

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université De Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Agroalimentaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention Du diplôme de master II en

Spécialité : Technologie Agroalimentaire Et Contrôle De Qualité

Filière : Sciences Alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

**L'étude de l'impact de l'incorporation de curcuma (*Curcuma Longa .L*)
sur la qualité physicochimique et organoleptique d'une mayonnaise**

Présenté par :

BOUABDALLAH Asmaa et MAAMRI Asmaa

Devant le jury composé de :

Dr DEFFAIRI Dj MCB USDB président

Dr HADJADJ N MCB USDB Examinatrice

Dr IGUERGAZIZ N MCB USDB Promotrice

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

Ce présent travail est pour nous une occasion agréable d'exprimer nos reconnaissances et notre gratitude envers Dieu, le tout puissant.

*Nos vifs remerciements vont à notre promotrice **Dr IGUERGAZIZ Nadia** pour nous avoir guidées orientées et aidées dans la réalisation de ce travail, ainsi que pour la confiance qu'elle nous a témoignées qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Nos profonds remerciements s'adressent aussi à **Dr DEFFAIRI Djamila** pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider ce jury.*

*Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à **Dr HADJADJ Naima** d'avoir acceptée d'examiner notre travail et nous sommes très honorées de sa présence dans ce jury.*

*On remercie **Mr Benmalle** **Hakim** qui nous a acceptés dans son entreprise « **TASSALA Food** » pour réaliser notre travail.*

*On remercie **Mme Mechrouhe Amel** le chef de laboratoire et **Mr Benmalle** **Saïd** pour les services qu'il nous a rendu.*

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à la lumière de ma vie : Mes parents

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

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

A ma sœur Nariman et sa petite famille.

A mon frère Yacine et sa femme Ahlem.

A mes frères ; Mohamed, Badr- Eddine, Issam et mon cher petit frère Raouf.

A ma grande famille : je cite en particulier mon cher grand père, mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines(Romaïssa).

Mes chers amis (es), à qui je souhaite le succès et le bonheur pour l'amitié qui nous a toujours unis et les bons moments que nous avons passés ensemble en particulier ma chère amie Asmaa et sa famille.

B. Asmaa

Dédicace

Je dédie ce travail à : Mes parents

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

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

A mes frères ; Salim et Zinedine, mes sœurs ; Dounia et Ikram, Meriem et son mari qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance de courage et de générosité.

A ma grande famille : je cite en particulier mon cher grand père mes grands-mères, mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines que ce modeste travail soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières que Dieu vous préserve santé et longue vie.

Mes chers amis (es), à qui je souhaite le succès et le bonheur pour l'amitié qui nous a toujours unis et les bons moments que nous avons passés ensemble en particulier ma chère amie Asmaa et sa famille.

M. Asmaa

Résumé

Ce travail a été conçu de l'impact de l'incorporation du curcuma (*curcuma longa .L*) (0.5 et 1%) sur la qualité physicochimique et organoleptique d'une mayonnaise, fabriquée au niveau du laboratoire de l'unité de production TASSALA FOOD de la wilaya d'ALGER.

Les résultats obtenus ont montré une conformité des paramètres physico-chimiques pH (3.01 -3.20) et d'humidité (25.75 - 27.50%) des mayonnaises E2 (0.5%) et E3 (1%) respectivement par rapport à la mayonnaise témoin (E1) et aux normes de l'unité.

Les résultats des analyses sensorielles effectuées, prouvent l'appréciation de l'ensemble des dégustateurs pour la formulation E3 dans tous les critères étudiés à savoir le gout, la consistance, la couleur et l'acidité.

A ce propos, on suggère l'utilisation de curcuma dans les mayonnaises en raison de ses effets bénéfiques pour la santé du consommateur et tant que antioxydant naturel (présence de curcumine) et pour prolonger la durée de vie de cette émulsion. (Date Limite de Consommation)

Mots clés : Emulsion, mayonnaise, curcuma, test organoleptique.

Abstract

This work was designed to study the impact of the incorporation of turmeric (0.5 and 1%) on the physicochemical and organoleptic quality of a mayonnaise, manufactured and analyzed in the laboratory of the TASSALA production unit FOOD of the wilaya of ALGIERS.

The results obtained showed a conformity of the physic-chemical parameters pH (3.01 - 3.20) and humidity (25.75 - 27.50%) of the mayonnaises E2 (0.5%) and E3 (1%) respectively compared to the control mayonnaise (E1) and unit standards.

The results of the sensory analyzes carried out, demonstrate the appreciation of all the tasters for the E3 formulation in all the criteria studied, namely taste, consistency, color and acidity In this regard.

We suggest the use of turmeric in mayonnaises because of its beneficial effects for the health of the consumer and as a natural antioxidant (presence of cur cumin) to prolong the life of this emulsion.

Key words: Emulsion, mayonnaise, turmeric, organoleptic test.

الملخص

تهدف هذه لدراسة تأثير دمج الكركم (0.5 و 1 %) على الجودة الفيزيائية والكيميائية الحسية للمايونيز وتصنيعها وتحليلها في مختبر وحدة إنتاج TASSALA Food ولاية الجزائر. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها الامتثال للمعاملات الفيزيائية والكيميائية الأس الهيدروجيني (3.01-3.20) والرطوبة (25.75 - 27.50%) من المايونيز (0.5%) وE2 وE3 (1%) على التوالي مقارنة بالمايونيز الشاهد (E1) ومعايير الوحدة.

تظهر نتائج التحاليل الحسية التي تم إجراؤها، تقدير جميع المتذوقين لصياغة E3 في جميع المعايير التي تمت دراستها، وهي النوق والاتساق واللون والحموضة. في هذا الصدد، نقترح استخدام الكركم في المايونيز بسبب آثاره المفيدة على صحة المستهلك وكمضاد للأكسدة الطبيعي (وجود الكركمين) لإطالة عمر هذا المستحلب. **الكلمات المفتاحية:** مستحلب، مايونيز، كركم، اختبار حسي.

Table de matière

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 15

Chapitre I: le curcuma et la curcumine

| | |
|---|------------------------------------|
| 1. Introduction au genre <i>Curcuma</i> | 17 |
| 2. Description botanique de la plante fraîche | 17 |
| 3. Culture du curcuma longa | 19 |
| 3.1. Croissance et développement | 19 |
| 3.2. Ecologie..... | 20 |
| 3.3. Multiplication et plantation..... | 20 |
| 3.4. Récolte | 20 |
| 3.5. Rendement | 20 |
| 3.6. Traitement après récolte..... | 20 |
| 4. Composition chimique du curcuma..... | 21 |
| 5. La curcumine | 22 |
| 5.1. Définition:..... | Erreur ! Signet non défini. |
| 5.2. La dégradation de la curcumine: | 22 |
| 5.3. La synthèse de la curcumine: | 23 |
| 5.4. La solubilité de la curcumine: | 24 |
| 6. Les activités biologiques du curcumine:..... | 25 |
| 6.1. Anti-cancéreux..... | 25 |
| 6.2. Antioxydant:..... | Erreur ! Signet non défini. |
| 7. Utilisations du curcuma:..... | 28 |
| 7.1. Curcuma en cuisine:..... | 28 |
| 7.2. Curcuma en industrie:..... | 29 |
| 7.3. Curcuma et la médecine:..... | Erreur ! Signet non défini. |
| 7.3.1. Anti-inflammatoire:..... | 29 |
| 7.3.2. Problèmes digestifs..... | 30 |

Chapitre II: généralités sur les émulsions et la mayonnaise

| | |
|---|----|
| 1. Historique :..... | 32 |
| 2. Emulsion | 32 |
| 2.1. Définition :..... | 32 |
| 2.2. Classification :..... | 33 |
| 2.2.1. Emulsion simple : émulsion eau dans huile(E/H) émulsion huile dans eau (H/E) : | 33 |
| 2.2.2. Emulsion multiple, dites mixtes ou triples :..... | 34 |
| 2.3. Caractérisation des émulsions :..... | 35 |
| 2.4. Les facteurs qui influencent sur l'émulsion : | 36 |
| 2.5. Rôle des émulsifiants :..... | 36 |
| 2.6. Application :..... | 36 |
| 3. La mayonnaise :..... | 37 |
| 3.1. Définition..... | 37 |
| 3.2. Les ingrédients :..... | 37 |
| 3.2.1. Huile :..... | 37 |
| 3.2.2. Jaune d'œuf :..... | 38 |
| 3.2.3. Vinaigre :..... | 38 |
| 3.2.4. Sel :..... | 38 |
| 3.2.5. Moutarde :..... | 39 |
| 3.2.6. La lécithine | 39 |
| 3.2.7. Les additifs | 39 |
| 3.2.8. Ingrédients facultatifs..... | 39 |
| 3.3. La valeur nutritionnelle de la mayonnaise :..... | 40 |
| 3.4. La production de la mayonnaise | 40 |
| 3.4.1. Mayonnaise traditionnelle (domestique au ménage) | 40 |
| 3.4.2. Processus de production industrielle de la mayonnaise :..... | 41 |
| 3.5. Contrôle de la qualité et conservation :..... | 43 |

Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Matériel végétal | 45 |
| 1.1. Préparation de la poudre de curcuma:..... | 45 |
| 1.2. Caractérisation physicochimique de curcuma :..... | 46 |
| 1.2.1. Détermination de la teneur en eau | 46 |
| 1.2.2. Détermination du PH (NF V05-108,1970). | 47 |
| 2. La préparation des échantillons de mayonnaise :..... | 47 |
| 2.1. Les ingrédients alimentaires :..... | 47 |

| | |
|---|----|
| 2.2. formulation de la mayonnaise :..... | 47 |
| 2.2.1. Préparation des huiles enrichies à différentes dose d'incorporation de curcuma : | 47 |
| 2.2.2. La préparation de la mayonnaise : | 48 |
| 3. Caractérisation physicochimique des mayonnaises préparées | 49 |
| 3.1. Mesure du pH | 49 |
| 3.2. Taux d'humidité..... | 50 |
| 4. Evaluation organoleptique | 50 |
| 4.1. Présentation des échantillons | 51 |
| 4.2. Analyse statistique..... | 51 |

Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| 1. Les résultats de la caractérisation physicochimique de la poudre de curcuma | 52 |
| 2. Les résultats de la caractérisation physique chimique des mayonnaises préparées | 52 |
| 3. Les résultats des analyses organoleptiques de la mayonnaise | 55 |
| Conclusion | 61 |
| Les Références bibliographiques | 62 |
| Les Annexes | 65 |

La liste des figures

Figure 1 : Curcuma longa

Figure 2 : Les sources de curcumine

Figure 3 : le rhizome de curcuma longa

Figure 4 : photo de la fleur de Curcuma longa

Figure 5 : Structure chimique de la curcumine.

Figure 6 : La dégradation de la curcumine

Figure 7 : Les curcuminoïdes naturels isolés de Curcuma longa L

Figure 8 : La synthèse de la curcumine

Figure 9 : L'oxydation d'un acide gras insaturé

Figure 10 : la poudre de rhizome de curcuma

Figure 11 : Exemple d'un produit à base de curcuma (une moutarde au curcuma

Figure 12 : Complément alimentaire à base de curcuma, utilisé contre les troubles articulaires

Figure 13 : Compléments alimentaires à base de curcuma pour les troubles digestifs,

Figure 14 : action d'émulsifiant

Figure 15 : émulsion huile dans eau

Figure 16: émulsion eau dans huile

Figure 17 : représentation schématique de 2 types d'émulsion multiples

Figure 18 : Fraction des ingrédients utilisés pour la mayonnaise.

Figure 19 : Préparation domestique de la mayonnaise

Figure 20 : Schéma simplifié d'une installation discontinu (batch) de fabrication de sauce mayonnaise

Figure 21 : schéma simplifié d'une installation de fabrication de sauce mayonnaise en continu

Figure 22 : Rhizome de curcuma (photo originale)

Figure 23 : les étapes de la préparation de la poudre de curcuma

Figure 24 : Préparation des huiles enrichies en curcuma

Figure 25 : Le batteur **Thermomix** (leur tasse dans la photo à droite)

Figure 26 : PH-mètre **HANNA**

Figure 27 : Dessiccateur électronique **OHAUS**

Figure 28 : Photo des trois mayonnaises préparées

Figure 29 : les valeurs de pH des mayonnaises préparées

Figure 30 : L'humidité et la matière sèches des mayonnaises préparées

Figure 31 : photo de la mayonnaise avant et après séchage

Figure 32 : Agitateur

Figure 33 : Dessiccateur électronique

Figure 34 : Batteur Thermomix

Figure 35 : La verrerie utilisée pour étaler la mayonnaise

Figure 36 : Spatule

Figure 37 : Coupelle

Figure 38 : rapport d'analyse physicochimique de la mayonnaise STAR

Figure 39 : résultat d'analyse microbiologique de la mayonnaise STAR

Figure 40 : bulletin d'analyses physicochimiques des jaunes d'œufs

Figure 41 : rapport d'analyses physicochimiques de la mayonnaise

Figure 42 : Bulletin d'analyse microbiologique de jaune d'œufs

Figure 43 : résultat d'analyse microbiologique de l'eau de process

Figure 44 : mayonnaise classique

Figure 45 : Mayonnaise aux herbes

Figure 46 : mayonnaise à la moutarde

Figure 47 : mayonnaise aux herbes

Figure 48 : mayonnaise aux herbes fraîches

Figure 49 : La mayonnaise aux épices

Figure 50 : La mayonnaise aux anchois

La liste des tableaux

Tableau I: Composition biochimique de la poudre de curcuma.

Tableau II : différents types d'émulsion simple.

Tableau III: Tableau des différentes fractions volumiques en fonction du type d'émulsion.

Tableau IV : Valeurs nutritionnelles de la mayonnaise

Tableau V : les doses nécessaires à la préparation des échantillons de mayonnaise.

Tableau VI : Caractéristiques physico-chimiques de la poudre de curcuma

Tableau VII : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (Consistance)

Tableau VIII : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (consistance).

Tableau IX : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (Couleur)

Tableau X : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (couleur).

Tableau XI : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (acidité)

Tableau XII : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (acidité).

Tableau XIII : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (gout)

Tableau XIV : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (gout).

Tableau XV : Matériels et réactifs utilisés pour la préparation et la caractérisation physicochimique de la matière végétale (le curcuma)

Tableau XVI : Matériels et réactifs chimiques utilisées dans la caractérisation de la mayonnaise

Tableau XVII : les résultats des analyses physicochimiques de différents types de mayonnaise produits par l'unité industrielle TASSALA FOOD

Tableau XVIII : la fiche de dégustation

La liste des abréviations

APG : Angiospermes Phylogénie Group

JECFA: Joint FAO/WHO Expert Commuté On Food Additives

DMSO : Le Diméthylsulfoxyde

DL₅₀ : La Dose Létale

FRO : Formes Réactives Oxygénées

MN-SOD : Super Peroxyde Dismutase

ERO : espèces réactives oxygénées

UV : Ultra-Violet

EFSA: Européen Food Safety Authority

ESA : Association Européenne des Epices

EDTA : Ethylène-diamine-tétra-acétate

H%: L'humidité

NF : Norme Française

E : Echantillon

Introduction

Les émulsions sont un système dispersé métastable constitué au moins de deux liquides non miscibles et d'un agent amphiphile. Les émulsions alimentaires comme le lait, l'émulsion naturelle huile dans l'eau, ont toujours été un élément important et nutritif pour l'alimentation humaine. Suite à des recherches, les émulsions alimentaires synthétiques ont commencé à apparaître comme les pâtes à gâteaux, les crèmes glacées, la margarine et les produits à base de viandes tels que les saucisses et les saucisses de Francfort et les mayonnaises dont la production et la consommation sont importantes (**Chikhi, 2019**).

La mayonnaise est une émulsion à base de jaune d'œuf, de l'huile végétale et du vinaigre comme ingrédients inévitables (**Hou-Pin, 2010**). Elle est utilisée comme sauce alimentaire alternative ou vinaigrette.

Toutefois, La mayonnaise est sensible à la détérioration oxydative causée par la quantité d'huile (70 à 80% de matières grasses) et de fer disponible dans le jaune d'œuf (**Altunkaya et al., 2013**), ce qui laisse la plupart des consommateurs préjuger que cette teneur élevée en matières grasses peut provoquer certaines maladies dégénératives telles que les maladies cardiaques, le cholestérol et l'artériosclérose (**Safitri et al., 2019**).

Les épices et les aromatiques peuvent se définir de façon générale comme des produits d'origine végétale utilisés dans notre alimentation pour assaisonner les plats ; ils apportent une saveur originale aux préparations culinaires, dans lesquelles sont incorporés, ils sont pour une bonne part responsable des plaisirs de la table (**Krackov et al, 1997**).

Le curcuma longa, est une plante herbacée de la famille des Zingibéracées, à laquelle appartiennent aussi le gingembre et la cardamome. (**Taibi et Tidjini, 2014**). Son rhizome est très utilisé dans la gastronomie asiatique : c'est le principal composant du curry et le responsable de sa couleur caractéristique. L'extrait de curcuma est aussi utilisé comme colorant catalogué dans le code alimentaire de l'Union Européenne comme E100 (**Eva Notario Pardo, 2011**) et dans la production de l'huile essentielle (**Jourdan, 2015**).

Cette épice, possède de nombreuses vertus pour la santé, de par sa composition en curcumine doté d'activités : antioxydant, antifongique, antibactérienne, anticancéreux anti-Alzheimer et anti-inflammatoire. De même, la curcumine présente une faible toxicité, même consommé à des niveaux relativement élevés, ce qui suggère leur utilisation comme nutraceutiques et aliment fonctionnel (**Kharat et al., 2018**).

Introduction

En revanche, la curcumine est une molécule fortement hydrophobe avec une faible solubilité dans l'eau et stable à pH acide (estomac), ce qui suscite leur l'utilisation dans les produits alimentaires vulnérable à l'oxydation : huile, beurre, margarine et mayonnaise comme un antioxydant naturel.

C'est dans cette optique, que s'inscrit notre travail, ayant pour objectif, l'étude de l'impact d'incorporation de curcuma à différentes doses sur la qualité physico chimique et organoleptique d'une mayonnaise.

Ce travail est structuré en deux parties importantes :

La première partie est consacrée à des données bibliographiques mettant l'accent sur

Deux chapitres : le premier chapitre présentant quelques généralités sur notre plante étudiée, ainsi que l'utilisation de cette plante, sa culture, son historique et sa production.

Le second chapitre est consacré à l'étude des émulsions en générale et l'émulsion alimentaire plus précisément la mayonnaise.

La deuxième partie illustre le matériel et méthodes utilisés ainsi que les résultats obtenus.

Enfin, une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenu .

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

1. Introduction au genre *Curcuma*

Le genre *Curcuma* L. comprend d'une 40 d'espèces à 110 selon les sources, originellement répandues dans les régions d'**Asie tropicale** et d'**Australie septentrionale**, aux précipitations très saisonnières. On observe la plus grande diversité dans le genre en **Inde**, en **Birmanie** et en **Thaïlande**, beaucoup moins en **Chine**, en **Australie** et dans le **Pacifique Sud**. Sa distribution est exclusivement intertropicale (Cheikh Ali, 2012).

2. Description botanique de la planta fraiche

Curcuma longa L. selon la classification *APG III* appartient a

- Classe des, monocotylédone, *Liliopsidae*, division *Magnoliophyta*
- Ordre des *Zingiberales*,
- Famille des *Zingiberaceae*, genre *Curcuma*.

La partie utilisée est le rhizome qui doit être récolté **7 à 8** mois après la plantation, quand il commence à sécher (Jourdan, 2015). (Figure 1)



Figure 1 : *Curcuma longa* (Hamburger, 2010).

On dénombre près **de 80 espèces** dans ce genre.

Il regroupe de nombreuses espèces ornementales, tandis que d'autres se sont démarquées par l'utilisation de leur rhizome, aux propriétés culinaires et médicinales. Parmi ces espèces, *Curcuma longa* Linné est de loin le plus utilisé et par conséquent le plus étudié, mais on retrouve également ***Curcuma xanthorrhiza* Roxburgh** dit temoe lawak et la zédoaire, décrite sous le nom de ***Curcuma zedoaria* Roscoe** ou ***Curcuma zerumbet* Roxburgh**. (Hombourger,2010); la figure 2 montre les différentes sources de curcumine .

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

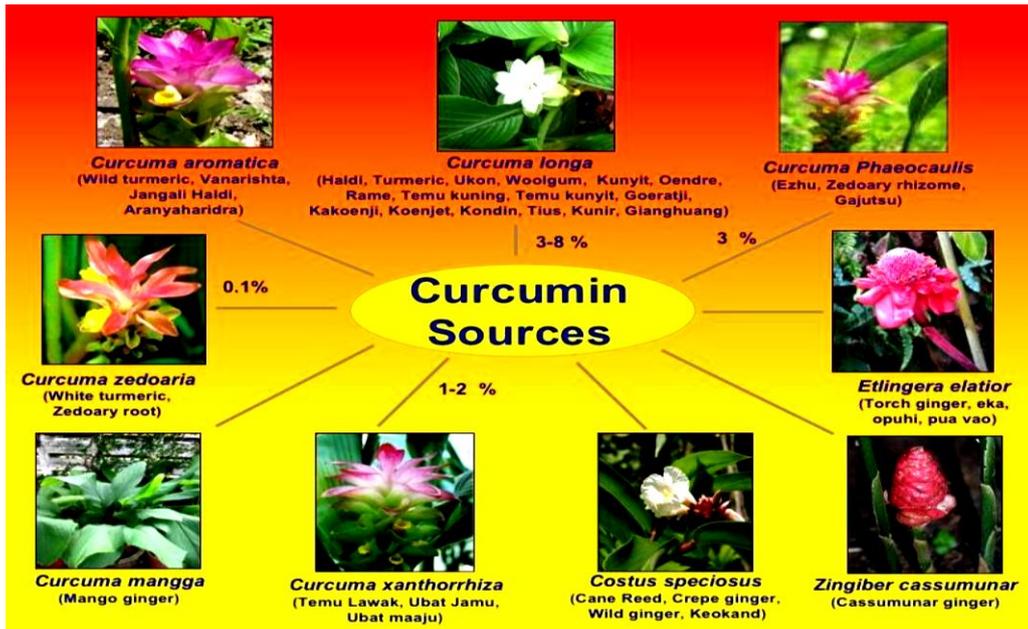


Figure 2 : Les sources de curcumine (Cheikh, 2012).

- **Le rhizome (la partie active)**

Le rhizome est écaillé, charnu, comportant un tubercule primaire ellipsoïde d'environ **5 cm × 2,5 cm**, présentant à maturité de nombreux rhizomes latéraux digités d'un diamètre voisin du centimètre. La surface externe est gris-jaune, et porte la cicatrice des racines. La cassure est franche et finement granuleuse, non fibreuse, variant du jaune à l'orange sombre (Cheikh, 2012).

A l'état frais, les rhizomes de *Curcuma longa* L. sont brunâtres et écaillés à l'extérieur, l'intérieur étant de couleur orangé (Hombourger, 2010). (Figure 3)



Figure 3 : le rhizome de curcuma longa (Portes, 2008).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

- **La fleur**

L'inflorescence est issue du rhizome et sort du sol à côté des hampes foliaires. Les fleurs sont regroupées en inflorescences coniques sous forme d'épis protégés par de grandes bractées, dressées au sommet de hampes florales, entre les feuilles. Les fleurs sont situées, par paires à l'aisselle de bractées poilues. Elles sont verdâtres ou blanches à sommet rose. Le fruit du curcuma est une capsule globuleuse, mais il n'est pas produit chez l'espèce *Curcuma longa*, plante stérile disséminée par division de son rhizome (Cheikh, 2012).



Figure 4: photo de la fleur de *Curcuma longa* <http://www.iesv.org>. **Le curcuma (*Curcuma longa* L.).**

- **Feuille**

Les feuilles sont larges et naissent à partir du rhizome. Elles sont alternes et distiques, présentent un pétiole engainant, portant un limbe penninervé, oblong-lancéolé, long d'une cinquantaine de centimètres, glabre sur les deux faces (Cheikh Ali, 2012).

3. La culture du *curcuma longa*

3.1. Croissance et développement

A la mise en place de la culture, la germination des plants de curcuma est achevée en deux à quatre semaines ; après quoi intervient une période de croissance végétative active. La floraison et le développement des rhizomes débutent environ cinq mois après la plantation. Les rhizomes continuent de se développer activement pendant à peu près sept à dix mois, en fonction du cultivar et des conditions climatiques ; puis les feuilles inférieures jaunissent et la récolte est prête à être arrachée (Hombourger, 2010).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

3.2. Ecologie

Le curcuma demande un climat humide et chaud. Il peut être cultivé dans la plupart des régions tropicales et subtropicales pourvu que les précipitations soient suffisantes (**1000-2000 mm**) ou que l'on puisse irriguer (**Hombourger, 2010**).

3.3. Multiplication et plantation

La multiplication du curcuma se fait de façon végétative par rhizomes. On utilise généralement des rhizomes mère, entiers ou coupés en morceaux, et des rhizomes filles (les doigts). En tant que matériel de reproduction, les rhizomes mères sont meilleurs que les filles. Néanmoins, il a aussi été établi que des rhizomes filles de grande taille germaient mieux et avaient des rendements supérieurs à ceux des mères. Les doigts se stockent plus facilement, tolèrent mieux les sols humides et peuvent être plantés à une densité inférieure (**Hombourger, 2010**).

3.4. Récolte

Le Curcuma est prêt à être récolté **sept à dix mois** voire **douze mois** après la plantation lorsque les feuilles inférieures jaunissent. La récolte se fait en retournant la terre. Il faut faire attention à ne pas abîmer les rhizomes et s'assurer que l'on arrache toute la touffe en même temps que la plante sèche. On coupe alors les sommités feuillées, on retire les racines et la terre qui y est attachée, puis on lave soigneusement les rhizomes (**Hombourger, 2010**).

3.5. Rendement

Le rendement moyen en rhizomes frais de curcuma est de **17 à 23 tonnes/hectare** si la culture est irriguée, et de **6,5 à 9 tonnes/hectare** en culture pluviale (**Hombourger, 2010**).

3.6. Traitement après récolte

Afin de renforcer la belle couleur jaune et l'arôme si caractéristique, les rhizomes nettoyés sont mis à cuire dans de l'eau bouillante pendant **1 heure** dans un bain légèrement alcalin, puis séchés au soleil pendant six à huit jours.

On utilise également des séchoirs à air chaud. Les rhizomes séchés sont polis pour en lisser la surface et aussi pour en rehausser légèrement la couleur. Le polissage peut se faire dans un simple tambour en fer, rotatif, cylindrique et galvanisé, actionné à la main, ou dans d'autres types d'appareils. Une petite quantité de poudre de curcuma versée à l'intérieur du tambour durant le polissage confère un bel aspect au produit (**Hombourger, 2010**).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

4. La composition chimique du curcuma

La composition biochimique de curcuma est portée dans le tableau I :

Tableau I : Composition biochimique de la poudre de curcuma (**Hombourger, 2010**).

| Pour 100g de poudre de curcuma | |
|---------------------------------------|--|
| Eau | 11,4 g |
| Protéines | 7,8 g |
| Lipides | 9,9 g |
| Glucides | 64,9 g : dont Amidon = 45 à 55% de la composition totale |
| Fibres alimentaires | 21,1 g |
| Ca | 183 mg |
| P | 268 mg |
| Mg | 193 mg |
| Fe | 41,4 mg |
| Zn | 4,4 mg |
| Acide ascorbique | 25,9 mg |
| Thiamine B1 | 0,15 mg |
| Riboflavine B2 | 0,23 mg |
| Niacine B3 | 5,14 mg |
| Folate | 39 µg |
| Energie | 1481 kJ (354 kcal) |

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

5. La curcumine

5.1. Définition

La curcumine, également connue sous le nom de **1, 7-bis (4-hydroxy-3-méthoxyphényl) -1,6-heptadiène-3, 5-dione**, est un polyphénol présent dans les rhizomes d'une plante appelée *Curcuma longa* (Khanji, 2017). De par sa couleur jaune orangée, la curcumine a été traditionnellement utilisée dans les aliments en tant que colorant naturel **E 100** (Portes, 2008).

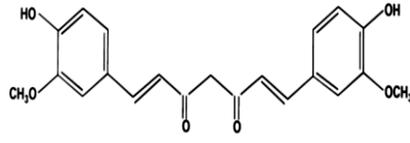


Figure 5 : Structure chimique de la curcumine (Khanji, 2017).

5.2. La dégradation de la curcumine

La curcumine est stable à **pH acide** (estomac), mais pas à **pH neutre** ou **alcalin**. Dans des conditions physiologiques *in vitro* (tampon phosphate **0,1 M ; pH 7,2**), elle est dégradée à plus de **90 %** en **30 minutes** en **féruoylméthane**, en **acide férulique** et en **vanilline** par des mécanismes qui sont résumés dans la figure 6. À **pH 10,8**, la demi-vie de la curcumine est d'environ une minute. La **tétrahydrocurcumine**, un des principaux métabolites de la curcumine, est à l'inverse de cette dernière, assez stable en milieu neutre ou alcalin et garde ses propriétés antioxydants (Cheikh, 2012).

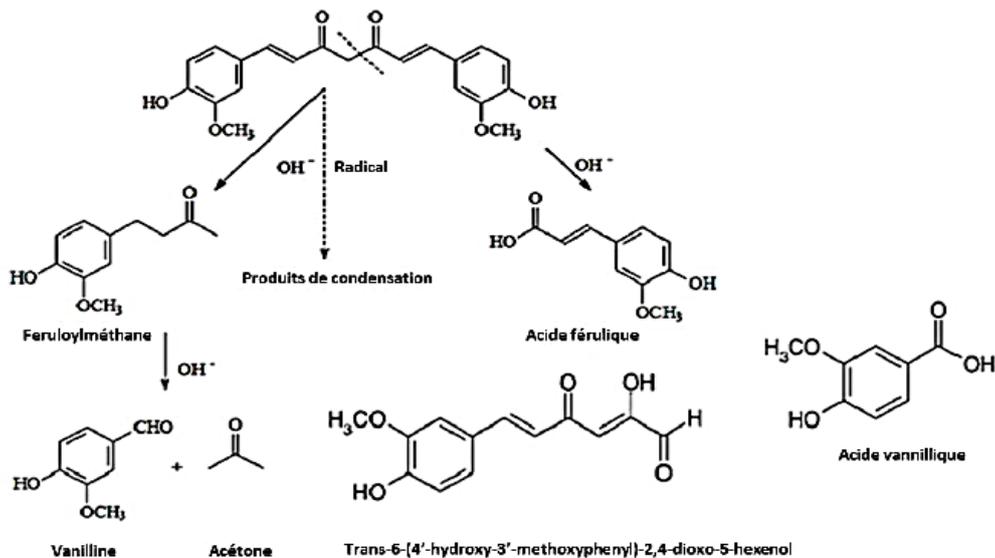


Figure 6 : La dégradation de la curcumine (Khanji, 2017).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

5.3. La synthèse de la curcumine

La curcumine naturelle n'est pas un produit commercial car son isolement à partir de la plante *Curcuma longa* L. est un procédé coûteux et difficile à mettre en œuvre. En réalité, le produit dénommé "curcumine" vendu sur le marché est un mélange des trois curcuminoïdes naturels (C1), (C2) et (C3) (figure n° 7). Cependant, la curcumine (C1) peut être obtenue pure par synthèse. La première synthèse historique a été effectuée par **Lampe (1918)**. Puis des Italiens l'ont réalisée par chauffage d'un mélange de vanilline, d'acétyla-cétone et d'anhydride borique (**rapport : 2/1/2**) (**Portes, 2008**). De ces trois curcuminoïdes, c'est la curcumine qui présente les propriétés pharmacologiques les plus intéressantes (**Hamburger, 2010**) (**Figure 8**).

La dose journalière de curcumine en tant qu'additif colorant est de **0 à 3 mg/ kg** de masse corporelle par jour selon le règlement **UE 231/2012** et de la **JECFA (Joint FAO/WHO Expert Commuté on Food additives)** et sa concentration maximale dans les aliments de type potage est de **50 mg/ kg** d'aliments.

Elle peut être utilisée seule ou avec d'autres colorants notamment dans les matières grasses, fromages fondus, produits à tartiner, viandes et produits de la pêche préparés, saucisses, boissons alcoolisées ainsi que divers produits agroalimentaires tels que des plats préparés et confiseries. Cependant, sa nature lipophile conduit à une faible biodisponibilité une fois ingérée. De plus, la curcumine est aussi dégradée à pH basique et neutre, à de hautes températures, à l'exposition à la lumière, aux enzymes et à l'oxygène (**Khanji, 2017**).

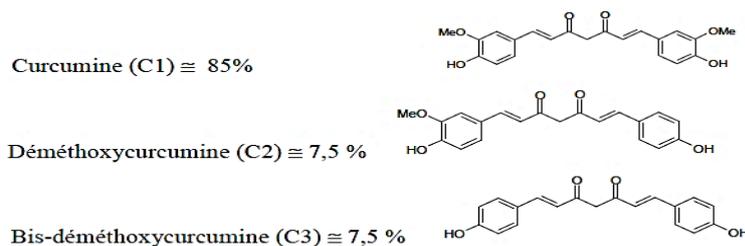


Figure 7 : Les curcuminoïdes naturels isolés de *Curcuma longa* L (**Portes, 2008**).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

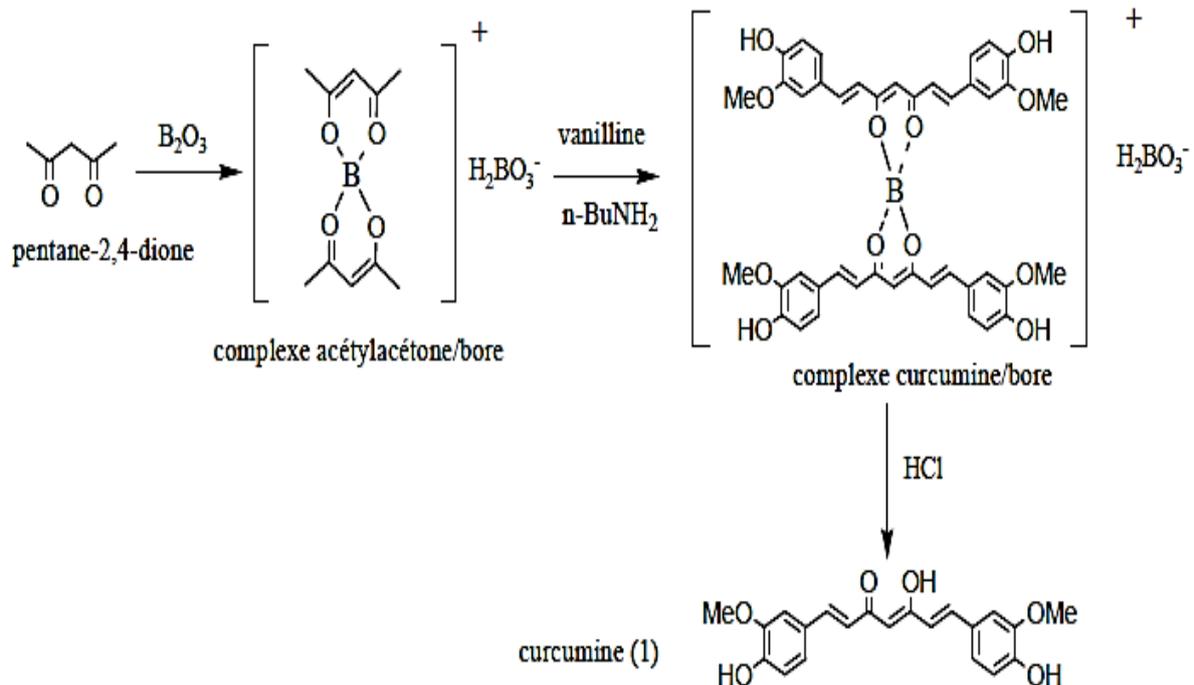


Figure 8 : La synthèse de la curcumine (Portes, 2008).

5.4. La solubilité de la curcumine

La curcumine est un composé d'apparence hydrophile par la nature des substituants polaires sur les noyaux aromatiques mais en dépit de ceux-ci, elle n'est pas soluble dans les solutions aqueuses et est au contraire facilement soluble dans les solvants organiques ce qui est confirmé par la mesure de son $\log P$. Le $\log P$ reflète la différence de solubilité d'un composé entre deux solvants non-miscibles (**octanol/eau**), pour la curcumine il varie entre **2,359** et **2,6.60**. Ce degré relativement élevé de lipophilie est dû à la conjugaison électronique qui s'étend d'un noyau aromatique à l'autre (Jourdan, 2015).

Un solvant très utilisé pour les évaluations biologiques de la curcumine est le diméthylsulfoxyde ou **DMSO**. Il possède une **DL₅₀** à **18 g/kg**, dans lequel la curcumine est soluble à **11 mg/ml**. Cela dit, le solvant doit être injecté dans un groupe modèle de souris que l'on appelle « témoin ». Le DMSO n'est pas utilisé pur, mais en faible concentration en mélange avec l'eau (**1% maximum**) (Jourdan, 2015).

A l'inverse, dans les milieux aqueux légèrement acides, la curcumine est stable sous sa forme moléculaire mais insoluble. C'est la raison pour laquelle on préfère pour cela utiliser le **DMSO** en faible concentration pour favoriser sa solubilisation (Jourdan, 2015).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

6. Les activités biologiques du curcumine

6.1. Anti-cancéreux

La curcumine, pigment jaune orangé est un des 3 curcuminoïdes des plus étudiés dans la lutte anti cancer (**Aurore, 2017**). En fait, plus de **2 000 études** publiées montrent que la curcumine combat le cancer du sein, de la prostate, du foie, du colon, des poumons, du pancréas et bien plus. La plupart de ces études ont montré que la curcumine stoppe les processus de division cellulaire, elle provoque l'apoptose, la mort naturelle des cellules qui est la manière naturelle du corps de se débarrasser des cellules endommagées (**Aurore, 2017**).

Une étude américaine de **2007** utilisant de la curcumine en même temps qu'un traitement de chimiothérapie pour traiter un cancer du côlon, a montré que le fait d'ajouter de la curcumine à l'alimentation tuait plus de cellules cancéreuses que la chimiothérapie seule.

Les effets anti-tumoraux de la curcumine sont attribués en partie à la suppression de la prolifération cellulaire, la réduction de la masse tumorale et l'induction de l'apoptose dans de multiples modèles de cancer *in vitro* et *in vivo*. La curcumine inhibe plusieurs niveaux de la transcription pour restreindre la prolifération cellulaire (**Hamburger, 2010**).

6.2. Antioxydant

- **Action directe sur les Formes Réactives Oxygénées (FRO) :**

Les curcuminoïdes sont des donneurs d'électrons, assurant ainsi la neutralisation des radicaux libres et des formes réactives oxygénées. Les curcuminoïdes exercent notamment une protection vis à vis de la peroxydation lipidique : <http://www.iesv.org>. **Le curcuma (Curcuma longa L.)**

- **Action indirecte :**

Elle s'exerce à divers niveaux : <http://www.iesv.org>. **Le curcuma (Curcuma longa L.)**
Inhibition de la **5-lipoxygénase**, empêchant l'incorporation des Formes Réactives Oxygénées **FRO** aux acides gras polyinsaturés.

- Inhibition de la conversion de la xanthine déshydrogénase/ xanthine oxygénase, d'où une inhibition de la production de l'ion superoxyde.
- Modulation de l'expression du superoxyde dismutase (**Mn-SOD**), associée à la régulation du stress oxydant au niveau cardiaque et rénal <http://www.iesv.org>. **Le curcuma (Curcuma longa L.)**.
- La curcumine est dix fois plus antioxydante que la vitamine E (**Hamburger, 2010**).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

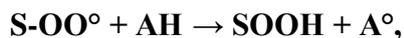
Tout d'abord, La curcumine est un bon antioxydant et inhibe la peroxydation lipidique qui joue un rôle important dans l'inflammation, les maladies cardiovasculaires et le cancer (**Hamburger, 2010**).

In vitro, la curcumine peut inhiber significativement la génération des espèces réactives de l'oxygène (ERO), comme les anions superoxyde, le peroxyde d'hydrogène H₂O₂, ainsi que la génération de radicaux nitrite en activant les macrophages, ces derniers jouant un rôle important dans l'inflammation. Aussi, la curcumine agit comme un piègeur de radicaux libres. Elle protège l'hémoglobine de l'oxydation (**Jourdan, 2015 ; Cheikh, 2012**).

In vivo, La curcumine peut aussi diminuer la production d'ERO. Ses dérivés, la déméthoxycurcumine et la bis-déméthoxycurcumine exercent aussi des effets antioxydants.

Le mécanisme antioxydant de la curcumine est attribué à sa structure, incluant les phénols méthoxylés et la forme énol de la β-dicétone.

Le processus antioxydant non enzymatique se fait en deux étapes (**Cheikh, 2012**) :



Où :

S est la substance oxydée,

AH l'antioxydant phénolique,

A[•] le radical antioxydant,

X[•] un autre radical. **A[•]** et **X[•]** se dimérisent pour former un produit non radical

Le mécanisme de la réaction d'auto- oxydation comporte deux phases essentielles (**Portes, 2008**) :

- **La phase d'initiation**, qui s'effectue sous l'effet d'énergie (**UV ou chaleur**), par l'arrachement d'un proton allylique avec formation d'un radical libre.
- **La phase de propagation**, où le radical peroxyde (ROO[•]) va capter un proton sur une seconde molécule d'acide gras pour conduire d'une part à un hydroxyperoxyde et d'autre part à un radical libre qui va à son tour s'oxyder...

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

La phase de propagation est une étape de réaction en chaîne entre radicaux libres et molécules d'acides gras insaturés. Les peroxydes sont des composés peu stables qui vont donner naissance, par coupure, à des molécules plus petites (hydrocarbures, aldéhydes, cétones, acides) responsables de la dégradation organoleptique. Ce processus d'oxydation prend fin lors de l'étape de terminaison, qui est une étape de couplage entre deux radicaux libres instables pour aboutir à des produits stables.

Pour supprimer ou ralentir l'oxydation des lipides, deux voies sont envisageables :

- tenter de réduire les facteurs favorables à cette oxydation et/ou
- trouver un réactif qui ralentisse l'oxydation ; c'est le rôle de l'antioxydant.

En fonction du moment où ils interviennent dans ce processus, les antioxydants peuvent être classés en 3 groupes (**Portes, 2008**) :

- Antioxydant de rupture de chaîne : l'antioxydant agit par interruption de la réaction radicalaire en chaîne. Cette catégorie regroupe la plupart des antioxydants.
- Antioxydant préventif : l'antioxydant piège l'initiateur de la réaction d'oxydation, un radical libre ou l'oxygène singulet
- Antioxydants synergistes : ces substances peuvent agir en synergie avec les antioxydants précédemment cités.

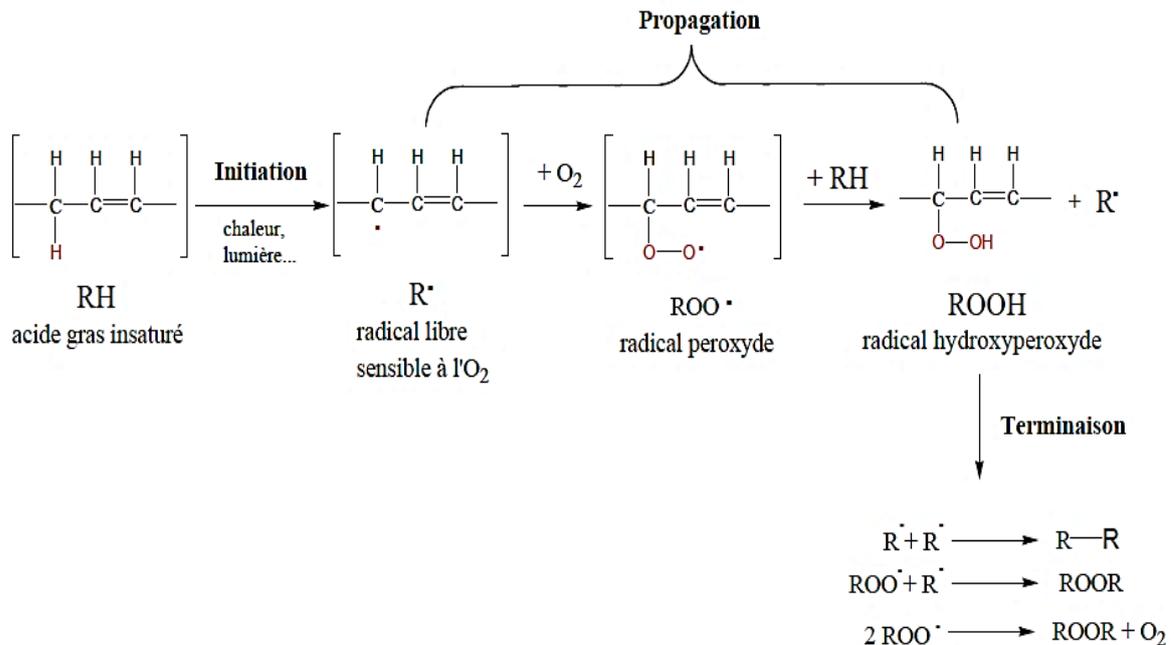


Figure 9 : L'oxydation d'un acide gras insaturé (**Portes, 2008**).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

7. Utilisations du curcuma

Le curcuma est utilisé sous différentes formes brutes ou produits d'extraction (l'huile essentielle et de la poudre de curcuma). Ces deux formes sont les plus utilisées dans le commerce, de nos cuisines, aux études agroalimentaires et d'autres domaines (**Jourdan, 2015**).

7.1. Curcuma en cuisine

Certains plats sont préparés avec des épices afin de relever le goût, parfumer et conférer une couleur particulière à ces mets. De plus ces épices sont connues pour avoir des propriétés biologiques de par les principes actifs qu'elles renferment. Seulement, à l'image de la curcumine présente dans le curcuma, ils sont sensibles à leur environnement physicochimique. Ainsi que certains modes de cuisson peuvent altérer la nature des protéines, sucres, lipides et des vitamines, les épices voient leur biodisponibilité changer et leurs valeurs nutritionnelles se dégrader. Cette épice permet d'abaisser le **pH** des préparations de **6,2 à 5,2** (**Jourdan, 2015**).

On utilise le rhizome séché et réduit en poudre comme épice et il entre couramment dans les mélanges d'épices de la cuisine indienne, en particulier le curry mais aussi le mukhavas (mélange indien de graines pris en fin de repas pour favoriser la digestion), le colombo antillais, le ras-el-hanout du Maghreb. Il est très utilisé également dans la cuisine réunionnaise. Pour préparer la poudre, il faut faire bouillir le rhizome, ôter sa peau, le faire sécher au soleil, puis le moulin : il a alors perdu les trois quarts de son poids. Sa saveur est poivrée et très aromatique. Le curcuma est aussi largement utilisé dans les cuisines thaïe et cambodgienne. Le curcuma est également utilisé dans la cuisine iranienne où il est appelé *zardchoubé*, littéralement *petit bois jaune* <http://fr.wikipedia.org/wiki/Curcuma>.



Figure 10 : la poudre de rhizome de curcuma (**Aurore, 2017**).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

7.2. Curcuma en industrie

En Europe, la curcumine est enregistrée dans l'industrie alimentaire comme étant le colorant **E 100**(Jourdan, 2015). L'Européen Food Safety Authority (**EFSA**) est l'instance européenne qui a pour mission de régler et contrôler la composition des produits destinés à l'alimentation humaine. Le nombre d'essais *in vitro* conférant de toujours plus nombreuses activités biologiques à la curcumine dans des domaines allant des neurosciences à l'oncologie, ont conduit cette organisation à s'intéresser, depuis 2010, aux taux de curcumine présents dans les préparations alimentaires. Ainsi, dans la liste des catégories de nourriture dans lesquelles la curcumine (**E100**) est autorisée on retrouve des fromages, des préparations à base de poisson, des condiments, des assaisonnements, etc. L'**EFSA** a fixé pour chaque catégorie la concentration maximale de curcumine autorisée. Par exemple, la concentration maximale de curcumine que doit contenir un cidre s'élève à **200 mg/ml**. En revanche, un cidre d'appellation « cidre bouché » ne doit pas contenir de curcumine. Pour répondre à ces règles, de nombreuses équipes de chimie analytique ont travaillé à la mise au point de méthodes rapides pour doser séparément la curcumine parmi les autres curcuminoïdes (Jourdan, 2015).

Le curcuma était aussi largement utilisé comme teinture jaune orangé pour le costume *safran* des sâdhus ou des moines bouddhistes par exemple avant l'invention des teintures chimiques. Il est à l'origine du colorant alimentaire jaune industriel **E100** (curcumine)<http://fr.wikipedia.org/wiki/Curcuma>.



Figure 11 : Exemple d'un produit à base de curcuma (une moutarde au curcuma).

7.3. Propriétés médicinales de curcuma

7.3.1. Anti-inflammatoire

Le curcuma est utilisé comme médicament traditionnel pour le traitement des maladies de peaux, en particulier en Inde et dans l'île Maurice dans le traitement de la gale. Il est

Chapitre I : le curcuma et la curcumine

utilisé depuis très longtemps comme anti-inflammatoire par la médecine ayurvédique indienne.

Parmi les trois composés issus de la plante, la déméthoxycurcumine paraît être le composé le plus actif. La curcumine et ses dérivés possèdent bien d'autres activités biologiques, comme antioxydante, anti hépatotoxique, cytotoxique et antirhumatismale, anti-allergique (**Portes, 2008**).



The image shows a black box and a blue jar of 'Curcuma Articulations' supplement. The box features the text 'SID NUTRITION', 'Curcuma Articulations', and 'Microgranulés - Phaler de 33 gélules'. The jar also has 'SID Curcuma Articulations' and 'Microgranulés - Phaler de 33 gélules' printed on it. In the background, there is a circular logo with the text 'ÊTRE VITALITÉ & BIEN-ÊTRE NUTRITION'.

Curcuma

Anti-inflammatoire • Antioxydant Douleurs articulaires • Système digestif

Propriétés

Traditionnellement utilisé pour ses propriétés antioxydantes et pour favoriser le bon fonctionnement des articulations.

Conseils d'utilisation

1 à 2 gélules par jour à avaler avec un grand verre d'eau en dehors des repas. Ce complément alimentaire est à utiliser dans le cadre d'une alimentation équilibrée et variée. Il ne doit pas se substituer à un mode de vie sain.

Ingrédients

Curcuma "Curcuma longa" (200 mg d'extrait de rhizome titré à 3 % en curcumine), supports : cellulose microcristalline, xylitol, agents d'enrobage : povidone, gomme laque, gélule gélatine.

Figure 12 : Complément alimentaire à base de curcuma, utilisé contre les troubles articulaires (**Hombourger, 2010**).

7.3.2. Problèmes digestifs

C'est un remède ancestral contre l'acidité gastrique et autres troubles digestifs, car il stimule la sécrétion de mucus et protège ainsi l'estomac. Il atténue aussi les nausées. Il est tout à fait indiqué dans les troubles digestifs liés à la paresse du foie (**Hombourger, 2010**).

Chapitre I : le curcuma et la curcumine



Figure 13 : Compléments alimentaires à base de curcuma pour les troubles digestifs
(Hombourger, 2010) .

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

1. Historique

L'histoire de l'origine de l'émulsion d'huile et de jaune d'œuf contient plusieurs versions. La plus connue prend sa source en Espagne au **18^e siècle**, dans la ville de Mahon, capitale de Minorque, conquise par le Maréchal de Richelieu. L'un des cuisiniers de ce dernier aurait laissé parler sa créativité lors de la préparation d'un banquet, avec deux ingrédients seulement : l'huile et l'œuf, pour donner naissance à « la mahonnaise », dont le nom se serait transformé au fil des ans (**recette-mayonnaise. Com/histoire/**).

Une autre histoire prend sa source en France, du côté de Bayonne, dans les Pyrénées Atlantiques, qui en aurait fait sa recette phare, avec la « sauce bayonnaise ». Une autre légende la situerait dans la région d'Aquitaine, dans la ville de Magnon, où un cuisinier renommé aurait inventé cette préparation, baptisée « la magnonnaise » (**recette-mayonnaise. Com/histoire/**).

Et enfin, on entend aussi parler d'un cuisinier proche du Général Mac Mahon, originaire de Mayenne dans les Pays de la Loire. Le cuisinier aurait créé la recette, qui aurait fasciné Mac Mahon. Pour rendre hommage au cuisinier de Mayenne, Mac Mahon aurait décidé de la nommer « mayennaise » (**recette-mayonnaise. Com/histoire/**).

2. Emulsion

2.1. Définition

Une émulsion est un mélange homogène de deux liquides ou phases peu ou pas miscibles. Ce mélange correspond à une dispersion de gouttelettes de l'une des phases dans l'autre. On distingue donc une phase dispersée et une phase continue (**Amrouche, 2019**).

Une émulsion peut être formée par homogénéisation d'une phase huileuse et d'une phase aqueuse en l'absence d'émulsifiant. Toutefois, les deux phases se séparent alors rapidement. Ceci indique qu'une émulsion est un système thermodynamiquement instable. Ainsi ce système n'existe que si on apporte suffisamment d'énergie mécanique pour disperser une phase dans l'autre, et une fois formé, il va évoluer vers la séparation des phases. Les gouttelettes fusionnent entre elles après collision jusqu'à la séparation complète des deux phases, le système présentant alors une couche d'eau (plus forte densité) surmontée d'une couche d'huile (plus faible densité). Les forces impliquées dans ce phénomène sont essentiellement dues à la tension inter-faciale importante qui se crée entre les deux liquides non miscibles (**Elketroussi, 2018**).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

2.2. Classification

2.2.1. Emulsion simple : émulsion eau dans huile(E/H) émulsion huile dans eau (H/E)

On parlera d'émulsion **eau dans huile (E/H)** si la phase continue est une phase grasse, et d'**émulsion huile dans eau (H/E)** si la phase continue est constituée d'un liquide polaire associé (d'ordinaire, il s'agit d'eau ou d'une solution aqueuse) (Amrouche, 2019).

Tableau II : différents types d'émulsion simple (Djebbar, 2019).

| Sens de l'émulsion | Phase dispersée | Phase dispersante | Symbole |
|---|-----------------|-------------------|---------------|
| Emulsion Huile dans Eau=émulsion de type aqueuse | Lipophile | Hydrophile | H/E, L/H, O/W |
| Emulsion Eau dans Huile =émulsion de type huileuse | Hydrophile | lipophile | E/H, H/L, W/O |

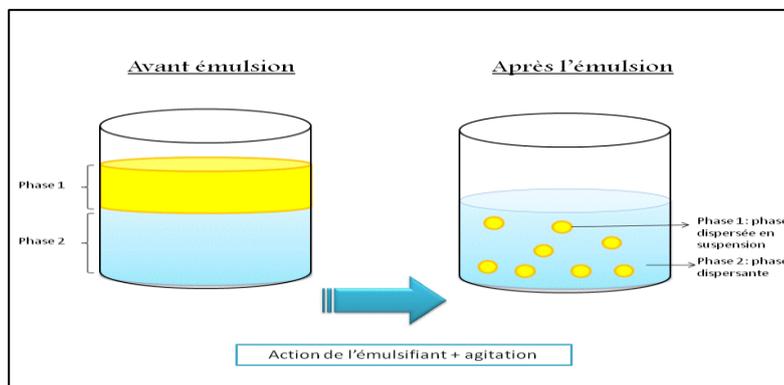


Figure 14 : action d'émulsifiant (Djabbar,2019).

- Emulsion huile dans eau

Le mélange est constitué de particules ou gouttelettes lipophiles (L) ou huileuses (H) dispersées dans une phase aqueuse (E) ou phase hydrophile (H). **On parle encore d'émulsion directe.** On parle donc indifféremment d'émulsion H/E ou L/H (Amrouche, 2019).

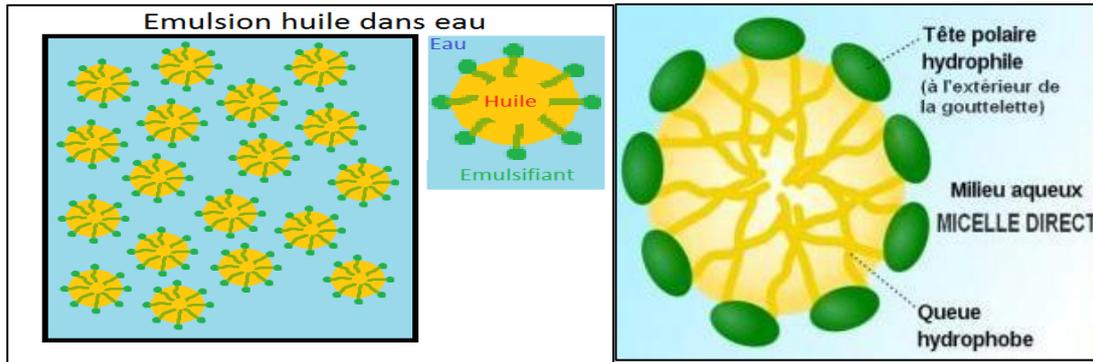


Figure 15 :émulsion huile dans eau (Djabbar,2019).

- Emulsion eau dans huile

On parle d'émulsion eau dans huile (E/H) ou hydrophile-lipophile (H/L). Dans ce type d'émulsion ou, la phase discontinue est la phase aqueuse(E) ou hydrophile. On parle encore d'émulsion inverse. La phase continue ou dispersante est la phase grasse (H) ou lipophile (L) (Amrouche, 2019).

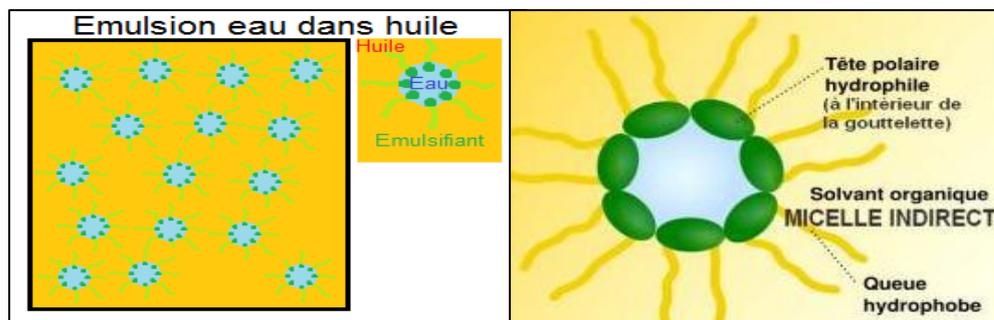


Figure 16 :émulsion eau dans huile (Djabbar,2019).

2.2.2. Emulsion multiple, dites mixtes ou triples

Il en existe 2 types :

- Les émulsions hydrophile-lipophile-hydrophile (H/L/H) ou (E/H/E). Une phase huileuse sépare les phases aqueuses internes et externes.
- Les émulsions lipophile-hydrophile-lipophile (L/H/L) ou (H/E/H). Une phase aqueuse sépare les phases huileuses. On les fabrique en réalisant une 1ère émulsion H/L ou L/H, que l'on disperse ensuite dans une phase aqueuse, ou huileuse selon le cas (Amrouche, 2019).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

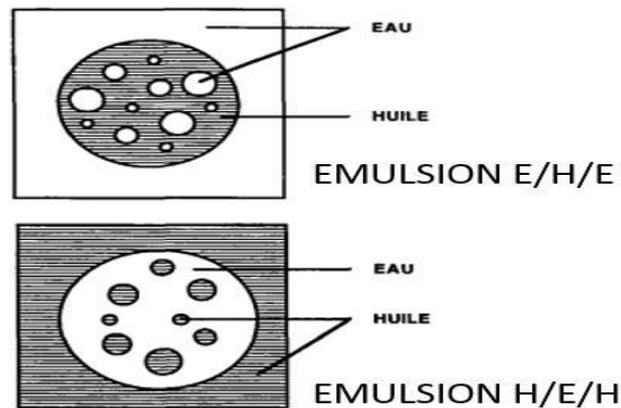


Figure 17 : représentation schématique de 2 types d'émulsion multiples (Caullet et al., 2018).

2.3. Caractérisation des émulsions

Pour caractériser une émulsion différents critères doivent être évalués grâce à différentes méthodes :

- Le sens de l'émulsion (ou le type d'émulsion) se détermine à l'aide du test de la goutte (ajout d'une goutte d'émulsion dans de l'eau ou de l'huile pour observer si elle se disperse)
- Le diamètre des gouttelettes dans la phase dispersée est obtenu par granulométrie. Ainsi, on peut distinguer deux types d'émulsions : les émulsions mono disperses et poly disperses. Une émulsion mono disperse contient une seule population de gouttelettes de même taille alors qu'une émulsion poly disperse contient plusieurs populations de tailles différentes.
- Sa fraction volumique :

Tableau III : Tableau des différentes fractions volumiques en fonction du type d'émulsion (Caullet et al. ;2018).

| Φ (fraction volumique) = Volume de la phase dispersée / Volume total | Type d'émulsion |
|---|--------------------------|
| $< 0,02$ | Émulsion diluée |
| $0,3 < \Phi < 0,74$ | Émulsion concentrée |
| $> 0,74$ | Émulsion très concentrée |

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

- Le rapport d'indice de réfraction entre la phase dispersée et la phase dispersante.
- La distribution de la taille des gouttelettes. Celle-ci peut s'observer à l'aide d'un microscope.
- La stabilité d'une émulsion peut se mesurer à l'aide du Turbiscan qui permet de suivre l'évolution des gouttelettes en suspension (Caullet et al., 2018).

2.4. Les facteurs qui influencent sur l'émulsion

La stabilité d'une émulsion dépend :

- De la tension inter-faciale entre les phases dispersée et dispersante : faible.
- Des tensioactifs utilisés : favorisant la répulsion entre les gouttelettes.
- De la taille des gouttelettes : homogène, faible diamètre.
- De la viscosité de la phase dispersante : élevée (Djabbar, 2019).

2.5. Rôle des émulsifiants

L'émulsifiant remplit deux fonctions essentielles : d'une part, il diminue la tension inter-faciale entre l'huile et l'eau, réduisant ainsi l'instabilité thermodynamique du système, et d'autre part, il forme un film inter-faciale cohérent entre l'huile et l'eau, ce qui assure la stabilité physique des gouttelettes. Ces deux fonctions sont remplies grâce à la capacité qu'ont les émulsifiants à s'adsorber entre l'huile et l'eau (Elketroussi, 2018).

2.6. Application

- Emulsions alimentaires :

Les opérations d'émulsification sont mises en œuvre dans le domaine alimentaire soit pour améliorer des émulsions naturelles (exemple du lait entier), soit pour créer des émulsions à partir de phases au départ non dispersées. La formulation alimentaire se fait sur la base d'exigences organoleptiques, parfois nutritionnelles. Les ingrédients alimentaires comportent souvent des molécules participant à la stabilisation de l'émulsion, notamment des protéines. Les éventuels émulsifiants rajoutés doivent être choisis dans la liste des additifs autorisés à des doses respectant la réglementation. Presque toutes les émulsions alimentaires sont de type aqueux, à l'exception notable du beurre et des margarines. Les sauces sont les émulsions alimentaires les plus proches des émulsions modèles, dans la relative simplicité de leur structure. La mayonnaise peut être prise comme exemple type d'émulsion alimentaire, sans oublier sa particularité d'être une émulsion concentrée de haute viscosité (Amrouche, 2019).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

3. La mayonnaise

3.1. Définition

La mayonnaise est une émulsion de type huile-dans-eau constituée essentiellement d'huile de consommation d'origine végétale, de vinaigre et de jaune d'œuf comme ingrédients obligatoires. 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...

En outre les additifs suivants peuvent être utilisés : antioxydants (acide ascorbique, acétate et palmitate d'ascorbyle), émulsifiants (lécithines), épaississants (acide alginique et ses sels, pectine, agar-agar, carraghénanes etc...), exhausteurs de goût (acide glutamique et ses sels, acide inosinique et guanylique et leurs sels) (**Elketroussi, 2018**).

3.2. Les ingrédients

La mayonnaise est une sauce condimentaire obtenue en émulsionnant une ou plusieurs huiles alimentaires dans une phase aqueuse constituée par du vinaigre, l'émulsion huile dans l'eau étant produite en utilisant du jaune d'œuf. La mayonnaise peut contenir des ingrédients facultatifs conformément à la section (**Chikhi, 2019**).

3.2.1. Huile

La teneur en huile de la mayonnaise traditionnelle est supérieur à 65% (**Hou-Pin et al. ; 2013**), La fraîcheur initiale est d'une importance primordiale car dans la mayonnaise l'huile se trouve exposée à de nombreuses conditions défavorables propres à entraîner une détérioration du produit. En effet, dans la mayonnaise, l'huile est en contact avec l'eau, facteurs bien connus pour leur action pro-oxydante (**Kone, 2001**).

Ni les produits auxiliaires ni les additifs ne seraient en mesure ni de réprimander ni de masquer les saveurs d'une huile en voie d'oxydation (de rancissement).

La stabilité à l'auto-oxydation de l'huile dans le produit fini est un autre critère important pour le choix de celle-ci. En effet, l'huile est soumise dans la mayonnaise à un certain nombre de facteurs qui favorisent l'auto-oxydation, à savoir les traces métalliques apportées par les différents ingrédients (jaune d'œuf, vinaigre) et additifs ainsi que l'oxygène dissout (**Kone, 2001**).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

3.2.2. 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. La composition moyenne du jaune d'œuf est la suivante :

- Lipides : **33 %**
- Protéines : **16 %**
- Glucides : **1,5 %**
- Matières minérales : **1,0 %**
- Eau : **48,5 %**.

La fraction lipide renferme les phospholipides dont les lécithines constituent une des composantes essentielles.

Le jaune d'œuf utilisable pour la fabrication de mayonnaise peut se présenter sous différentes formes : à l'état frais, congelé, en poudre ou concentré. Pour une production artisanale dans les pays techniquement peu avancés, le jaune d'œuf à l'état frais reste, à notre avis, la source accessible de choix.

Cependant il faut signaler que l'utilisation de cette forme présente un inconvénient de taille : les risques de contamination microbiologiques Liées aux sources de production et de maniement de ce produit constituant un milieu idéal de croissance microbologique (**Kone, 2001**).

3.2.3. 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 propreté microbologique. Au besoin et selon les goûts, le jus de citron peut être utilisé en lieu et place du vinaigre (**Kone, 2001**).

3.2.4. Sel

Dans le sel de cuisine (**Na Cl**), les ions sodium (**Na⁺**) ont une charge opposée à celles des groupes phosphates, les extrémités polaires des lécithines. Le sodium neutralise donc ces groupes chargés négativement. Au contraire, les ions chlorure (**Cl⁻**) neutralisent les charges positives des atomes d'azote. Cela diminue les répulsions électrostatiques entre les têtes polaires des micelles qui sont donc plus stables (**Chikhi, 2019**).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

3.2.5. Moutarde

La moutarde apporte une quantité d'eau plus importante que celle de l'huile. Par conséquent, elle permet la dispersion des micelles dans l'eau (Chikhi, 2019).

3.2.6. La lécithine

La lécithine est un lipide du jaune d'œuf (30%). A cause de sa structure (tête hydrophile et queue hydrophobe), elle est considérée comme tensioactif, c'est à dire qui modifie la tension superficielle entre deux surfaces (Chikhi, 2019).

3.2.7. Les additifs

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

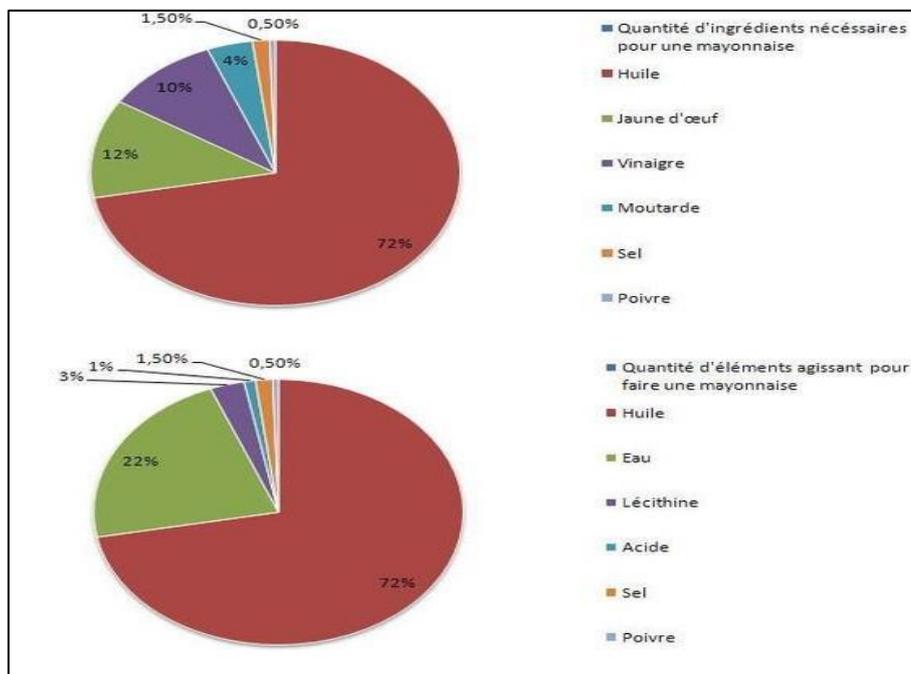


Figure 18 : Fraction des ingrédients utilisés pour la mayonnaise (Chikhi, 2019).

3.2.8. Ingrédients facultatifs

Ingrédients alimentaires destinés à exercer une influence notable et de la façon souhaitée sur les caractéristiques physiques et organoleptiques du produit : Blanc d'œuf de poule ; produit à base d'œuf de poule, saccharose, dextrose ou dérivés, condiments, épices, herbes aromatiques, fruits et légumes, y compris les jus de fruits et de légumes, moutarde, produits laitiers, eau (Amrouche, 2019).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

3.3. La valeur nutritionnelle de la mayonnaise

La valeur nutritionnelle de la mayonnaise est étroitement liée aux ingrédients utilisés durant la préparation. Le tableau 01 montre la composition de la mayonnaise préconisée (Chikhi, 2019).

Tableau IV : Valeurs nutritionnelles de la mayonnaise (Chikhi, 2019).

| | |
|---------------------|--------------------|
| Valeur énergétique | 721 Kcal (2965 KJ) |
| Protéines | 1.2 g |
| Glucides | 0.5 g |
| Lipides | 79.3g |
| Acides gras saturés | 8.8 g |
| Fibres | 0.2 g |
| Sodium | 395mg |

Pour la composition, la teneur totale en matière grasse doit être au minimum **70 % m/m**, et la teneur en jaune d'œuf techniquement pur : au minimum **5 % m/m** (Chikhi, 2019).

3.4. La production de la mayonnaise

Les ingrédients utilisés pour la préparation de la mayonnaise se change selon le niveau de préparation. Au niveau domestique (et/ou traditionnelle), la mayonnaise est préparée à partir des ingrédients simples, tandis que au niveau industrielle se prépare à partir de plusieurs ingrédients (Chikhi ,2019).

3.4.1. Mayonnaise traditionnelle (domestique au ménage)

Il est préparé traditionnellement en mélangeant soigneusement le jaune d'œuf, le vinaigre, l'huile, et les épices (surtout la moutarde). Mayonnaise faite de cette façon contient généralement **70 à 80%** de matières grasses (Chikhi ,2019).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

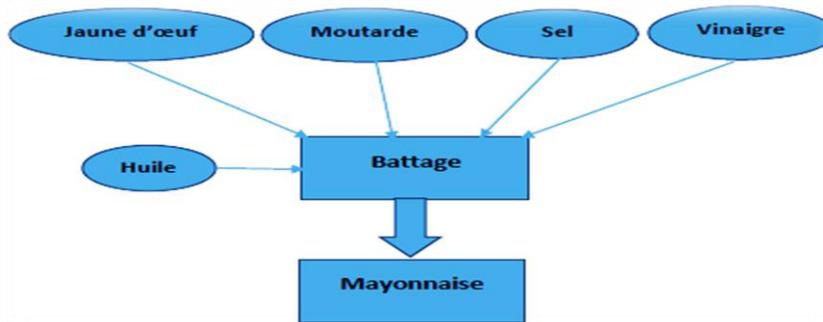


Figure 19 : Préparation domestique de la mayonnaise (Chikhi ,2019).

3.4.2. Processus de production industrielle de la mayonnaise

Les formules des mayonnaises industrielles sont diverses mais partagent toutes cette particularité de présenter une concentration en phase dispersée très élevée (70 à 80%). Le risque lors de la fabrication est d'obtenir une inversion de phase. La vitesse d'addition de la phase huileuse dans la phase aqueuse est donc un point critique. Suivant l'importance de la production, l'installation est montée en batch ou en continu (Amrouche, 2019).

3.4.2.1. Procédé en batch

La fabrication industrielle de mayonnaise en batch est adaptée jusqu'à une production de **1000 kg/h**. Un schéma simplifié d'installation est présenté ci-dessous :

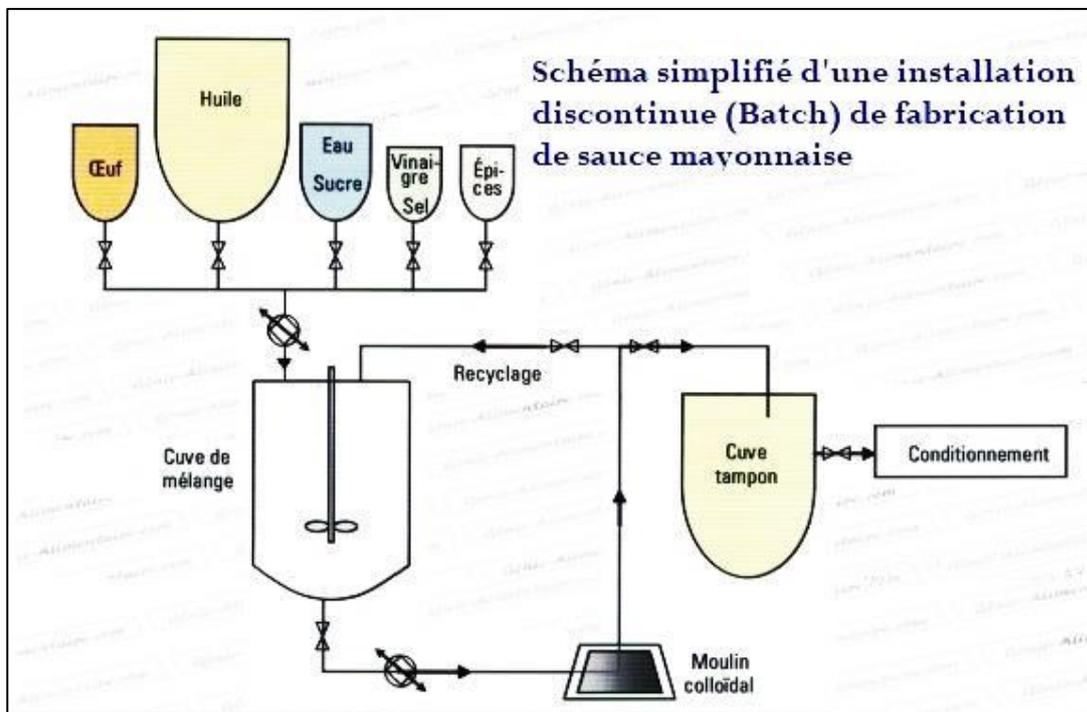


Figure 20 : Schéma simplifié d'une installation discontinue (batch) de fabrication de sauce mayonnaise (Amrouche, 2019).

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

- Par définition la production en batch est discontinue : elle se fait en plusieurs étapes :

Étape 1 - Dispersion (pré-mélange)

- Addition successive dans la cuve de mélange de : jaune d'œuf, eau et sucre.
- Mise en marche de l'agitateur à vitesse lente.
- Addition lente de l'huile.
- Addition du vinaigre et du sel préalablement dissous.

Étape 2 – Homogénéisation

- Mise en marche du broyeur colloïdal.
- Ouverture de la vanne de sortie de la cuve et mise en marche de la pompe de circulation.

Étape 3 - Transfert dans le réservoir tampon Lorsque la mayonnaise est achevée, elle est transférée dans un réservoir intermédiaire (éventuellement réfrigéré) avant conditionnement.

Variantes – Compléments.

- Les cinq cuves de matières premières peuvent être remplacées par trois cuves si les épices ont été au préalable dissoutes dans l'huile et si la phase aqueuse (eau + vinaigre) a été préparée dans une cuve unique.
- Une pompe à vide est généralement adaptée sur la cuve de mélange.
- La vitesse d'agitation lors de l'ajout d'huile peut varier : faible au début, elle est augmentée quand la viscosité de l'émulsion devient significative.
- Certaines installations n'utilisent qu'une cuve de mélange avec agitation à haute vitesse sans lui associer de moulin colloïdal (**Amrouche, 2019**).

3.4.2.2. Procédé en continu

La production de mayonnaise en continu est préférable pour une production supérieure à **100 kg/h**.

La pompe multi-tête aspire simultanément les différents ingrédients dans les proportions requises. Le niveau des ingrédients dans les cuves est contrôlé par des indicateurs de niveau et des vannes automatiques. Si le niveau d'un ingrédient est insuffisant, un signal est envoyé à la pompe de répartition qui s'arrête automatiquement. Les différents éléments permettant la dispersion et l'homogénéisation de l'émulsion sont disposées en ligne et produisent l'émulsion en continu.

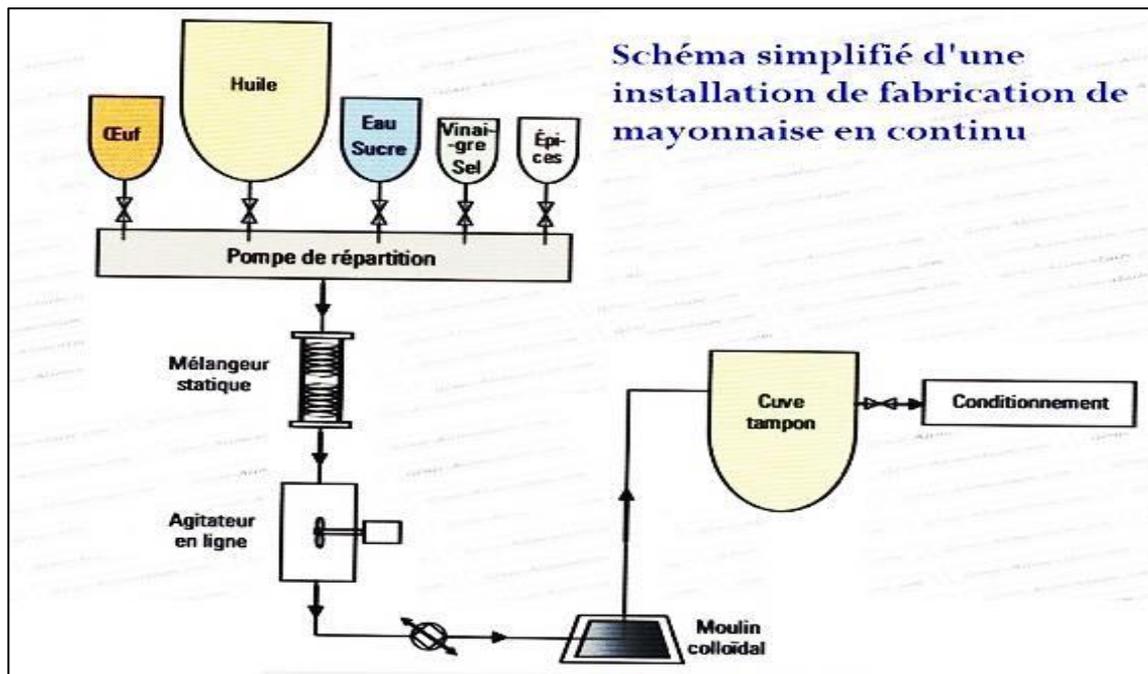


Figure 21: schéma simplifié d'une installation de fabrication de sauce mayonnaise en continu (Amrouche, 2019).

Variantes

- Le nombre de cuves de matières premières peut être réduit à trois (épices mélangées à l'huile ; une seule phase aqueuse).
- La pompe de répartition multi-tête peut être remplacée par autant de pompes que de cuves de matières premières. L'avantage d'une pompe unique est que des fluctuations de vitesse de moteur n'influent pas sur la proportion des différents ingrédients.
- Une valve d'homogénéisation peut être utilisée en remplacement ou en complément du mélangeur statique.
- Les ingrédients réunis à la sortie de la pompe de répartition peuvent être directement envoyés vers une cuve d'agitation de pré-émulsification, sans passage par un mélangeur statique, ni valve d'homogénéisation (Amrouche, 2019).

3.5. Contrôle de la qualité et conservation

Les mayonnaises sont des produits relativement fragiles sur le plan microbiologique et certains ingrédients dont particulièrement le jaune d'œufs frais est souvent contaminé. Ainsi dans des produits peu acides des bactéries pathogènes comme les *salmonelles* peuvent se

Chapitre II : Généralités sur les émulsions et la mayonnaise

développer. La quantité d'eau disponible pour les micro-organismes et le pH constituent les facteurs clés pour la stabilité de la mayonnaise.

Un contrôle basé sur les bonnes pratiques de fabrication (**GM**=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.

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

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

Pour le conditionnement, la parfaite propreté des récipients d'emballage est absolument indispensable. Les bocaux en verre offrent l'avantage de la facilité d'entretien et de la neutralité vis à vis du milieu acide (**Kone, 2001**).

Matériel et méthodes

Le présent travail focalise sur l'étude de l'effet d'incorporation de curcuma sur la qualité physicochimique et organoleptique d'une mayonnaise. La formulation de cette dernière a été fabriquée à l'échelle laboratoire dans l'unité industrielle "TASSALA FOOD".

Sarl TASSALA FOOD a été créé en 29-12-2016 par BEN MALLEM Hakim et leurs associés. Parmi ces activités on a la production de laits et divers produits laitiers, la transformation de produits alimentaires par congélation, surgélation, déshydratation, appertisation, lyophilisation, pasteurisation...etc., fabrication de divers condiments (divers types de mayonnaise, sauce vinaigre, moutarde...etc) et d'autre produits.

1. Matériel végétal

La plante *Curcuma longa*. L qui fait l'objet de cette étude est originaire d 'Inde et a été achetée sous forme de rhizomes sèches chez un marchand à BLIDA le 10-02-2020. Les rhizomes ont une couleur jaune pâle à l'extérieur et jaune foncé au cœur des rhizomes, ils sont très dur et difficilement cassable à la main. (Figure 22)



Figure 22 : Rhizome de curcuma (photo originale).

1.1. Préparation de la poudre de curcuma

Les rhizomes de curcuma ont été rincés et séchés puis concassés dans un mortier à l'aide d'un pilon et broyés avec un moulin à café, puis tamisés en poudre fine. La poudre a été conservée dans un flacon en verre jusqu'à utilisation. Les étapes de la préparation sont présentées dans la figure suivante :

Matériel et méthodes



Figure 23 : les étapes de la préparation de la poudre de curcuma

1.2. Caractérisation physicochimique de curcuma

Les paramètres physico-chimiques analysés sont : teneur en eau, pH, acidité titrable,

1.2.1. Détermination de la teneur en eau

- Principe

La teneur en eau est déterminée par dessiccation d'une masse de 2g de chaque poudre puis placé dans une étuve réglée à 100 °C jusqu'à obtention d'un poids constant.

- Mode opératoire

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à une T° de 100°C.
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur.
- Peser dans chaque capsule 2 g de poudre de curcuma et les placer dans l'étuve réglée à 100°C pendant 30 mn.
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement on les pèse. L'opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant

- Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

Où :

H% : Humidité

M1 : masse de la capsule + matière fraîche avant étuvage en (g)

M2 : masse de la capsule + matière fraîche après étuvage en (g)

P : masse de la prise d'essai en (g)

$$\text{Matière sèche \%} = 100\% - H\%$$

Matériel et méthodes

1.2.2. Détermination du PH (NF V05-108,1970)

- Principe

Le potentiel hydrogène (pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) en solution, il mesure donc son acidité ou sa basicité.

- Mode opératoire

- Mélanger 3g de poudre de curcuma avec 75 ml d'eau distillée
- Chauffer le mélange dans un bain marie à 60°C est alors appliqué, avec agitation, pendant 30 mn.
- Filtrer la solution
- Une fois le pH-mètre (marque) étalonné, Prolongé l'électrode dans la solution
- La valeur de pH est lue directement sur le pH mètre.

2. La préparation des échantillons de mayonnaise

2.1. Les ingrédients alimentaires

Les ingrédients utilisés pour l'obtention des échantillons expérimentaux de mayonnaises ont été comme suit : l'huile de tournesol commerciale, le jaune d'œuf de poule, le vinaigre à 8°, le sel, le sucre, le lait en poudre, le jus de citron concentré, le xhantane, la poudre de l'acide citrique, Ethylène-diamine-tétra-acétate (**EDTA** : poudre –conservateur-) et la poudre de curcuma.

2.2. Formulation de la mayonnaise

Dans l'objectif d'étudier l'impact de l'incorporation de curcuma sur la qualité physicochimique, organoleptique d'une mayonnaise, trois échantillons ont été préparé à deux doses d'incorporation de curcuma 0.5 et 1%.

Il est a signalé que le curcuma est incorporé dans l'huile de préparation afin d'éviter l'aspect granuleux de la mayonnaise. La masse de mayonnaise préparée est **500 g** pour chaque essai.

2.2.1. Préparation des huiles enrichies à différentes dose d'incorporation de curcuma

- Prélever (04) échantillons de l'huile de tournesol (100g pour chaque échantillon).
- Ajout de la poudre de curcuma nécessaire pour élaborer des échantillons avec les taux d'incorporation de 0,5 %, 1 %
- Agitation, pendant 3 heures, et clarification des échantillons préparés, par filtration.

Matériel et méthodes

Les échantillons ainsi préparés sont illustrés dans le **tableau V** :

Tableau V : les huiles préparées

| Les échantillons | masse de curcuma(g) | masse d'huile (g) |
|------------------|---------------------|-------------------|
| H1 (témoin) | 0 | 100 |
| H2 | 0.5 | 100 |
| H3 | 1 | 100 |

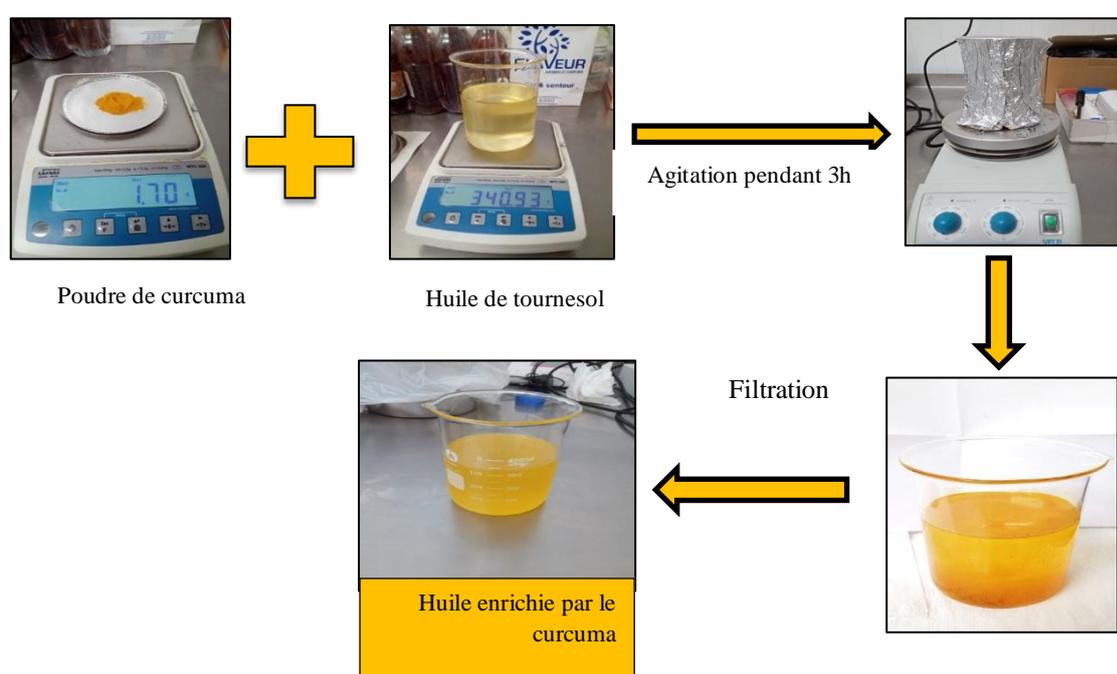


Figure 24 : Préparation des huiles enrichies en curcuma.

2.2.2. La préparation de la mayonnaise

La mayonnaise a été préparée selon le protocole de l'unité de TASSALA FOOD.

- On mélange le jaune d'œuf avec le sel, le sucre, et les autres ingrédients, lentement ; en remuant à l'aide d'un batteur à vitesse réduite et à sens unique (**Thermomix**), puis on ajoute progressivement l'huile de tournesol enrichie en curcuma à différentes proportions.
- Le vinaigre et le jus de citron ont été introduits après l'obtention d'une masse dense et homogène. A ce moment, la vitesse du batteur est réglée au maximum.

Matériel et méthodes

- L'opération de mélange est fixée à 10 minutes. Les échantillons de mayonnaise E1(témoin), E2(0.5% de curcuma) et E3(1% de curcuma) obtenus ont été placés dans des récipients alimentaires en verre stériles avec des couvercles à fermeture hermétique et conservés au réfrigérateur à $5 \pm 1^\circ$.

Remarque : tous les ingrédients doivent être à température ambiante



Figure 25 : Le batteur **Thermomix** (leur tasse dans la photo à droite).

3. Caractérisation physicochimique des mayonnaises préparées

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'unité de fabrication de mayonnaise **TASSALA FOOD**. Les principaux facteurs physico-chimiques analysés dans la mayonnaise sont : pH, taux d'humidité % et le taux de matière sèche.

3.1. Mesure du pH

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



Figure 26 : PH-mètre **HANNA**.

Matériel et méthodes

3.2. Taux d'humidité

Il s'agit de la quantité d'eau dans la mayonnaise, elle est déterminé par séchage de la mayonnaise dans un dessiccateur muni d'un système électronique (Infrarouge) permettant de calculer le taux de matière sèche restante.



Figure 27 : Dessiccateur électronique OHAUS

- Mode opératoire

- Prendre une coupelle, la peser à l'aide du dessiccateur puis tarer.
- Ajouter 3 g de mayonnaise et l'étaler sur la coupelle.
- Remettre la coupelle de l'appareil.
- Il y a une alarme qui indique la fin d'évaporation et aussi la perte du poids reste constante.
- Le dessiccateur est réglé comme suit :
 - Le temps de séchage est 10 minutes
 - La température de séchage est 140 °C

- Expression des résultats

- Le dessiccateur indique directement en pourcentage le taux d'humidité sur l'écran.
- Le taux en matière sèche = **100 % - le taux d'humidité.**

4. Evaluation organoleptique

La qualité organoleptique des échantillons de la mayonnaise ont été déterminées par les critères suivants : l'acidité, le gout, l'acidité et la couleur. L'évaluation organoleptique a été réalisée par un panel constitué de **10** dégustateurs (sept femmes et trois hommes) non-fumeurs. Pour ce faire on a opté pour le teste de notation.

Matériel et méthodes

4.1. Présentation des échantillons

On présente les échantillons (30 g de chaque) dans des assiettes blanches en plastique. Les échantillons sont codés avec des numéros. Chaque échantillon a un numéro distinct. Les échantillons de mayonnaise devraient tous avoir la même température et celle-ci devrait être celle à laquelle l'aliment est habituellement consommé (sauce froide). Par ailleurs, le panel de dégustateurs a le droit de goûter plusieurs fois les échantillons à condition qu'ils n'aient pas consommé aucune nourriture ou boissons qui pourraient influencer leurs perceptions pendant une période d'une heure avant l'analyse. Les fiches de dégustation sont reproduites en annexe n° 11.

Les résultats des classements des critères goût, aspect et couleur ainsi que la somme des rangs par produit et par l'ensemble des sujets ont été déterminés.

4.2. Analyse statistique

Le test de FRIEDMAN est utilisé pour le traitement des données issues des tests de notation.

La statistique de FRIEDMAN est appliquée sur la somme des rangs attribués à chaque échantillon (AFNOR, 1995).

Le F_c de FRIEDMAN est calculé comme suite :

$$F_c = \frac{12.(R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + \dots + R_{n-1}^2 + R_n^2)}{J.P.(P+1)} - 3.J.(P+1)$$

- J : Nombre de sujets (10 dans notre cas).
- P : nombre d'échantillons (3).
- R1.....Rn : somme des rangs.

Si la valeur de F_c calculé est supérieure à celle critique correspondante au nombre de sujets, au nombre d'échantillons et au seuil de signification choisi ($\alpha = 0,05$) lue dans la table de X^2 la différence perçue entre les échantillons est significative (ISO 8587).

Rappelons que ce test, FRIEDMAN, est réalisé par le logiciel XLSTAT 2014.

Le test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi est réalisé par le biais du logiciel XLSTAT 2014.

Résultats et discussion

1. Les résultats de la caractérisation physicochimique de la poudre de curcuma

Les résultats des analyses effectuées sur la poudre de curcuma sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VI : Caractéristiques physico-chimiques de la poudre de curcuma

| Les paramètres | Les valeurs moyennes \pm l'écart-type |
|----------------|---|
| L'humidité % | 12.64 \pm 1.25 |
| Le pH | 6.87 \pm 0.2 |

1.1. Humidité

L'humidité est un paramètre qui permet de prévoir les conditions de stockage d'une part et de rapporter les résultats des constituants biochimiques à la MS d'autre part.

L'humidité de la poudre de curcuma étudiée est de 12,64 %. Cette valeur est légèrement supérieure à celle évoqué par **ESA (2011)** et qui est de l'ordre 10 %. Cette différence est due aux défavorables conditions de stockage (exposition direct à l'humidité de l'air). En fait, c'est une poudre qui nécessite d'être conservée à l'abri des facteurs d'altérations (humidité, lumière, oxygène, ...etc.).

1.2. pH

Le pH est un paramètre influence l'aptitude à la conservation des aliments. Il constitue l'un des principaux obstacles pour la prolifération de la flore microbienne.

La poudre de curcuma présente un pH proche de la neutralité, 6,87.

2. Les résultats de la caractérisation physique chimique des mayonnaises préparées

L'aspect des trois mayonnaises préparées est montré à la **figure 28** tandis que les caractéristiques physico chimiques sont récapitulées dans les histogrammes (**les figures n °29 et 30**).

Résultats et discussion

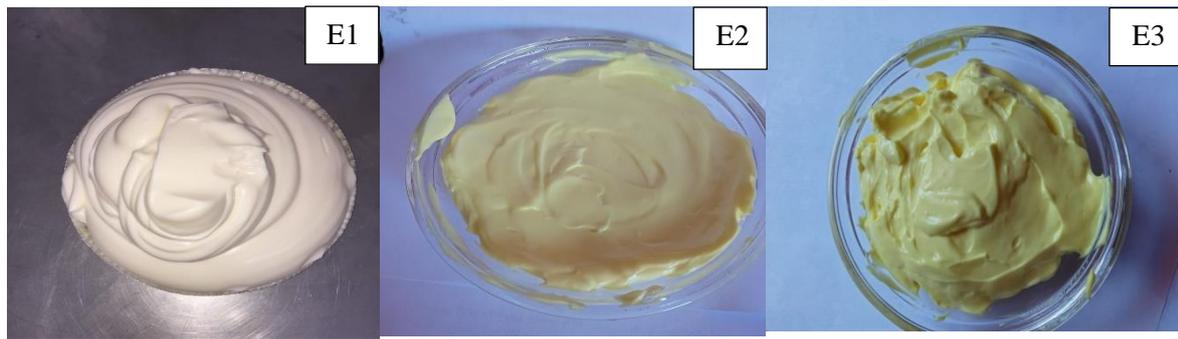


Figure 28 : Photo des trois mayonnaises préparées.

D'après la figure on constate que la couleur des mayonnaises préparées est proportionnelle à la quantité de l'huile enrichie en curcuma comparant au témoin (E1). Sachant que cette poudre a une couleur jaune. Tandis que cette incorporation n'as pas induit des changements dans l'aspect et la viscosité (remarque visuelles).

2.1. Potentiel hydrogène (pH)

La figure n° 29 montre la variation des valeurs de pH des mayonnaises préparés :

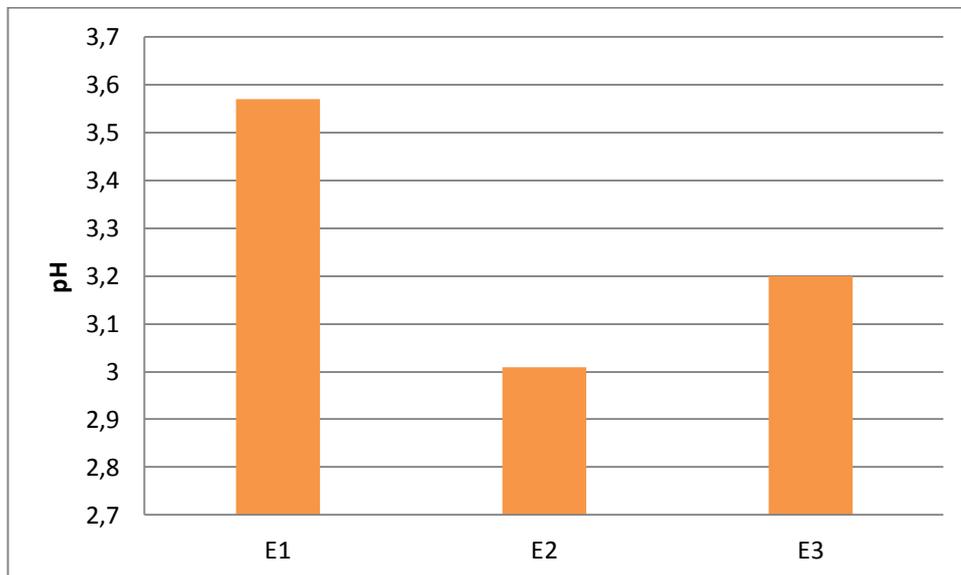


Figure 29 : les valeurs de pH des mayonnaises préparées.

Selon les résultats obtenus, on constate d'une part que les mayonnaises préparées à base de curcuma (E2 et E3) montrent des pH légèrement faible (3.01 et 3.20) que celle du mayonnaise témoin (3.57), mais qui reste conformes aux normes de l'unité (3.20-3.70). D'autre part, on enregistre une relation proportionnelle entre les doses de curcuma

Résultats et discussion

incorporées et les valeurs du pH trouvés. Ce résultat est expliqué par le pH de curcuma qui se rapproche de la neutralité (6.87). Ceci nous permet de déduire que l'acidité de la mayonnaise peut être améliorée par la quantité de curcuma incorporée.

Il est a signalé que le pH enregistré pour la mayonnaise E3 est proche à ceux trouvés par **Choonhahirun et al. (2008)** qui déclare une valeur de pH de 3,30 pour une mayonnaise avec l'utilisation de céleri et de spiruline qui a donné une valeur de pH de 3.38 mais inférieures aux mayonnaises préparés avec addition d'extrait de thym, d'extrait de lavande et d'extrait de feuilles, fleur et tige de romarin qui annonce des pH situant entre 4 et 5 (**Gallego et al. 2013**).

Safitri et al. (2019) ont évoqué que le pH des mayonnaises préparés avec l'addition de la poudre de gingembre à 0-1.25% produisent des valeurs comprises entre 4.34-4.38.

D'après les résultats de **Puligundla et al. (2015)** et **Beqqali. (2015)**, on constate aussi que la nature de l'huile utilisée dans la préparation de cette émulsion à un impact direct sur la valeur de pH, cependant une mayonnaise préparée à l'huile de soja donne un pH de 3,71, à l'huile de colza (3.32) et à l'huile d'olive vierge (2.94), l'huile de pépin de courge(2.92).

2.2. L'humidité et la matière sèche

Les résultats de l'humidité et l'extrait sec sont illustrés dans le tableau suivant :

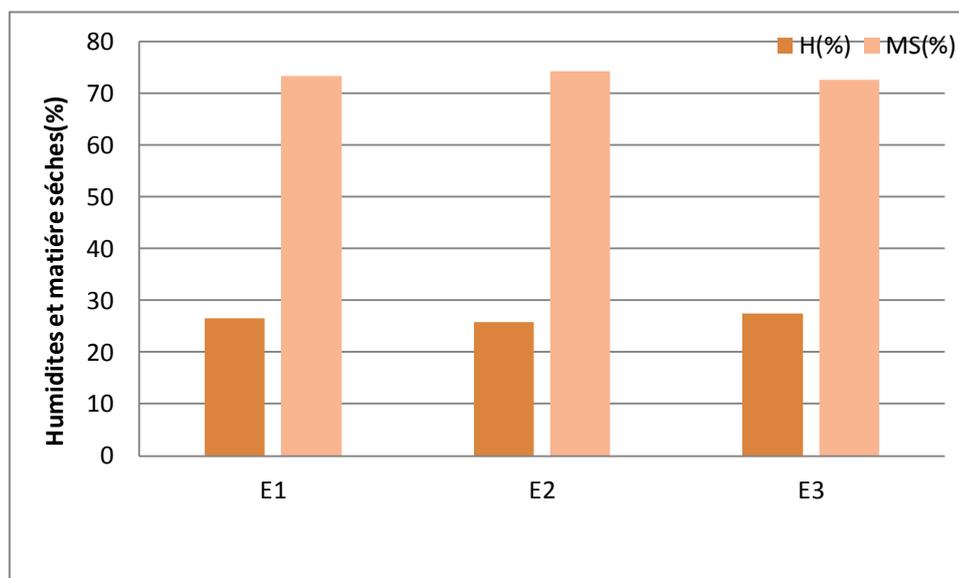


Figure 30 : L'humidité et la matière sèches des mayonnaises préparées

Les résultats de l'humidité trouvés pour les mayonnaises additionnée de curcuma E2 et E3 (25.75 et 27.50% respectivement) sont proches à l'humidité de mayonnaise témoin (26.60%).

Résultats et discussion

Or qu' on remarque une proportionnalité entre la dose de curcuma incorporé et l'humidité. Rappelons que l'humidité de la poudre de curcuma est de 12.64%.

Il est à noter que l'humidité des trois types de mayonnaise préparés est conforme aux normes de l'unité (25-30%) et à la norme BSN (1998) qui déclare 30% comme seuil maximal de l'humidité.

En revanche, les valeurs de l'humidité enregistrés pour E2 et E3 ainsi que la mayonnaise témoin sont largement supérieures à ceux trouvés dans les mayonnaises préparés avec du gingembre (13.57-14.02%) et celle préparée avec l'huile de soja à 78% avec une humidité de 14,70%. (Safitri et al., 2019 ; Aghdei et al., 2016).



Figure 31 : photo de la mayonnaise avant et après séchage.

3. Les résultats des analyses organoleptiques de la mayonnaise

Pour rappel, l'analyse sensorielle a été effectuée sur les trois mayonnaises préparées :

- Le produit « E1 » : mayonnaise témoin
- Le produit « E2 » : mayonnaise avec 0.5% de curcuma
- Le produit « E3 » : mayonnaise avec 1% de curcuma

Les tableaux suivant, récapitulent l'ensemble des appréciations des **10** panélistes respectivement pour les critères : consistance, couleur, gout et acidité.

Les résultats du test des comparaisons multiples par paire suivant la procédure de Nemenyi sont donnés dans les tableaux respectivement pour les mêmes critères.

Tableau VII : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (Consistance).

Résultats et discussion

| | E1 | E2 | E3 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 3 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 4 |
| 4 | 4 | 3 | 4 |
| 5 | 3 | 3 | 4 |
| 6 | 4 | 2 | 4 |
| 7 | 4 | 3 | 4 |
| 8 | 4 | 2 | 4 |
| 9 | 4 | 2 | 4 |
| 10 | 4 | 2 | 4 |
| Sommes des rangs | 38 | 28 | 38 |
| Moyenne | 3.8 | 2.8 | 3.8 |
| classement | 1 | 3 | 1 |

Tableau VIII : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (consistance).

| Echantillons | Groups |
|--------------|--------|
| E2 | A |
| E1 | B |
| E3 | B |

Du **tableau VII**, il ressort que l'échantillon E1 et E3 possèdent la meilleure consistance car ils présentent la moyenne des rangs la plus élevée. Les résultats du test comparaisons multiples par paires illustrés sur le **tableau VIII**, indiquent qu'il n'y a pas une différence significative entre la consistance de l'échantillon E1 et E3, cependant la présence d'une différence entre la consistance de l'échantillon E2 et E1 d'une part et E2 et E3.

Tableau IX : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (Couleur).

Résultats et discussion

| | E1 | E2 | E3 |
|-------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 3 | 4 | 3 |
| 2 | 4 | 2 | 4 |
| 3 | 3 | 3 | 4 |
| 4 | 4 | 2 | 4 |
| 5 | 3 | 1 | 3 |
| 6 | 4 | 2 | 4 |
| 7 | 3 | 4 | 4 |
| 8 | 4 | 3 | 4 |
| 9 | 3 | 3 | 3 |
| 10 | 4 | 4 | 1 |
| Sommes des | 35 | 28 | 34 |
| rangs | | | |
| Moyenne | 3.5 | 2.8 | 3.4 |
| classement | 1 | 3 | 2 |

Tableau X : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (couleur).

| Echantillons | Groups |
|--------------|--------|
| E2 | A |
| E1 | A |
| E3 | A |

Du **tableau IX**, il est clair que l'échantillon E1 présente la moyenne des rangs la plus élevée, donc la couleur la plus appréciée par les panélistes. Toutefois comme le montre le **tableau X**, absence d'une différence significative entre la couleur des trois échantillons.

Tableau XI : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (acidité)

Résultats et discussion

| | E1 | E2 | E3 |
|-------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 3 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 1 | 3 |
| 3 | 3 | 1 | 2 |
| 4 | 3 | 1 | 3 |
| 5 | 4 | 2 | 2 |
| 6 | 3 | 2 | 2 |
| 7 | 3 | 1 | 1 |
| 8 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 4 | 1 | 1 |
| 10 | 3 | 1 | 1 |
| Sommes des | 33 | 13 | 18 |
| rangs | | | |
| Moyenne | 3.3 | 1.3 | 1.8 |
| classement | 1 | 3 | 2 |

Tableau XII : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (acidité).

| Echantillons | Groups |
|--------------|--------|
| E2 | A |
| E3 | A |
| E1 | B |

En ce qui concerne l'acidité, c'est l'échantillon E2 qui présente la faible moyenne des rangs, donc la mayonnaise la plus acide selon les dégustateurs. De même les résultats du test des comparaisons par paires, enregistre une différence entre l'échantillon E1 et E2 et entre E1 et E3. Tandis que l'absence d'une différence entre l'acidité de la mayonnaise E2 et E3.

Résultats et discussion

Tableau XIII : Résultats du test de dégustation des mayonnaises préparées (gout)

| | E1 | E2 | E3 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 4 | 2 | 3 |
| 4 | 4 | 3 | 3 |
| 5 | 2 | 3 | 3 |
| 6 | 4 | 2 | 2 |
| 7 | 4 | 3 | 2 |
| 8 | 4 | 3 | 2 |
| 9 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | 4 | 1 | 1 |
| Sommes des | 34 | 25 | 25 |
| rangs | | | |
| Moyenne | 3.4 | 2.5 | 2.5 |
| classement | 1 | 2 | 2 |

Tableau XIV : Résultats du test des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Nemenyi (gout).

| Echantillons | Groups |
|--------------|--------|
| E2 | A |
| E3 | A |
| E1 | A |

Selon les résultats de tableau XIII, il est a signalé que la mayonnaise témoin(E1) présente le meilleur gout selon les panélistes. Cependant le test de comparaison multiple met en évidence l'absence d'une différence entre le gout des trois mayonnaises préparées.

Résultats et discussion

Les résultats des analyses hédoniques des mayonnaises préparées, montre clairement que l'ajout de curcuma dans l'huile à induit des changements dans les caractéristiques organoleptique dans le produit fini.

Tenant compte des propriétés sensorielles analysées pour les différents échantillons, on constate que la mayonnaise E1 représente les meilleures caractéristiques organoleptiques suivi de E3 et enfin E2.

Conclusion

L'étude réalisée au sein de l'unité de production TASSALA FOOD avait pour objectif d'évaluer la qualité physicochimique et sensorielle des échantillons de mayonnaises et d'améliorer leurs qualités organoleptiques par l'incorporation des différentes doses de la poudre de curcuma (0.5% et 1 %).

Pour atteindre le but fixé, une démarche méthodologique fut adoptée, nécessitant le passage par un enchaînement d'étapes aussi importantes les unes que les autres :

Après une recherche bibliographique assidue, nous avons choisi de retenir comme facteurs à étudier : le potentiel hydrogène pH et l'humidité de la poudre de curcuma. Ensuite, nous avons opté pour la mesure du pH, l'humidité, l'extrait sec et les caractéristiques organoleptiques des trois échantillons de mayonnaise E1 (témoin), E2 (avec 0.5% de curcuma) et E3 (1% de curcuma).

Les résultats obtenus suite aux tests physico-chimiques réalisés sur les mayonnaises (E2 et E3) montrent des valeurs de pH (3.01 -3.20) et d'humidité (25.75 - 27.50% respectivement) conformes aux normes de l'unité.

Quant au test organoleptique effectué; il a montré que le jury de dégustation a préféré le goût, la consistance, la couleur et l'acidité de l'échantillon E3 (1% de curcuma) comme une nouvelle formulation de mayonnaise comparée à E2 (0.5% de curcuma).

A ce propos, nous suggérons l'utilisation de curcuma dans les mayonnaises en raison de ses effets bénéfique pour la santé du consommateur et en sa qualité d'antioxydant naturel (présence de curcumine) pour prolonger la durée de vie de cette émulsion.

Dans les perspectives, nous souhaitons de réaliser :

- Une étude de l'activité antioxydant et antibactérienne de curcuma
- Etudier la viscosité des mayonnaises préparées
- Etude de la stabilité
- Elargir la formulation de la mayonnaise à base de curcuma à l'échelle industrielle et sur le marché national, pour une meilleure diversité du produit. Sachant que cette recette est inédite.

Les références bibliographiques

1. **Aghdaei Amiri, S. S., Aalami, M., Babaei Geefan, S., & Ranjbar, A.** (2014). Application of Isfarzeh seed (*Plantago ovate* L.) mucilage as a fat mimetic in mayonnaise. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2748–2754. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0796-7>
2. **Altunkaya, R. V., Hedegaard, J., Harholt, L. Brimer, V., Gökmen, L. H. Skibsted.**2013. Oxidative stability and chemical safety of mayonnaise enriched with grape seed extract. *Food. Funct.*, 4, 1647.
3. **Amrouche** .2019. Processus de fabrication de la mayonnaise.
4. **Amrouche**. 2019. l'émulsification : la fabrication d'émulsion.
5. **Anonyme ,2015** :<https://www.papillesetpupilles.fr/2015/03/mayonnaise-maison.html/> (mayonnaise). Consulter le 11.02.2020
6. **Anonyme, 2015** : [https ; //lacasbahdesdelices.com/2015-02-mayonnaise-a-la-moutard-ou-remoulade/](https://lacasbahdesdelices.com/2015-02-mayonnaise-a-la-moutard-ou-remoulade/) consulter le 10.02.2020.
7. **Association Européenne des épices (ESA)**, Adopté le 1er décembre 2011 (Business and Technical Meeting)
8. **Aurore, ST** .2017. Extraordinaire curcuma, Astuce Santé-www.rcf.fr.
9. **Beqqali, F. (2015)**. Développement d'un nouveau produit alimentaire à base des micro-algues et optimisation de son profil nutritionnel en termes de matières grasses, rapport de stage de fin d'étude, université Sidi Mohammed Ben Abdellah .120P.
10. **Caullet, L., DosSantos, A., Knipper, G., Rusalen, M., Seigneur, M.** (2018). Les émulsions alimentaires. *Projet Professionnel* .50p.
11. **Cheikh Ali, Z. (2012)**. Études chimiques et biologiques d'*Aframomum sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine.Thèse de Doctorat, l'unité de formation et de recherche, Faculté de pharmacie de châtenay-malabry Université paris-sud. 153p
12. **Chikhi, A. (2019)**. Evaluation de l'exposition au *Staphylococcus* à coagulasse positive de la mayonnaise consommée aux pizzerias de la ville d'Ain Témouchent. Mémoire de fin d'études, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib, d'Ain-Temouchent.43P.
13. **Choonhahirun, A.** (2008). Influence of added water and konjac flour as fat replacer on some quality characteristics of celery mayonnaise. *Au J. T*, 11, 11(3), 154–158.
14. **Djebbar, M (2019)**. Les émulsions. Laboratoire de pharmacie Galénique, Annaba.52P.

Les références bibliographiques

15. **Elketroussi, M. (2018)**. Effet du type de jaune d'œuf sur la qualité organoleptique et microbiologique de la Mayonnaise. Mémoire de fin d'études, Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem.38p
16. **Gallego, M. G., Gordon, M. H., Segovia, F. J., Skowrya, M., & Almajano, M. P. (2013)**. Antioxydant properties of three aromatic herbs (rosemary, thyme and lavender) in oil-in-water emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(10), 1559–1568.
17. **Hou-Pin, S., Chang-Ping, L., Tan Ang, L Jou-Hsuan, H. 2010**. Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. (www.interscience.wiley.com) DOI 10.1002/jsfa.3888.p806 - 812
18. **<http://www.iesv.org>** (Le curcuma -Curcuma longa L-) . Consulter le 11.02.2020.
19. **<http://www.recette-mayonnaise.Com/histoire/>** consulter le 10.02.2020
20. **<http://www.huilerievigean.com>** (actu-cp-curcuma-carthame-vinaigre). Consulter le 23.03.2020
21. **Jourdan ,J.P.(2015)**.Curcuma et curcumine, de l'histoire aux interets therapeutiques. Thèse Pour Le Diplome d'état de docteur en Pharmacie Universite de Caen ,U.F.R. des sciences pharmaceutiques.133 p
22. **KHANJI, A.N. (2017)**. Stabilisation de la curcumine par la micelle de caséine : approches structurale et technofonctionnelle. Thèse de doctorat. L'Université de Lorraine. N°230. 286 p
23. **Kharrat, M., Zhang, G., McClements, D. J. (2018)**. Stability of curcumin in oil-in-water emulsions: Impact of emulsifier type and concentration on chemical degradation. *Food Research International*, 111,178-186.
24. **Kone, S. (2001)**. Fabrication artisanale de la mayonnaise.
25. **Krackov M.K., Bellis H.1997**. Process for the synthesis of curcumin- related compound. Brevet PCT WO 97/16403. *Chemical Abstracts*, 127, 17480.
26. **PORTES, E.(2008)**.Synthèse et etudes de tétrahydrocurcuminoïdes : propriétés photochimiques et antioxydantes, applications à la préservation de matériaux d'origine naturelle.Thèse de doctorat en chimie organique ,L'universite Bordeaux I Ecole Doctorale Des Sciences Chimiques .223p
27. **Puligundla, P., Cho, Y., & Lee, Y. (2015)**. Physicochemical and sensory properties of reduced-fat mayonnaise formulations prepared with rice starch and starch-gum mixtures. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(6), 463–468. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.081>
28. **Qookster** 25 avril 2018 cooking, fiche recette Mayonnaise et déclinaison.

Les références bibliographiques

29. **Safitri, A.R., Evanuarini, H., Thohari, I.** (2019). the potential of local ginger as antioxidant on full-fat mayonnaise. Jurnal ilmu danteknologi hasil ternak.2, 14,90-98.
30. **Tidjini, A., Taibi, A.** (2014). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de curcuma longa sur la viande de bovine contaminée par E. COLI 0157 :H7. Mémoire de fin d'étude, université Aboubakr belkaid, Tlemcen.78P.
31. **www.lesfoodies.com (les foodies)**. Consulter le 11.02.20

Les annexes

L'annexe 1

Tableau XV : Matériels et réactifs utilisés pour la préparation et la caractérisation physicochimique de la matière végétale (le curcuma)

| Verrerie et autres | Appareillage | Les réactifs utilisés |
|--------------------|--------------|-----------------------|
| Pilon et mortier | Etuve | L'eau distillée |
| Moulinette à café | Dessiccateur | NaOH |
| Creuset | / | Phénolphtaléine |

L'annexe 2

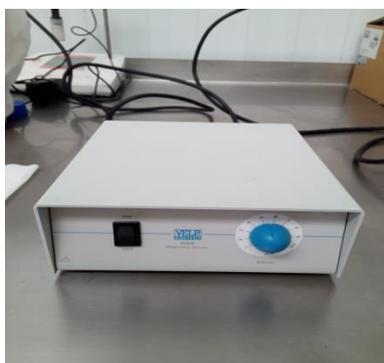


Figure 32 : Agitateur
(photo personnelle)



Figure 33 : Dessiccateur électronique
(photo personnelle)



Figure 34 : Batteur Thermomix
(photo personnelle)



Figure 35 : La verrerie utilisée
(photo personnelle)



Figure 36 : Spatule pour étaler la mayonnaise
(photo personnelle)



Figure 37 : Coupelle
(photo personnelle)

Les annexes

L'annexe 3

Tableau XVI : Matériels et réactifs chimiques utilisées dans la caractérisation de la mayonnaise

| Verrerie et autres | Appareillage |
|---------------------------|----------------------------|
| Becher | Balance |
| Coupelle | Dessiccateur OHAUS |
| Spatule | pH-mètre HANNA |
| Pipette | Batteur Thermo- mix |
| Passoire | Agitateur |
| Flacons stériles | / |
| Papier aluminium | / |
| Erlenmeyer | / |

L'annexe 4

Tableau XVII: les résultats des analyses physicochimiques de différents types de mayonnaise produits par l'unité industrielle TASSALA FOOD

| Le type de mayonnaise | pH | Le taux en matière sèche (%) | Le taux en humidité(%) |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Mayonnaise Mister ou Star Aioli | 3.40-3.60 | 75 | 25-29 |
| Mayonnaise Ail Fine Herbes Mister | 3.45-3.65 | 74-70 | 26-30 |
| Mayonnaise Mister lite | 3.80-3.86 | 51-56 | 44-49 |

- Mayonnaise Mister ou Star Aioli = mayonnaise avec l'ail
- Mayonnaise Ail Fine Herbes Mister = mayonnaise avec l'ail et les herbes fines
- Mayonnaise lite = mayonnaise sans matière grasse

Les annexes

L'annexe 5

BIOQUALITAL
LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE ALIMENTAIRE, COSMETIQUE
DES DETERGENTS ET DE L'EAU
Autorisé par décision du ministère du commerce N° 19/2010
Route de ben chaoua cité de l'université lot n°26 KHRAICIA-ALGER
TEL:023-31-39-05

Rapport d'Analyse Physico-chimique

| | |
|---|------------------------------------|
| Client : SARL TASSALA FOOD | |
| Adresse: Rue 39 Alaarbi Ben Mehidi Alger centre / ALGER | |
| N° d'inscription au laboratoire : 1450/2020 | |
| Analyse effectuée le : 23/02/2020 | LOT:201 |
| Produit: MAYONNAISE "STAR" | |
| Echantillon: 01 unité | Contenance / Unité :500 ml |
| Prélevé le : 23/02/2020 | Reçu au laboratoire le: 23/02/2020 |
| Date de fabrication: 22/02/2020 | DLC :22/08/2021 |

| DETERMINATION | REFERENCE | RESULTATS |
|----------------|-----------|-----------|
| Extrait sec | NA2686 | 73,4% |
| Humidité | NA2686 | 26,6% |
| PH | PHmetre | 3,57 |
| Matière grasse | ISO1736 | 73% |

Alger le 27/02/2020



Figure 38: rapport d'analyse physicochimique de la mayonnaise STAR

Les annexes

L'annexe 6

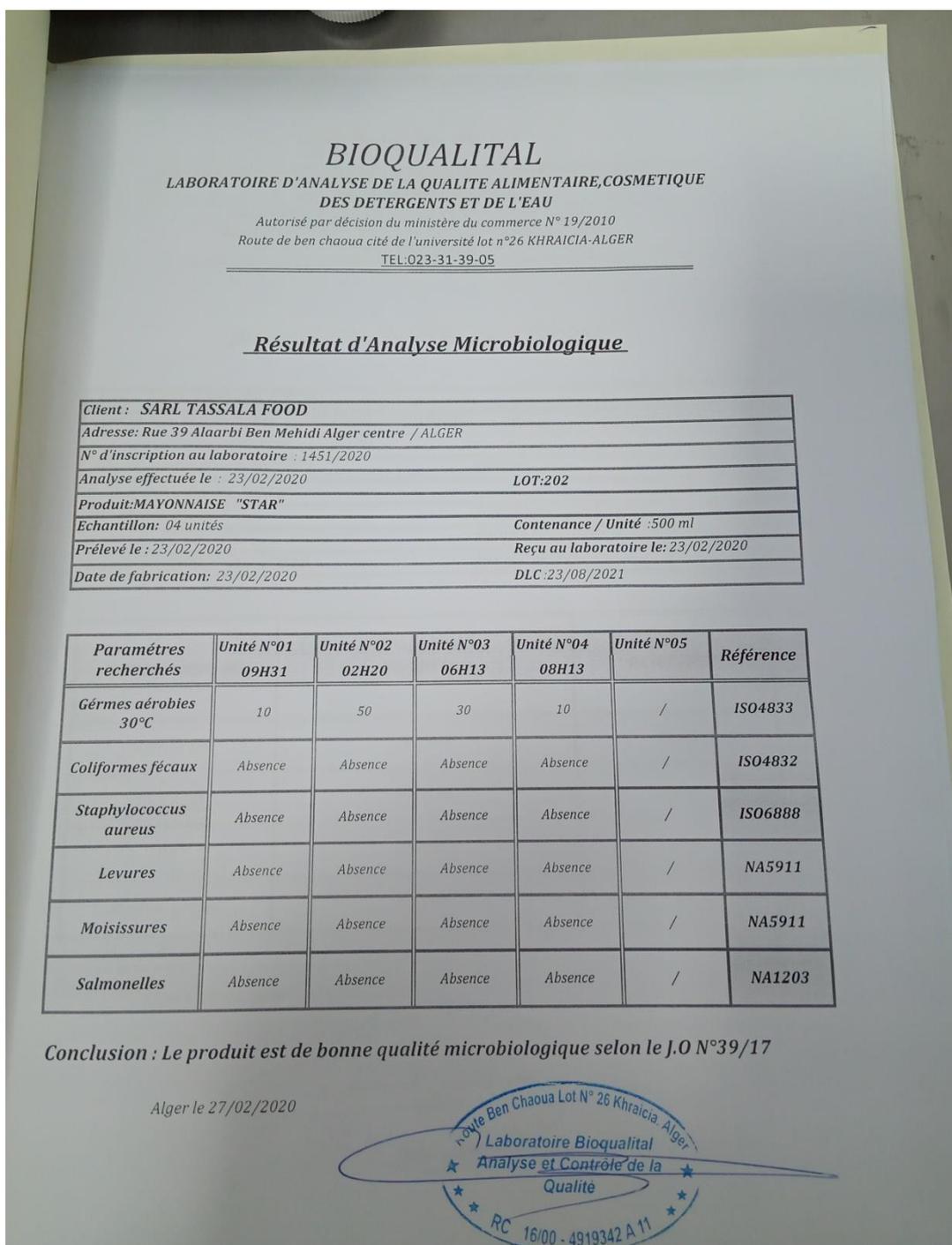


Figure 39: résultat d'analyse microbiologique de la mayonnaise STAR

Les annexes

L'annexe 7

DEPARTEMENT DU COTROLE DE LA QUALITE ET DE CONFORMITE

BULLETIN D'ANALYSE

UNITE LABORATOIRE

Rapport d'analyse physico-chimique

Tizi-Ouzou, le 26/02/2020

Coordonnées

| | |
|----------------|-----------------------------|
| Sarl OYO GIDKY | |
| Adresse | Zone des dépôts, Tizi-Ouzou |

Numéro bulletin

J25-02/PC/2020

Références produit

| | | | |
|---------------------|--------------|----------------------|-------------|
| Date de prélèvement | 26/02/2020 | Heure de prélèvement | 10:30 |
| Date de fabrication | 25/02/2020 | DLC | 45 jours |
| Numéro de lot | 20-25-6-1-02 | Echantillonnage | Laboratoire |
| Conservation | 4°C | | |

Produit

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Famille | Ovo produit |
| Catégorie | Jaune d'œuf liquide salé pasteurisé |
| Mise en analyse | 26/02/2020 |
| Analyse réalisée par | LOUNAS Ouiza |

Norme de référence

Norme CEE-ONU EGG-2

| Détermination | Résultats | Critères | Méthodes |
|--|-----------|------------------------|--------------|
| Matière sèche % | 47,95 | 47,5 | Dessiccation |
| Teneur en Na Cl % | 8,00 | $7,8 \leq TS \leq 8,2$ | PAL-SAT |
| Concentration min en ions hydrogène (pH) | 5,99 | $6,2 \leq Ph \leq 6,8$ | PH-mètre |

CONCLUSION :
Echantillon de qualité physico-chimique **SATISFAISANTE**, selon les paramètres soumis à l'analyse et selon les valeurs des critères indiqués. Avec un pH légèrement inférieur à la norme.

INGENIEUR LABORATOIRE
D.GUIDOU



Figure 40 : bulletin d'analyses physicochimiques des jaunes d'œufs

L'annexe 8

| | | |
|---|---------------------------------|-------------------|
|  | Management de la Qualité | Code : DA2-22 |
| | Rapport d'analyses | Version : 00 |
| | | Date : 14/07/2018 |
| | | Page : 1/2 |

M

Laboratoire de contrôle de la qualité et de conformité ESAFAA
Azouza, Chabet El Ameur-Boumerdes
Agrément N° 005 du 04/04/2013- R.C. N° 3654276 A 11
A.I. N° 35140687080-M.F. N° 284350501166181
contact@laboratoiresafaa.com

Fait à Azouza le : 03 / 02 / 2019

Réf. : Physico/175 / 2019

Rapport d'analyses (*)

Client : SARL TASSALA

Adresse : 39 Rue al arbi ben mehidi Alger centre- Algérie.

Echantillon :
Objet : **Mayonnaise aux œufs.**
Dénomination commerciale : **STAR**
Date prélèvement : **29 / 01 / 2019**
Date de réception : **29 / 01 / 2029**
Date de production affichée : **25 / 01 / 2019**
Date d'expiration affichée : **24 / 04 / 2020**
contenance: **500 ml.**
N° du lot affiché : **009.**
Analyses effectuées le : **30 / 01 / 2019** Sous les conditions : **NRML**

RESULTATS

| Paramètres recherchés | Unités | Résultats | Norme et Méthodes |
|-----------------------|--------|-----------|-------------------|
| Densité | - | 0.9542 | Densimètre |
| Viscosité | Pas | 47.00 | Viscosimètre |

OBSERVATIONS :

- Rien à signaler.

Ce document est la propriété du laboratoire ESAFAA. Il ne peut être reproduit sans son autorisation.

Figure 41 : rapport d'analyses physicochimiques de la mayonnaise

Les annexes

L'annexe 9

| Coordonnées | | Sarl OVO GIDKY | | Numéro bulletin | |
|-------------|-----------------------------|----------------|--|-----------------|--|
| Adresse | Zone des dépôts, Tizi-Ouzou | | | J25-02/MC/2020 | |

| Références produit | | | |
|---------------------|--------------|----------------------|-------------|
| Date de prélèvement | 26/02/2020 | Heure de prélèvement | 10:30 |
| Date de fabrication | 25/02/2020 | DLC | 45 Jours |
| Numéro de lot | 20-25-6-1-02 | Echantillonnage | Laboratoire |
| Conservation | 4°C | | |

| Produit | | Norme de référence | |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| Famille | Ovoproduit | Arrêté du 02/07/2017 | |
| Catégorie | Jaune d'œufs liquide salé pasteurisé | | |
| Mise en analyse | 25/02/2020 | | |
| Analyse réalisé par | LOUNAS Ouiza | | |

| Détermination | Unité | RESULTATS | | | | | Norme | |
|----------------------------------|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|--------|
| | | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | m | M |
| Germes aérobies à 30°C - ISO4433 | UFC/g | 360 | 290 | 310 | 400 | 390 | 50000 | 500000 |
| Enterobacteriaceae-ISO 21528-2 | UFC/g | 20 | 10 | 25 | 25 | 15 | 10 | 100 |
| Coliformes totaux - ISO4832 | UFC/g | 10 | 0 | 15 | 15 | 0 | 100 | |
| Escherichia coli -ISO 16649-2 | UFC/g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Salmonella- ISO6579 | UFC/25g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

CONCLUSION :
 L'échantillon analysé est de qualité microbiologique **SATISFAISANTE**, selon les paramètres soumis à l'analyse et selon les valeurs des critères indiqués.

NR: Ce bulletin d'analyse ne concerne que les objets soumis à l'analyse, le laboratoire n'est aucun cas responsable des conditions de stockage et de transport.
 Siège social: Zone des dépôts lots n°08 Tizi Ouzou, Algérie
 Mobile: 0560 204 500 / Courriel: laboratoire.ovogidky@gmail.com

Figure 42 : Bulletin d'analyse microbiologique de jaune d'œufs

Les annexes

L'annexe 10

BIOQUALITAL
LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE ALIMENTAIRE, COSMETIQUE
DES DETERGENTS ET DE L'EAU
Autorisé par décision du ministère du commerce N° 19/2010
Route de ben chaoua cité de l'université lot n°26 KHRAICIA-ALGER
TEL:020-24-22-91

Résultat d'Analyse Microbiologique

| | |
|---|------------------------------------|
| Client : SARL TASSALA FOOD | |
| Adresse: Rue 39 Alaarbi Ben Mehidi Alger centre / ALGER | |
| N° d'inscription au laboratoire : 10390/18 | |
| Analyse effectuée le : 30/12/2018 | |
| Produit: EAU DE PROCESS | |
| Echantillon: 01 unité | |
| Prélevé le : 30/12/2018 | Reçu au laboratoire le: 30/12/2018 |

| Paramètres recherchés | Unité N°01 | Référence |
|-------------------------------|------------|-----------|
| Gérmes aerobies 37°C | 59 | ISO4833 |
| Gérmes aerobies 22°C | 93 | ISO4833 |
| Coliformes totaux | Absence | ISO4832 |
| Coliformes fécaux | Absence | ISO4832 |
| Streptocoques fécaux | Absence | NA765 |
| Anaerobies S-R/ML | Absence | ISO6461 |
| Anaerobies S-R/20ML | Absence | ISO6461 |
| Pseudomonas aeruginosa /100ml | Absence | ISO16266 |

Conclusion : L'eau est de bonne qualité microbiologique selon le J.O N°39/17

Alger le 02/01/2019

Figure 43 : résultat d'analyse microbiologique de l'eau de process

Les annexes

L'annexe 11

Tableau XVIII: la fiche de dégustation

| N° :10 | Non apprécié | Peu apprécié | Moyennement apprécié | Bien apprécié |
|----------------|--------------|--------------|----------------------|---------------|
| La consistance | | | | |
| Couleur | | | | |
| L'acidité | | | | |
| Gout | | | | |

L'annexe 12 :

Les différentes recettes de la mayonnaise :

1. Mayonnaise classique :(Qookster, 2018)

1-1- Ingrédients :

- 2 jaunes d'œufs.
- 2 cuillères de moutarde de Dijon.
- 2 cuillères de jus de citron ou de vinaigre de vin rouge ou de Xérès.
- 3-4 dl d'huile végétale neutre (tournesol, arachide, colza...).
- Sel et poivre.

1-2- Préparation :

- Mélange les jaunes d'œuf avec la moutarde, un peu de sel et poivre, mélange bien.
- Ajoute un tout petit peu d'huile pour commencer l'émulsion puis verse progressivement l'huile et le vinaigre (ou le citron) en fouettant
- continuellement jusqu'à ce que la mayonnaise soit montée (**Qookster, 2018**).



Figure 44 : mayonnaise classique (**Qookster, 2018**)

Les annexes

2- Mayonnaise aux herbes 01 :(Qookster, 2018)

2-1- Les ingrédients de la recette classique et on ajoute :

- 1/2 bouquet de persil frisé.
- 1/2 bouquet de cerfeuil.
- Quelques branches d'estragon.

2-2- Préparation :

- Mélange les jaunes d'œuf avec la moutarde, un peu de sel et poivre, mélange bien.
- Ajoute un tout petit peu d'huile pour commencer l'émulsion puis verse progressivement l'huile et le vinaigre (ou le citron) en fouettant continuellement jusqu'à ce que la mayonnaise soit montée.
- Hache très finement toutes les herbes et incorpore- les à la mayonnaise (**Qookster, 2018**).



Figure 45 : Mayonnaise aux herbes (**Qookster, 2018**).

3- Mayonnaise à la moutarde :

3-1- Ingrédients :

- 1 œuf entier (vous pouvez remplacer par du jaune d'œuf).
- 150 g d'huile de tournesol.
- 2 pincées de poivre.
- Quelques pincées de sel.
- 2 cuillères à soupe de jus de citron (ou de vinaigre blanc).
- 1 cuillère à soupe de moutarde de Dijon.

Préparation :

- Mettez tous vos ingrédients dans un bocal de préférence donnez quelques coups de mixeur plongeant et votre rémoulade est prête à être dégustée. ([http://la-casbah-des-délices .over-blog. com/](http://la-casbah-des-délices.over-blog.com/)).



Figure 46 : mayonnaise à la moutarde ([http://la-casbah-des delices .over-blog. Com/](http://la-casbah-des-delices-over-blog.Com/)).

4- Mayonnaise aux herbes 02 :

Ingrédients :

- 1 jaune d'œuf
- 1,5 à 2 dl d'huile d'arachide
- Le jus d'un beau citron
- 1/2 cuillerée à café de moutarde de Dijon
- Sel, poivre
- Quelques brins de cerfeuil, les feuilles de 3 brins d'estragon

Préparation :

- Montez une mayonnaise bien ferme en tournant le jaune d'œuf dans un bol avec la moutarde, le sel, le poivre, et en y versant peu à peu l'huile en tournant le mélange au fouet.
- Puis versez-y peu à peu le jus du citron et incorporez à la mayonnaise les herbes lavées et finement hachées. Mettez la sauce dans une saucière que vous garderez au frais jusqu'au moment de servir (<https://www.papillesetpupilles.fr/2015/03/mayonnaise-maison.html/>).



Figure 47 : mayonnaise aux herbes
(<https://www.papillesetpupilles.fr/2015/03/mayonnaise-maison.html/>).

5- Mayonnaise aux herbes fraîches :

Ingrédients :

- 1 cuillère à café de moutarde
- 1 Jaune d'œuf
- 25 Cl d'huile de tournesol
- 1 cuillère à soupe d'herbes hachées (persil, coriandre, ciboulette, basilic. . . Etc.), poivre, sel,

Préparation :

- Préparez vos ingrédients 30 mn à l'avance qu'ils soient tous à la même température.
- Mettre la moutarde et le jaune d'œuf dans un bol puis le sel et le poivre.
- Mélanger et incorporez l'huile petit à petit en battant énergiquement jusqu'à obtention d'un mélange bien ferme. (www.lesfoodies.com)



Figure 48 : mayonnaise aux herbes fraîches. (www.lesfoodies.com)

6- Mayonnaise aux épices :

6-1- Les ingrédients : les mêmes ingrédients de la mayonnaise classique mais cette fois on ajout :

- 1 cuillère de poudre de curry.
- 1/4 cuillère de gingembre moulu.
- 1/4 cuillère de curcuma en poudre.
- 1 pointe à couteau de piment fort en poudre.

6-2- Préparation :

Les annexes

La mayonnaise classique on ajoute les épices et mélange bien. Plus la mayonnaise aura infusée, plus elle aura une belle couleur, compte au minimum **1 heure** de repos au frais (Qookster, 2018).



Figure 49 : La mayonnaise aux épices (Qookster, 2018).

7- Mayonnaise aux anchois :

7-1- Les ingrédients :

Les mêmes ingrédients de la recette classique et on ajout :

- 2 cuillères de pâte d'anchois.
- 1 à 2 gousses d'ail.
- 1/2 cuillère D'origan séché.
- 1/4 cuillère de poivre noir moulu.

7-2- Préparation :

Presse l'ail et ajoute-le à la mayonnaise avec la pâte d'anchois, l'origan et le poivre.



Figure 50 : La mayonnaise aux anchois (Qookster, 2018).

Les annexes
