depsides,p 40.

Ali N. A. A.1996. Inhibition of chemiluminescence response of human mononuclear cells and suppression of mitogen-induced proliferation of spleen lymphocytes of mice by hispolon and hispidin:Pharmazie.

Anne Marie Helmenstine,. February 28, 2017.

Bartosz G.2003. Generation of reactive oxygen species in biological systems. Comments on Toxicology, 5-21.

COOK J.1998. Nutraceuticals for Cardiovascular Health, American Journal Cardiology. N° 19, vol. 10, p. 43-46.

Djeridane A, Yousfi M, Nadjemi B, Boutassouna D, Stocker P, & Vidal N (2006). Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chemistry, 97: 654-660.

Erlund, I. 2004. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. Nutrition Research, 24, 851-874.

Gonindard, C., Bergonzi, C., Denier, C., Sergheraert, C., Klæbe, A., Chavant, L., Hollande, E. (1997). "Synthetic hispidin, a PKC inhibitor, is more cytotoxic toward cancer cells than normal cells in vitro". Cell Biology and Toxicology. 13 (3): 141-53.

G. Wohlfahrt, S. Witt, J. Hendle, D. Schomburg, H. M. Kalisz et H.-J. Hecht,1999. « 1.8 and 1.9 Å resolution structures of the Penicillium amagasakiense and Aspergillus niger glucose oxidases as a basis for modelling substrate complexes », Acta Crystallographica Section D, vol. 55, no Pt 5, p. 969-977.

Hollman, P.C.H., Van Trijp, J.M.P., Buysman, M.N.C.P., V.d. Gaag, M.S., Mengelers, M.J.B., De Vries, J.H.M., et Katan, M.B., 1997. Relative bioavailability of the antioxidant flavonoid quercetin from various foods in man. FEBS Letters, 418, 152-156.

Holme, D.J, h.Peck . 1998 Analytical Biochemistry.

Information nutritionelle.com

Jean Dipage Détermination de l'Indice d'Acide des Huiles Publié le 13 décembre 2010

Jean loures ., 2007. , livre microbiologie alimentaire.pp.05-07.

Jean Myara, 2002, vieillissement et stress oxydant, radicaux libres et especes réactives de l'oxygène, cours de Biochimie, p 1-22.

Jungbluth G. 2008. Les espèces réactives de l'oxygène et leur principale implication dans la physiopathologie canine. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire de Lyon: p142.

Judith Thamm.2015., La section Additifs alimentaires « What are you putting in your mouth ? ».

Kaldas, M.I., Walle, U.K., Van Der Woude, H., McMillan, J.M., et Walle, T., 2005. Covalent binding of the flavonoid quercetin to human serum albumin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4194-4197.

K. Bouhadjra 2011., étude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge, thèse pour l'obtention du diplôme de magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

Leong, LP., Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem*, 76: 69-75.

Manach.,2004, polyphénols : food source and bioavailability.,79 :727-47.

Manfred et Nicole.,2010 Additifs alimentaire et auxiliaire technologique, pp.78.

Martel et., 1986. Additifs alimentaire et auxiliaire technologique,pp.89-90.

Marc anton.,2008 La construction des aliments : une question de chimie.

Mohammedi, Z. 2005. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydants des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques de la région de Tlemcen.

Nijveldt, R. J., Nood, E., Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Norren, K., Leeuwen, P., 2001 Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications.

Peterson, 1998 ; Di Carlo, 1999 ; Cotelle N, 2001, flavonoïdes : dietary occurrence and biochemical activity .

Pietta, 2000 « flavonoïdes as antioxydants» product, vol.63,N°7,pp.1035.

PELLI K., LYLTY M., 2003. Les antioxydants dans l'alimentation. *VTT Biotechnology Finlande*. (3) :9p.

Pierrick,H, ;2014 article intitulé « Acide citrique -> issu de Sante-Médecine

Rahman K (2007). Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. *Clinical Interventions in Aging*, 2: 219-236.

Smith, C.,Marks, A. D. ; and Lieberman, M. 2007. Marks' Basic Medical Biochemistry : A Clinical Approach, 2nd Edition. Marks : 920.

Siaka KONE.,2001 Fabrication artisanale de la mayonnaise.

Vermerris, W. ; and Nicholson, R.2006. Phenolic compound Biochemistry. Springer Science. Netherlands. 276p.

Wu, T.-H., Yen, F.-L., Lin, L.-T., Tsai, T.-R., Lin, C.-C., et Cham, T.-M., 2008. Preparation, physicochemical characterization, and antioxidant effects of quercetin nanoparticles. *International Journal of Pharmaceutics*, 346, 160-168.

Yuan, Z.P., Chen, L.J., Fan, L.Y., Tang, M.H., Yang, G.L., Yang, H.S., Du, X.B., Wang,G.Q., Yao, W.X., Zhao, Q.M., Ye, B., Wang, R., Diao, P., Zhang, W., Wu, H.B., Zhao, X., et Wei, Y.Q., 2006. Liposomal quercetin efficiently suppresses growth of solid tumors in murine models. *Clinical Cancer Research*, 12, 3193-3199.

Z.Hellal 2011., Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydants de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.

# *Annexes*

**Annexe I : Fiche de composition de réactif glucose oxydase**



## Mayonnaise classique



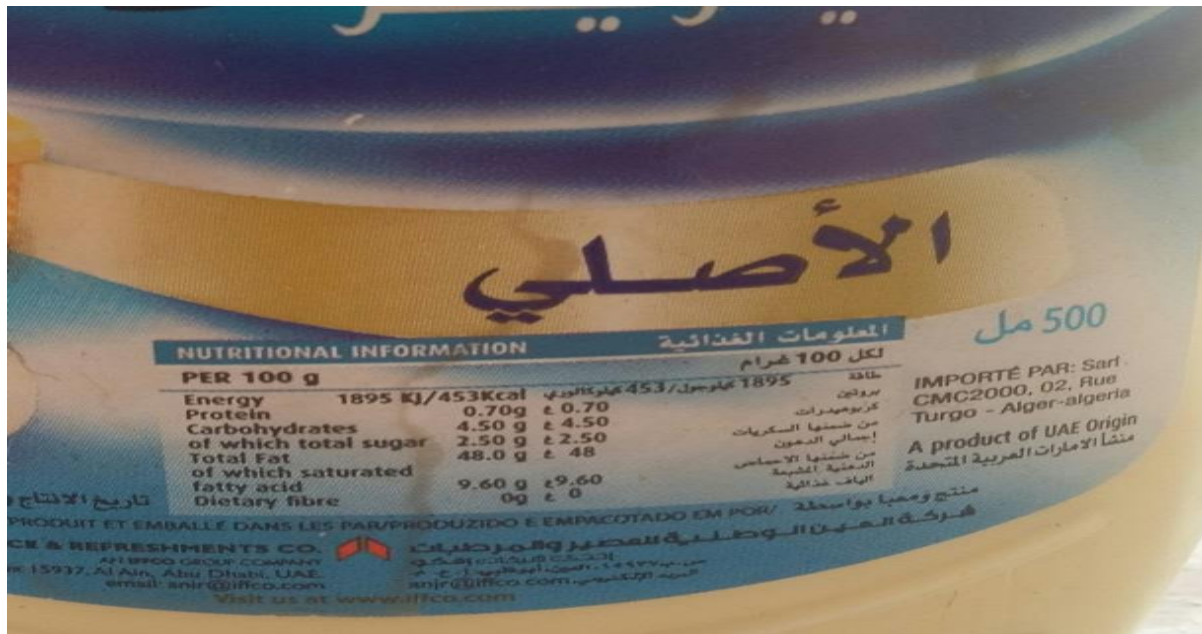
### Composition nutritionnelle :

	Pour 100 g	Pour 15 g (1 c. à soupe)
Energie	2707 kJ / 658 kcal	406 kJ / 99 kcal
Matières grasses	71 g	11 g
Dont acides gras saturés	5,4 g	0,8 g
Glucides	2,8 g	0,4 g
Dont sucres:	2 g	1 g
Protéines	1 g	0,1 g
Sel	1,3 g	0,2 g

Ingrédients: Huile de colza Origine France (69,5%), eau, jaunes d'œufs de poules élevées en plein air Origine France (5%), vinaigres (alcool, vin blanc), moutarde de Dijon (4,2%) (eau, graine de moutarde, vinaigre, sel, antioxydant: disulfite de potassium, acidifiant: acide citrique), sucre, sel, amidon modifié, jus de citron concentré, colorants: lutéine et extrait de paprika, arôme.

PAS D'ERREUR, C'EST LESIEUR

### Annexe II : fiche des ingrédients de la marque Lesieur



### Annexe III: fiche des ingrédients de la marque Noor