



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



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR – KHENCHELA-
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT : BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

FILIERE : Biologie

OPTION: Microbiologie Appliquée

Thème

**Evaluation De La Qualité Physico-
chimique Et Microbiologique Des
Épices**

Réalisé par

FELLAH Sara

SEBAA Rola

Soutenu le : 07 juillet 2019

Jury de soutenance

Présidente :	M^{me} MERZEKANI Zhira	MAA	Université Abbès Laghrour khenchela
Promotrice :	M^{me} NAILI Oumaima	MCB	Université Abbès Laghrour khenchela
Examinatrice :	M^{me} YAKHLEF Wahiba	MCB	Université Abbès Laghrour khenchela

Année Universitaire 2018 / 2019

Remerciements

Je remercie avant tout Allah tout puissant de m'avoir guidé et m'aidé durant toutes mes années d'étude et de m'avoir donné la volonté, le courage et la patience pour atteindre cette étape.

*Nous remercions profondément notre encadreur madame **NAILI Oumaima** Maître de conférence à l'Université Abbès Laghrour –Khenchela- qui n'a jamais cessé de nous conseiller, orienté et nous encourager, Merci pour votre disponibilité votre patience et votre coopération remarquable.*

*Nous remercions profondément également à madame **MERZEKANI Zhira** Maître-assistante à l'Université Abbès Laghrour - Khenchela - d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Nos sincères remerciements vont droit éventuellement à madame **YAKHLEF Wahiba** Maître-assistante à l'Université Abbès Laghrour – Khenchela-, d'avoir accepter de juger et d'enrichir notre travail.*

Nous tenons à remercier également le directeur de l'institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle Echahid Amrani Elhadi –Khenchela-

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, pour leurs efforts tout au long des années d'études passés à l'université.

Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma maman

Qui m'a soutenu et encouragé ces années d'étude

A mon père

*Qui a toujours été à mes cotés pour me soutenir et
m'encourager*

A mon frère et ma sœur

A mon binôme Sarah

*En témoignage de l'amitié qui nous uni et des
souvenirs de tous les moments que nous avons
passés ensemble, je te souhaite une vie pleine de
santé et de bonheur.*

Rola



Dédicace

*Nous tenons tout d'abord à remercier **le Dieu** tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté afin de pouvoir réaliser ce modeste travail :*

*A mon très **cher père**, qui était sans doute le meilleur vivant que j'ai connu, hélas !*

Il est parti très tôt, mais malgré son absence il demeure toujours présent dans mon cœur, que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, **ma très chère mère**, la personne la plus courageuse que je n'ai jamais connue, la source de tendresse, grâce à elle j'ai pu m'épanouir et m'ouvrir à la vie,. Je ne peux que prier afin que le Bon Dieu te maintienne très longtemps parmi nous et en bonne santé.*

*A mes chers frères : **Walid, Nassim, Bilal** ainsi que leurs épouses.*

*A mes adorables sœurs : **Fairouz, Houda, Soumia**.*

*Aux petits anges de la famille : **Iyed, Haroun, Serine, Amir, Maria, Alaa**.*

*A mes Sœurs de toujours : **Soumia, Iness, Awatef, Houda, Ibtissem, Nourhane**.*

*A mon binôme et ma sœur : **Rola**, en souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, bonheur, santé et de prospérité.*

Sara



Liste des abréviations

%	: Pourcent.
µm	: Micromètre.
ADN	: Acide désoxyribonucléique.
ARN	: Acide ribonucléique.
AW	: Activity of water.
B.	: <i>Bacillus</i> .
BPA	: Bonnes pratiques de fabrication.
BPF	: Bonnes pratiques agricoles.
C°	: Degré Celsius.
Ca	: Calcium.
Can	: Cannelle.
CECMA	: Comité sur l'élaboration des critères microbiologiques dans les aliments.
CO₂	: Dioxyde de carbone.
Cuc	: Curcuma.
ESA	: Association européenne des épices .
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
Fe	: Fer.
g	: Gramme.
h	: Heur.
H₂O₂	: L'eau oxygénée.
H₂O	: L'eau.
HACCP	: Hazard Analysis Critical Control Point.
ISO	: International Organization for Standardization.
Mg	: Magnésium.
mg	: Milligramme.
Min	: Minute.
ml	: Millilitre.
pH	: Potentielle d'hydrogène.
PV	: Poivre noir.
S.	: <i>Staphylococcus</i> .
T°	: Température.
UFC	: Unités Formant colonie.
VRBL	: Violet Red Bile Lactose.

Liste des Figures

Figure 01 :	Cannelle.....	04
Figure 02 :	Raifort.....	04
Figure 03 :	Safran.....	04
Figure 04 :	Laurier.....	05
Figure 05 :	poivre noir.....	05
Figure 06 :	Gingembre.....	05
Figure 07 :	Coriandre.....	05
Figure 08 :	Poudre de <i>Curcuma longa</i>	11
Figure 09 :	Rhizome de <i>Curcuma longa</i>	11
Figure 10 :	Poivre noir.....	15
Figure 11 :	Aspect des baies vertes de poivre noir.....	16
Figure 12 :	Cannelle.....	20
Figure 13 :	Echantillonnage et prélèvement.....	32
Figure 14 :	Préparation des échantillons d'épices.....	33
Figure 15 :	Détermination la Teneur en humidité.....	36
Figure 16 :	Détermination des cendres totales.....	38
Figure 17 :	Préparation de la Suspension mère.....	39
Figure 18 :	Préparation des dilutions décimales.....	40
Figure 19 :	Dénombrement la flore totale aérobie mésophile.....	42
Figure 20 :	La recherche d' <i>Escherichia coli</i>	44
Figure 21 :	Coloration de Gram.....	45
Figure 22 :	Test Catalase.....	46
Figure 23 :	Production d'indole (Test de présomption).....	47
Figure 24 :	Test de Mackenzie (Test de confirmation).....	47
Figure 25 :	Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	49
Figure 26 :	Recherche des staphylocoques à coagulase positif.....	51
Figure 27 :	Recherche de <i>Salmonella</i>	53
Figure 28 :	Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs.....	55
Figure 29 :	Histogramme présentant les valeurs de pH des trois échantillons.....	56
Figure 30 :	Histogramme présentant la teneur en humidité des échantillons.....	56
Figure 31 :	Histogramme représentant les teneurs en cendres totales des échantillons	57

Liste des Tableaux

Tableau I :	La classification botanique des épices.....	06
Tableau II :	L'utilisation des épices.....	07
Tableau III :	Classification botanique de curcuma.....	12
Tableau IV :	La composition chimique de 100g de la poudre de curcuma.....	12
Tableau V :	Classification botanique de poivre noir.....	16
Tableau VI :	Composition nutritionnelle de poivre noir.....	17
Tableau VII :	Classification botanique de cannelle.....	20
Tableau VIII :	Composition nutritionnelle de cannelle pour 100 g.....	21
Tableau IX :	prélèvements des trois épices.....	33
Tableau X :	Résultats des analyses microbiologiques de la flore totale aérobie mésophile.....	58
Tableau XI :	Résultats des analyses microbiologiques d' <i>Escherichia coli</i> ...	59
Tableau XII :	Résultats des analyses microbiologiques de levure et moisissures.....	63
Tableau XIII:	Résultats des analyses microbiologiques des staphylocoques à coagulase positif.....	64
Tableau XIV :	Résultats des analyses microbiologiques des <i>Salmonella</i>	65
Tableau XV :	Résultats négatifs de l'enrichissement et l'isolement des <i>salmonelles</i>	66
Tableau XVI :	Résultats des analyses microbiologiques des Anaérobies sulfito- réducteurs.....	67

Liste des photographies

Photographie 01 :	L'aspect macroscopique des colonies des FTAM.....	59
Photographie 02 :	Aspect macroscopique des colonies <i>d'Escherichia Coli</i> après incubation.....	60
Photographie 03 :	Observation microscopique <i>d'Escherichia coli</i> de Gr x 100.....	61
Photographie 04 :	Résultat positif de test catalase.....	61
Photographie 05 :	Test positif de Schubert après l'incubation (curcuma).	62
Photographie 06 :	Test de confirmation de la présence d' <i>E. coli</i> par la production d'indole	62
Photographie 07 :	L'aspect microscopique des colonies des levures et moisissures....	63
Photographie 08 :	Résultat d'enrichissement des staphylocoques à coagulase positif	64
Photographie 09 :	Résultat d'isolement des staphylocoques à coagulase positif.....	65
Photographie 10 :	Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs.....	67

Liste des annexes

Annexe 01 : Matériel et réactifs utilisés.

Annexe 02 : Appareillages utilisés.

Annexe 03 : Composition des milieux de culture utilisés.

Annexe 04 : Composition des Solution et réactifs utilisés.

Annexe 05 : Protocoles des analyses Microbiologiques.

Annexe 06 : Paramètres physico-chimiques, calculés sur la matière sèche pour les cendres, le teneur en humidité.

Annexe 07 : l'arrêté interministériel du : 04 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires « journal officiel de la république algérienne N°39 du « 2 juillet 2017 » .

Résumés

Résumé

Nous avons effectué une évaluation de la qualité de trois épices emballées (curcuma, poivre noir et cannelle). Parmi les domaines étudiés, il existe les paramètres physicochimiques en termes de cendres, d'humidité, de pH, et les paramètres microbiologique en termes de Flore totale aérobies mésophile, *E. coli*, des anaérobies sulfite-réducteurs, de levures et moisissures, Staphylocoques à coagulase positif et *Salmonella*.

Les paramètres physico-chimiques étudiés, le pH (**5.1** pour le curcuma, **6.48** pour le poivre noir et **4.8** pour la cannelle), les niveaux de cendres (**8,65 %**, **5.78** et **6.76 %** respectivement pour le curcuma, cannelle et poivre noir) des échantillons et les teneurs en humidité (**11.54 %** pour le curcuma à **13.32%** de cannelle et **10.65%** pour le poivre noir) sont inférieurs que les limites fixées par l'ESA ; aussi que les résultats de numération des FTAM (**13.10^2 UFC/g** pour le curcuma, **16.10^3 UFC/g** pour le poivre noir **27.10^2 UFC/g** pour la cannelle), des levures et moisissure (**72.10^2 UFC/g** pour le curcuma, **76.10^2 UFC/g** pour le poivre noir **23.10^1 UFC/g** pour la cannelle) et *E.coli* (**5.10^1 UFC/g** pour le curcuma **3.10^1 UFC/g** pour le poivre noire et absence dans la cannelle) sont inférieurs aux normes indiquées par le journal officiel en plus de l'absence Staphylocoques à coagulase positif, des *salmonelles*, et des anaérobies sulfite réducteurs.

Les résultats obtenus montrent que la qualité des épices étudiées est satisfaisante par rapport aux critères retenus en Algérie.

Mots clés : Epices, qualité, Analyses physico chimiques, Analyses microbiologiques, curcuma, poivre noir, cannelle.

Abstract

We conducted a quality assessment of three packaged spices (turmeric, black pepper and cinnamon). Among the areas studied, there were significant physico-chemical parameters in terms of ash, moisture, pH, and microbiologically in terms of FTAM, *E. coli*, sulphite-reducing anaerobes, yeasts and molds, Staphylococcus à coagulase positif and *Salmonella*.

In the physicochemical parameters studied, pH (**5.1** for turmeric, **6.48** for black pepper and **4.8** for cinnamon). Ash levels (**8.65 %**, **5.78** and **6.76 %** respectively for turmeric, cinnamon and black pepper) samples and moisture content (**11.54 %** for turmeric at **13.32 %** cinnamon and **10.65 %** for black pepper) are lower than the limits set by ESA; as well as the results of counting of FTAM (**13.10^2 CFU /g** for turmeric, **16.10^3 CFU/g** for black pepper **27.10^2 CFU /g** for cinnamon), yeasts and mold (**72.10^2 CFU /g** for turmeric, **76.10^2 CFU / g** for black pepper **23.10^1 CFU / g** for cinnamon) and *E.coli* (**5.10^1 CFU / g** for turmeric **3.10^1 CFU / g** for black pepper and absence in cinnamon) are below the standards indicated in the Official Journal in addition the absence of *salmonella*, Staphylococcus à coagulase positif and sulphito-reducing anaerobes.

The results obtained show that the quality of the spices studied is satisfactory compared to the criteria used in Algeria.

Key words : Spices, microbiological analysis, turmeric, quality, physicochemical analysis, black pepper, cinnamon.

المخلص

يقدم هذا البحث نتائج تقييم جودة ثلاث بهارات مغلقة (الكرم واللفل الأسود والقرفة) استنادا على المعايير الجزائرية و الدولية، حيث شملت الدراسة المعايير الفيزيائية والكيميائية من حيث محتوى الرماد الكلي والرطوبة ودرجة الحموضة؛ وكذلك التحاليل الميكروبيولوجية التي شملت الهوائيات المتوسطة، الاشريكية القولونية، الخمائر والعفن، المكورة العنقودية، السالمونيلا واللاهوائيات المختزلة للكبريت. نتائج التحليل الفيزيائية والكيميائية التي تمت دراستها كانت كالتالي: درجة الحموضة (5.1 للكرم، 6.48 لللفل الأسود و4.8 للقرفة)، مستويات الرماد (8.65 % ، 5.78 و 6.76 % على التوالي لعينات الكرم والقرفة واللفل الأسود) ومحتوى الرطوبة (11.54 % للكرم عند 13.32 % قرفة و 10.65 % لللفل الأسود، حيث لم تتعدى الحدود التي وضعتها المنظمات الجزائرية و الأوروبية للبهارات؛ وكذلك نتائج عدد الهوائيات المتوسطة (CFU/g) 13.10² للكرم ، 16.10³ CFU / g لللفل الأسود 27.10² CFU / g للقرفة)، الخمائر والعفن (CFU / g) 72.10² للكرم ، 76.10² CFU / g لللفل الأسود 23.10¹ CFU / g للقرفة و الاشريكية القولونية (CFU / g) 5.10¹ للكرم 3.10¹ CFU / g لللفل الأسود وغياب القرفة) كانت أقل من المعايير المذكورة في الجريدة الرسمية بالإضافة إلى غياب السالمونيلا ، المكورة العنقودية واللاهوائية للحد من الكبريتات. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن جودة التوابل التي تمت دراستها مقبولة و في المستوى مقارنة بالمعايير المستخدمة في الجزائر.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية للتوابل وجودتها من الناحية الميكروبيولوجية.

الكلمات المفتاحية: التوابل، التحليل الميكروبيولوجي ،الكرم،الجودة، التحليلات الفيزيائية والكيميائية، الفلفل الأسود، القرفة.

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
Liste des photographies.....	IV
Liste des annexes	V
Résumés	
Introduction	01

Revue bibliographique

I. Généralités sur les épices.....	03
I.1. Historique des épices.....	03
I.2. Définition des épices	04
I.3. Classification botanique des épices	06
I.4. Utilisation des épices	07
I.5. Constituants actifs des épices	08
I.6. Activités biologiques des épices	09
I.6.1. Activités antimicrobienne des épices	09
I.6.2. Activité antioxydante des épices	10
I.6.3. Activité anti-inflammatoire des épices	10
I.7. Présentation des épices étudiées	11
I.7.1. Curcuma (<i>Curcuma longa</i>)	11
I.7.1.1. Définition	11
I.7.1.2. Classification botanique de curcuma	12
I.7.1.3. Composition nutritionnelle de curcuma	13
I.7.1.4. Rôle fonctionnel des Curcuma	13
I.7.1.5. Processus de fabrication de curcuma	14
I.7.2. Poivre noir (<i>Piper nigrum</i>)	15
I.7.2.1. Définition	15
I.7.2.2. Classification botanique de poivre noir	16
I.7.2.3. Composition nutritionnelle de poivre noir	17
I.7.2.4. Utilisation du poivre noir	17

I.7.2.5. Processus de fabrication de poivre noir	18
I.7.3. Cannelle (<i>Cinnamomum verum</i>)	20
I.7.3.1. Définition	20
I.7.3. 2. Classification botanique de cannelle	20
I.7.3. 3. Composition nutritionnelle de cannelle.....	21
I.7.3. 4. Utilisation de cannelle.....	21
I.7.3. 5. Processus de fabrication de cannelle	22
II. Qualité des épices	23
II.1. Définition de la qualité	23
II.2. Composantes de la qualité	23
II.3. Qualité physicochimique	24
II.4. Qualité microbiologique	24
II.5. Planification HACCP pour la production d'herbes et d'épices	24
II.6. Pratiques recommandées sur la base des bonnes pratiques agricoles (BPA) et des bonnes pratiques de fabrication (BPF)	25
II.7. Différents types de dangers alimentaires	29
II.7.1. Dangers physiques	29
II.7.2. Danger chimique	30
II.7.3. Dangers microbiologiques	30
II.8. Catégories de microflores	30
II.9. Contamination des épices	31

Matériel et méthodes

I. Lieu et Objectif de travail	32
II. Echantillonnage	32
II.1. Echantillonnage et prélèvement	32
II.2. Préparation des échantillons d'épices	33
III. Analyse physicochimique	34
III.1. Détermination du pH	34
III.2. Détermination de la Teneur en humidité	35
III.3. Détermination des cendres totales	37
IV. Analyses microbiologiques	39
IV.1. Préparation de la Suspension mère	39

IV.2. Préparation des dilutions décimales.....	40
IV.3. Dénombrement la flore totale aérobie mésophile	41
IV.4. Recherche et Dénombrement des <i>Escherichia coli</i>	43
IV.4.1. Identification des souches isolées	44
IV.4.1.1. Identification macroscopique	44
IV.4.1.2. Identification microscopique	45
IV.4.1.3. Identification biochimique	46
IV.4.1.3.1. Teste catalase	46
IV.4.1.3.2. Test de présomption (Production d'indole)	46
IV.4.1.3.3. Test de Mackenzie	47
IV.5. Recherche et dénombrement des levures et les moisissures.....	48
IV.6. Recherche des staphylocoques à coagulase positif.....	50
IV.7. Recherche des <i>Salmonella</i>	52
IV.8. Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs.....	54

Résultats et discussion

I. Résultats des analyses physico-chimiques	56
I.1. pH	56
I.2. Teneur en humidité	56
I.3. Teneur en cendres totales	57
II. Résultats des analyses microbiologiques	58
II.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	58
II.1.1. Dénombrement des colonies	58
II.1.2. Aspect macroscopique des colonies des FTAM	59
II.2. Recherche d' <i>Escherichia coli</i>	59
II.2.1. Dénombrement des colonies	59
II.2.2. Aspect macroscopique des colonies bactériennes d' <i>Escherichia coli</i>	60
II.2.3. Aspect microscopique des colonies bactériennes d' <i>Escherichia coli</i>	61
II.2.4. Identification Biochimique	61
II.2.4.1. Test catalase	61
II.2.4.2. Production d'indole (Sur milieu Schubert)	61
II.2.4.3. Test de Mackenzie	62
II.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	62

II.3.1. Dénombrement des colonies.....	62
II.3.2. Aspect macroscopique des colonies.....	63
II.4. Recherche des staphylocoques à coagulase positive.....	64
II.5. Recherche des <i>Salmonella</i>	65
II.6. Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs.....	67
III. Discussion générale.....	68
Conclusion.....	70
Références bibliographiques.....	71
Annexes	

Introduction

Introduction

Définir les épices constitue un véritable problème. En effet, les dictionnaires ne distinguent pas celles-ci des plantes aromatiques et des condiments : tous servent à accommoder la nourriture quotidienne et à varier les mets. La botanique ne répond pas non plus de façon satisfaisante à la question « qu'est-ce qu'une épice ? », car les épices ne représentent pas une espèce définie de plantes mais appartiennent à diverses familles (**Audibert, 1997**).

Les épices sont très demandées car elles peuvent ajouter, lorsqu'on les utilise en portions appropriées, un goût unique aux aliments (**Teng *et al.*, 2019**), et sont considérées par la nature comme des produits prêts à consommer et la plupart des gens ne les considèrent pas comme un danger pour la sécurité des aliments et les utilisent généralement sans cuisson ultérieure (**Tesfaye *et al.*, 2018**).

Les épices sont ajoutées aux aliments, non seulement comme agents aromatisants, mais aussi comme médicaments traditionnels et agents de conservation des aliments. En plus de conférer des arômes caractéristiques, certaines épices prolongent la durée de conservation des aliments en empêchant leur rancissement par leur activité antioxydante ou par leur activité bactériostatique ou bactéricide (**Shan *et al.*, 2007**).

Depuis la récolte jusqu'au son arrivé aux silos de stockage, plusieurs paramètres doivent être pris en compte tels que les moyens de transport, les conditions de stockage, le lieu de stockage, le nettoyage des grains, les traitements effectués et enfin la durée de stockage. En général, la précaution doit être toujours maintenue et la démarche assurance qualité doit être suspectée lors de toutes les étapes de la production des épices depuis la récolte jusqu'au produit fini et surtout au niveau du stockage, la phase la plus sensible et la plus longue favorisant la contamination (**Gacem *et al.*, 2011**).

Les contrôles analytiques physico-chimiques dans les enquêtes de routine sur la production d'épices, le commerce des épices et le traitement des épices revêtent la plus grande importance lorsqu'il s'agit de prouver la qualité des épices ou de détecter les adultérants (**Auriche, 2009**).

L'examen de routine des microbes des épices est utile pour surveiller les taux élevés de contamination pénétrant dans les produits. Les conditions non hygiéniques et inappropriées dans la production, la transformation, la distribution et le stockage des épices augmentent le risque de contamination microbienne. Le risque de croissance d'agents pathogènes est

également élevé lorsque des épices sont ajoutées à des aliments non soumis à un traitement thermique. L'utilisation de ces épices contaminées par des agents pathogènes peut entraîner une hospitalisation et même la mort (**Tesfaye *et al.*, 2018**).

Les informations sur la qualité microbiologique et la sécurité des différentes épices est peu disponible sur les sites d'étude. L'objectif de la présente étude est de déterminer ses caractères physico-chimiques (pH, humidité et cendres totales), détecter la présence d'*Escherichia coli*, de *Salmonella*, De Staphylocoques à coagulase positif, des anaérobies sulfito-réducteurs, de numérations de la Flore totale aérobie mésophile (FTAM) et de moisissures et levures dans diverses épices.

Le présent mémoire est devisé en deux parties :

- Une synthèse bibliographique sur les épices en générale et leur qualité physico-chimiques et microbiologiques.
- Une étude expérimentale présentant le cadre de l'étude, le matériel et méthodes, les résultats et la discussion.

Enfin nous tirons une conclusion.

Revue
Bibliographique

I. Généralité sur les épices

I.1. Historique des épices

Les épices sont aussi vieilles que le monde et leur histoire initialement liée à celle de l'homme. Plusieurs milliers d'années avant notre ère, l'homme les utilisait déjà, pour parfumer sa nourriture et réalisait autour de ces produits précieux un commerce lucratif.

Le commerce des épices reposait sur un système complexe de voiliers et de caravanes. Les navires ont été entraînés par les vents de mousson, qui soufflaient du sud en hiver et du nord en fin d'été. Ces vents saisonniers fixaient le calendrier des échanges et établissaient un modèle solide pour l'échange d'épices (**Czzara, 2009**). Les documents les plus anciens concernant le commerce des épices proviennent d'Égypte (**Hartvig, 2016**).

Certains épices ont été trouvés à l'état de fossiles dans des grottes pré historiques. Les nomades de tous les pays les connaissaient et les appréciaient pour leur faible encombrement et leur conservation facile. L'Égypte ancienne avait découvert leurs pouvoirs de conservation des aliments et des corps, et les Egyptiens y avaient largement recours dans le processus momification (**Géraldin et al., 2003**).

Les Sabéens et les phéniciens puis les perses, grâce à leurs immenses caravanes d'ânes et de chameaux, assuraient le transit des épices entre les commerçants de Chine, d'Indonésie ou d'Inde, et les pays méditerranéens, Égypte, Grèce et Empire romains, où les épices relevaient les plats, soignaient les maux, parfumaient les demeures et s'offraient aux dieux (**Géraldin et al., 2003**).

Les premières routes des épices ont été ouvertes, sur terre et sur mer, par les romains vers l'Inde et l'Asie centrale, pour se dispenser d'avoir recours à des intermédiaires. L'extension de l'Empire a ensuite favorisé la généralisation de la connaissance et de l'utilisation des épices dans le monde (**Géraldin et al., 2003**).

Avec la chute de Rome, leur commerce devient l'apanage de Byzance et du monde arabe. Mais l'Occident du moyen âge raffole des épices. Venise et Gênes deviennent les plaques tournantes des échanges entre l'Occident et le monde arabe (**Géraldin et al., 2003**).

Plus tard, les grandes découvertes des marins portugais et espagnols vont changer la face du monde des épices. Vasco de Gama ouvre une nouvelle route vers les Indes en contournant l'Afrique par le cap de Bonne Espérance, et rapporte en héros des cargaisons de poivre, de cannelle, de clous de girofle et de gingembre (**Géraldin et al., 2003**).

Puis Christophe Colomb explorera les Amériques d'où il rapportera le piment de Jamaïque et la vanille. Au milieu du 18^{ème} siècle, les hollandais détrônent la suprématie portugaise (Guilloton, 2005).

Au 19^{ème} siècle, les anglais s'emparent de l'Inde et finissent par dominer toute la route des épices. Pendant ce temps, les épices ont survécu et prospéré dans leurs habitats d'origine et sont devenues des produits hautement appréciés à l'étranger. Ils sont maintenant établis et cultivés dans de nombreuses autres régions du monde avec des climats et des conditions de croissance appropriés. Aujourd'hui, les nations du monde occidental sont devenues les plus gros consommateurs d'épices du monde (Hartvig, 2016).

I.2. Définition des épices

Le terme épices s'applique aux produits naturels d'origine végétale pouvant être vendus entiers, en morceaux ou en poudre. La plupart des épices n'ont aucune valeur nutritive, mais elles possèdent des propriétés organoleptiques qui stimulent la sécrétion gastrique et augmentent le tonus et la motilité des organes digestifs (Moreira *et al.*, 2008).

Elles dérivent à partir :

- Des écorces, exemple : cannelle ...



Figure 01 : cannelle (Barbier, 2014).

- Des racines, exemple : raifort...



Figure 02 : Raifort (Gretillat, 2012).

- Des fleurs, exemple : safran, girofle...



Figure 03 : Safran (Chahine, 2014).

- **Des feuilles**, exemple : laurier...



Figure 04 : Laurier (Boulouiz, 2016).

- **Des fruits**, exemple : cornichon, poivre...



Figure 05 : poivre noir (Jacqueline, 2007).

- **Des bulbes**, exemple : oignon, gingembre...



Figure 06: Gingembre (Gigon, 2012).

- **Des graines**, exemple : fenouil, coriandre...



Figure 07 : coriandre (Boutchiche, 2017).

Elles sont obtenues par séchage de la plante et/ou transformation (blanchiment, fermentation, stabilisation) (Chirane *et al.*, 2009).

Les épices contiennent beaucoup de vitamines et de minéraux, on les utilise pour leurs qualités gustatives mais aussi pour leurs vertus médicinales : antibactériennes, antioxydants, antiseptiques, analgésiques, énergisantes, anti-inflammatoires, antiémétiques et antispasmodiques (Muhammad *et al.*, 2012).

Les épices peuvent être utilisées seules ou sous forme d'un mélange d'épices. Parmi ces mélanges on mentionne, le curry, et Ras el Hanout « toit de la boutique » qui est un mélange d'épices à base de (cumin, paprika, menthe, curcuma, coriandre, fenouil, fenugrec, romarin et origan, Certains ajoutent les pétales de rose concassée) (**Bahroun, 1997**).

Elles sont utilisées en petite quantité en cuisine comme conservateurs, assaisonnements ou colorants (**Figueredo, 2013**).

I.3. Classification botanique des épices

La classification botanique moderne des épices est indiquée dans le tableau 01 :

Tableau I : La classification taxonomique des épices (**Peter, 2012**).

Embranchement	Classe	Sous classe	Ordre	Famille	Les épices	
<i>Angiospermae</i>	<i>Dicotyledones</i>	<i>Sympetalae</i>		Solanaceae	Piment, paprika, poivre rouge.	
				Pedaliaceae	Sésame...	
			Campalunatae	Compositae	Camomille, chicorée, estragon.	
			<i>Archichlamydaeae</i>	Piperales	Piperaceae	Cubèbe, poivre long, poivre...
		Ranales		Myristicaceae	Macis, noix de muscade...	
				Lauraceae	Feuilles de laurier, Cannelle...	
				Magnoliaceae		
		Rhoeadales		Cruciferae	Moutarde...	
		Myrtiflorae		Myrtaceae	piment, girofle...	
		Umbelliflorae		Umbelliferae	Anis, cumin, céleri, coriandre.	
		Lilliflorae		Liliaceae	Ail, oignon...	
				<i>Monocotyledoneae</i>		Iridaceae
				Scitamineae	Zingiberaceae	Gingembre, curcuma...

I.4. Utilisation des épices

Les épices ont une grande importance dans notre mode de vie, en tant qu'ingrédients d'aliments, de boissons alcoolisées, de médicaments, de parfumerie, de cosmétiques, de colorants.

Les effets de base des épices utilisés dans la cuisine et la confiserie peuvent être les suivants : aromatisation, désodorisation / masquage, piquant et colorant (**tableau II**).

En raison de leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, les épices ont une double fonction: en plus de conférer saveur et goût, elles jouent un rôle majeur dans la conservation des aliments en retardant leur altération (**Antonio et al., 2017**).

Tableau II : L'utilisation des épices (**Antonio et al., 2017**).

Fonction de base	Fonction principale	Sous-fonction
Arôme	Cannelle, piment, aneth, estragon, cumin, marjolaine, anis étoilé, anis, macis, noix de muscade, fenouil, sésame, vanille, fenugrec, céleri cardamome.	Ail, oignon, laurier, girofle, romarin, cumin, sauge, raifort, poivre japonais, safran.
Désodorisation / Masquage	Ail, sarriette, feuilles de laurier, girofle, poireau, romarin, cumin, sauge, origan, oignon, coriandre.	
Goût piquant	Ail, girofle, poireau, romarin, cumin, sauge, origan, oignon, coriandre, poivre, moutarde, gingembre, raifort, poivron rouge.	Poivre, piment, estragon, cumin, anis étoilé, macis, fenouil, vanille, sésame, cardamome, poivre, moutarde, cannelle, raifort, japonais, noix de muscade, gingembre.
Colorant	Paprika, Curcuma, Safran.	

I.5. Constituants actifs des épices

Les épices sont riches en huiles volatiles qui donnent des arômes agréables. En outre, les herbes peuvent contenir des alcaloïdes et des glycosides, qui présentent un plus grand intérêt pour les pharmacologues. Certains des principaux constituants actifs des épices sont les suivants (**Peter, 2006**) :

- **Acides** : ils sont acides, souvent antiseptiques et nettoyants.
- **Alcaloïdes** : ils sont amers, souvent à base de composés azotés alcalins.
- **Anthraquinones** : elles sont amères, irritantes et laxatives et agissent également en tant que colorants.
- **Amers** : Divers composés, principalement des iridoïdes et des sesquiterpènes de goût amer qui augmentent et améliorent la digestion.
- **Coumarines** : ce sont des antibactériens, des anticoagulants.
- **Les flavones** : elles sont amères ou sucrées, souvent diurétiques, antiseptiques, antispasmodiques et anti-inflammatoires.
- **Glycosides** : les principaux types de glycosides :
 - cardiaque: affecte les contractions cardiaques.
 - huile de moutarde: âcre, extrêmement irritante.
 - soufre: acide, stimulant, antibiotique.
- **Gencives et mucilages**: ils sont fades, collants ou gluants, apaisants et adoucissants.
- **Résines** : souvent trouvées sous forme d'oléorésines ou de résines oléogène elles sont acides, astringentes, antiseptiques, cicatrisantes.
- **Saponines**: Ce sont des hormones sucrantes et stimulantes, souvent anti-inflammatoires ou diurétiques, savonneuses dans l'eau.
- **Tanins**: astringents, souvent antiseptiques, ils vérifient les saignements et les écoulements.
- **Huiles volatiles**: Ce sont des huiles aromatiques, antiseptiques, fongicides, irritantes et stimulantes.

I.6. Activités biologiques des épices

Les épices ont été ajoutées aux aliments depuis l'Antiquité, non seulement comme agents aromatisants, mais aussi comme médicaments et aliments traditionnels des conservateurs. Dans En plus de conférer des arômes caractéristiques, certaines épices prolongent la durée de conservation des aliments en empêchant la rancidité par leur activité antioxydant ou par le biais bactériostatique ou activité bactéricide (**Bin et al., 2007**).

I.6.1. Activité antimicrobienne des épices

Le premier rapport des propriétés antimicrobiennes des épices est apparu en 1880, dans lequel les activités de la moutarde, clou de girofle et de la cannelle et leurs huiles ont été décrites (**Prasad et Seenayya, 2000**).

L'activité antibactérienne des hydrosols de seize épices, sur quinze espèces bactériennes. Les hydrosols du cumin ont été actifs, seulement sur *Bacillus brevis*, *Entérobacter aerogenes* et *Escherichia coli O157 :H7*. L'utilisation certains hydrosols d'épices en tant qu'agents antimicrobiens peuvent être exploitables pour prévenir la détérioration des aliments stockés par des bactéries (**Sagdic et Ozcan, 2003**).

Le pouvoir antifongique des composés majeures des plantes aromatiques et des épices à été mis en évidence par de nombreux auteurs, contre 8 moisissures allergisantes (**Ouraini et al., 2005**), et contre les dermatophytes et les champignons pathogènes et opportunistes tels que *Candida albicans* (levure), *Cyptococcus neoformans* et *Aspergillus fumigtus* (**Teixeira, 2005**).

Ils sont impliquer de multiples modes d'actions tels que l'inhibition des enzymes microbiennes extracellulaires, la séquestration de substrat nécessaire à la croissance microbienne, l'inhibition du métabolisme microbien (**Milane, 2004**), dégradation de la paroi cellulaire, perturbation de la membrane cytoplasmique, ce qui cause une fuite des composants cellulaires, l'influence de la synthèse de l'ADN et l'ARN (**Zhang et al., 2009**), des protéines, des lipides, et de la fonction mitochondriale (**Balentine et al., 2006**), ainsi que la formation des complexes avec la paroi cellulaire (**Gangou, 2007**).

Le mode d'action des agents antimicrobiens dépend également du type de micro-organismes et de l'arrangement de la membrane externe (**Bin et al., 2007**).

I.6.2. Activité antioxydante des épices

Les antioxydantes ont été largement utilisés comme additifs alimentaires pour fournir une protection contre la dégradation oxydative des aliments. De nombreuses composés responsable du pouvoir antioxydant ont été identifié ce sont surtout des phénols et polyphénols (**Gulçin, 2005**).

C'excellentes capacités à inhiber les réactions oxydatives ont été mises en évidences pour les huiles essentielles ou extraits de clou de girofle gingembre et curcuma (**Cuvelier et al., 1996**).

Les épices en générale, sont très riches en métabolites antioxydants, une vaste revue scientifique a classé la cannelle moulue au quatrième rang parmi les 50 aliments renfermant le plus d'antioxydants par portion de 100 g, ainsi les huiles essentielles du romarin et du cumin ont montré des activités antioxydantes (**Halvorsen et al., 2006**).

I.6.3. Activité anti-inflammatoire des épices

En médecine traditionnelle africaine, les épices comestibles sont considérés comme efficaces pour soulager la douleur, un nombre croissant de recherches a démontré que les herbes et les épices couramment utilisées, telles que le clou de girofle, le gingembre, romarin, curcuma et ail possèdent des propriétés anti-inflammatoires, dans certains cas peuvent être thérapeutique (**Dzoyem et al., 2017**).

La recherche médicale moderne a montré le pouvoir anti inflammatoire de certains épices tels que le curcuma, le gingembre, le poivron, le piment. L'activité anti-inflammatoire de la curcumine est mise en évidence aussi bien sur l'inflammation aiguë et chronique (**Souto, 2015**).

Le gingembre possède également des propriétés anti-inflammatoires très utiles. Il est particulièrement recommandé pour réduire le ventre, qui se voit souvent affecté par des inflammations ou par une mauvaise digestion et aussi pour soulager les douleurs reliées à l'arthrite et aux autres rhumatismes inflammatoires (**Souto, 2015**).

Écorce de cannelle est l'un des plus anciens médicaments à base de plantes pour traitement de l'inflammation et de la douleur. Dans la médecine traditionnelle chinoise, par exemple, la cannelle est utilisée comme analgésique et antipyrétique contre le rhume, la fièvre, les maux de tête ... (**Dhanushka et al., 2015**).

Les épices ce sont les extraits qui possèdent des activités antiseptiques vis-à-vis des microorganismes pathogènes. Parmi les extraits les plus étudiés sont : cannelle, thym (Ferhout *et al.*, 1999) clou de girofle piment l'oignon et l'ail (Conner et Beuchat, 1984).

Plusieurs composés sont souvent cités comme responsables des propriétés antiseptiques des huiles essentielles : le thymol, le carvacrol, le cinnamaldéhyde, l'eugénol, le 1,8-cinéol, le camphre et les thujones (Chaouch, 2012).

I.7. Présentation des épices étudiées

I.7.1. Curcuma (*Curcuma longa*)

I.7.1.1. Définition

Le curcuma (*Curcuma longa*) est une épice originaire du sud-est de l'Asie, c'est une plante herbacée, vivace pouvant atteindre un mètre de hauteur. La couleur jaune caractéristique de la poudre de rhizome est donnée par les curcuminoïdes (Araujo et Leon, 2010).

Le rhizome donne naissance à une tige portant à la base des gaines foliaires et de très grandes feuilles, les rhizomes secondaires pouvant atteindre 15 mm d'épaisseur.

Ces rhizomes qui représentent la partie consommée, à odeur spécifique, aromatique et épicée et à saveur Chaude, âpre mais aromatique (Duvoix *et al.*, 2005).

Les composants actifs du curcuma sont la curcumine flavonoïde et diverses huiles volatiles, y compris la sumérone, atlantone et zingiberone (Mohammed *et al.*, 2018).



Figure 08: Poudre de *Curcuma longa*
(Jourdan, 2015)



Figure 09 : Rhizome de *Curcuma longa*
(Christelle, 2010)

I.7.1.2. Classification botanique de curcuma**Tableau III** : Classification botanique de curcuma (Kuntal , 2016).

Groupe	Nom
Embranchement	Plantae
Sous embranchement	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Sous classe	Zingiberidae
Famille	Zingibéracées
Ordre	Zingiberales
Genre	Curcuma
Espèce	<i>Curcuma longa</i>

I.7.1.3. Composition nutritionnelle

Pour 100 g de partie comestible, la poudre de curcuma contient approximativement :

Tableau IV : La composition nutritionnelle de 100 g de la poudre de curcuma (Christelle H., 2010).

Valeur nutritionnelle	Composition
Eau	11.4 g
Energie	354 kcal
Protéines	7.8 g
Lipides	9.9 g
Glucides	64.9 g
Fibres alimentaires	21.1 g
Minéraux { Ca Mg Fe	183 mg 193 mg 41,4 mg
Vitamine A	Traces

I.7.1.4. Rôle fonctionnel des Curcuma

I.7.1.4.1. Utilisation médicinale

Le curcuma est utilisé en médecine traditionnelle pour traiter ; Divers maux chez les animaux et les humains. L'application topique de la pâte de curcuma est recommandée contre le vertige, les infections cutanées, les piqûres (d'insectes, serpents), efficace dans le traitement de l'acné et combat les boutons et les éruptions et les pieds diabétiques .L'administration orale de curcuma est efficace contre l'inflammation, l'indigestion, la diarrhée, les troubles de la vésicule biliaire et l'hépatite et l'anorexie (**Sasikumar, 2005**).

Dans les pratiques vétérinaires traditionnelles, le curcuma est également important dans le traitement de la gale des bovins et des chiens, des infections cutanées des animaux domestiques (**Peter, 2012**).

L'hexane et le méthanol extraits de *C. longa* ont démontré un effet antibactérien contre 13 bactéries, à savoir *Vibrio harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae*, *S. aureus*, *S. intermedius*, *S. epidermidis* et *Edwardsiella tarda* (**Sasikumar, 2012**).

Les curcuminoïdes ont déclenché des activités inhibitrices contre 8 bactéries de *Streptococcus agalactiae*, *S. intermedius*, *S. epidermidis*, *S. aureus*, *A. hydrophila*, *B. subtilis*, *B. cereus* (**Sasikumar, 2012**).

I.7.1.4.2. Utilisations dans l'industrie alimentaire

Le curcuma en poudre est utilisé dans la pâte de moutarde et le curry en tant que couleur. Dans les pays asiatiques, le curcuma entier, sec ou frais, ou le curcuma en poudre avec d'autres épices sont utilisés pour préparer des plats de légumes et de viande et des plats semblables à des soupes (**Govindarajan, 1980**).

Sa fonction est principalement pour colorer le produit et remplace simplement les couleurs synthétiques telles que la tartrazine (**Govindarajan, 1980**).

Certains plats sont préparés avec de curcuma afin de relever le goût, parfumer et conférer une couleur particulière à ces mets.

I.7.1.4.3. Utilisation cosmétique

Curcuma a été utilisé comme un produit de beauté depuis des siècles. Il est un moyen peu coûteux et naturel de traiter plusieurs problèmes de peau, et de cheveux, il est aussi bien

utilisé dans les recettes pour l'utiliser dans le commerce sous forme de crèmes, masques, savons, huiles et shampooings.

La curcumine joue un rôle dans la prévention de la sécheresse de la peau, le traitement de l'acné et de l'eczéma et le retentissement de processus de vieillissement de la peau (Estelle, 2013).

I.7.1.4.5. Processus de fabrication de curcuma

I.7.1.4.5.1. Récolte

La récolte a lieu une fois que les parties aériennes sont fanées et les feuilles jaunissaient. Le cultivateur coupe d'abord les sommités feuillées, remue prudemment la terre puis soulève soigneusement les rhizomes avec une pelle. Ensuite, il enlève les racines et la terre y attachées, et sépare les rhizomes primaires des rhizomes secondaires. En évitant la contamination durant la récolte, le transport ou la transformation (Jansen *et al.*, 2005).

I.7.1.4.5.2. Traitement après récolte

a. Cuisson

Cette opération consiste à faire bouillir les rhizomes dans de l'eau pendant 45 min à 1 h jusqu'à qu'ils deviennent mous ce qui favorise la détérioration des contaminants. Durant ce processus, la matière colorante se diffuse uniformément dans le rhizome. La durée de cuisson influence largement la couleur et l'arôme du produit final. Les comités spécialisés indiquent la détérioration de la couleur comme un signe de sur cuisson, et que les rhizomes deviennent cassants et fragiles quand ils ne sont pas suffisamment cuits (Bruneton, 1999).

b. Séchage

Le séchage au soleil peut prendre 10 à 15 jours, et les rhizomes doivent être répartis dans des couches de 5-7 cm d'épaisseur pour minimiser l'exposition directe aux rayons solaires qui entraînent une décoloration de la surface, pour leur conservation et protection contre la contamination par les moisissures (Grugeau, 1995).

c. Nettoyage

Le produit doit répondre aux exigences minimales de propreté imposées par le pays importateur, sinon il peut être rejeté. Pour cela, le curcuma est nettoyé pour éliminer toute matière étrangère (pierres, insectes morts, bouts de fil, tiges de plantes...), puis désinfecté par irradiation ou par l'oxyde d'éthylène (Rahmani et Zenasni, 2013).

d. Concassage et broyage

Un processus simple qui consiste à couper les rhizomes sur deux ou plus, ou les réduire directement en poudre. Le broyage cryogénique est un nouveau processus proposé pour faire face aux problèmes d'oxydation et aux pertes en principes actifs au cours du broyage. A la fin, un tamisage est toujours nécessaire pour garantir l'homogénéité de la poudre obtenue (Tidjini et Taibi, 2014).

e. Emballage et stockage

Le produit est emballé dans des nouveaux doubles sacs de jute et stocké dans des palettes en bois ou en carton.

Les conteneurs sont mis dans un endroit frais, sec et à l'abri de la lumière pour éviter l'absorption de l'humidité et la dégradation des constituants actifs (Tidjini et Taibi, 2014).

I.7.2. Poivre noir (*Piper nigrum*)

I.7.2.1. Définition

Les poivres sont les baies de *Piper nigrum* L. de la famille des *Piperaceae* ayant atteint un degré approprié de développement et / ou de maturité pour le produit visé.

- Poivre noir : obtenu à partir de baies séchées ayant un péricarpe non brisé.
- Poivre blanc : obtenu à partir de baies séchées après avoir enlevé le péricarpe.
- Poivre vert : obtenu à partir de baies vertes par élimination de l'humidité.

Le poivre noir ou roi des épices, Il est communément appelé menthe poivrée, poivre noir, kaali-mirch et or noir (Butt et al., 2013).

Le poivre noir est fabriqué à partir de drupes vertes et immatures, le brunissement enzymatique contribue à la couleur noire de la peau en surface (Zhu et al., 2017).

Leur origine est le sud de l'Inde, il est réputé pour leur arôme caractéristique, leur piquant, leur couleur et leur goût piquant (Ghodki et Goswami, 2019).



Figure 10: Poivre noir (Jacqueline, 2007).

Le poivre noir est produit alpiniste pérenne, à tige ligneuse. Il a des feuilles ovées vert foncé qui sont assez épaisses. Les fleurs sont minute. Les fruits poussent sur une tige centrale pour former un bouquet allongé, appelé épi. Chaque fruit sera vert foncé et sphérique. Lors du séchage du fruit, communément appelé baie, mais botaniquement une drupe, du poivre noir se forme. Après maturation, les baies virent au jaune puis au rouge. La figure montre une vigne au poivre (Mathew, 2017).



Figure 11 : Aspect des baies vertes de poivre noir (Ahmad *et al.*, 2012).

I.7.2.2. Classification botanique de poivre noir

Tableau V : Classification botanique de poivre noir (Pham, 2007).

Groupe	Nom
Embranchement	Plantae
Sous embranchement	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Magnoliidae
Famille	Piperales
Ordre	Piperaceae
Genre	<i>Piper L</i>
Espèce	<i>Piper nigrum L.</i>

I.7.2.3. Composition nutritionnelle de poivre noir

Tableau VI : Composition nutritionnelle de poivre noir (Pham, 2007).

Composition	Exigence de l'ASTA
Matières minérales	4% à 6%
Amidon	40% à 50%
Lipides	5% à 10%
{ Acide palmitique	{ 16% à 30%
{ Acide oléique	{ 18% à 29%
{ Acide linoléique	{ 25% à 35%
{ Acide linoléique	{ 8% à 19%
Protides	10% à 12%
Résine	5% à 10%
Huile essentielle	1% à 3%

I.7.2.4. Utilisation du poivre noir

I.7.2.4.1. Utilisation médicinale

Le poivre noir est utilisé pour le traitement et le soulagement de la douleur, du rhumatisme, de la grippe, des douleurs musculaires, des frissons et des fièvres (Gorgani *et al.*, 2016).

Sous forme de thé a été reconnu pour soulager l'arthrite, les nausées, la fièvre, les migraines, une mauvaise digestion, l'angine streptococcique et même le coma (Parthasarathy *et al.*, 2008).

Des études récentes ont montré que certains composants du poivre noir avaient des activités chimio-préventives et antioxydantes. De plus, les activités immunomodulatrices, anti-carcinogènes, stimulantes, anti-hépatiques, anti-inflammatoires (Darshan et Doreswamy, 2004), antimicrobiennes (Swathy *et al.*, 2018).

Il est connu par sa capacité à inhiber la croissance de divers microbes tels que *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* et *Fusarium oxysporum*. (Sharandeep *et al.*, 2017).

I.7.2.4.2. Utilisations dans l'industrie alimentaire

Le poivre noir à de diverses utilisations dans l'industrie alimentaire, comme agent aromatisant et conservateur (**Meghwal et Goswami, 2012**).

I.7.2.4.3. Utilisation cosmétique

De plus, les applications dans le secteur non alimentaire incluent les utilisations dans les domaines cosmétique, pharmaceutique et insecticide.

Le poivre noir en grain était utilisé pour la protection des vêtements en fourrure, les grains de poivre étant placés au contact des poils, le vêtement protégé par une housse étanche en papier fort (**Ghodki et al., 2019**).

I.7.2.5. Processus de fabrication de poivre noir

L'amélioration de la qualité sanitaire du poivre passe par la mise en place d'un programme de vulgarisation des bonnes pratiques durant la culture, les traitements post-récolte, aussi que structurer et gérer les opérations de transport et stockage (**Armand, 2016**).

I.7.2.5.1. Récolte

Les techniques de récolte pourront être considérées comme le facteur le plus important dans la production d'une haute qualité du produit final. Pour avoir un poivre de bonne qualité, sans corps étrangers, sans moisissure, et sans contamination bactérienne, il est conseillé de suivre les pratiques suivantes :

- Éviter de récolter les baies piquées (coléoptères) et pourries.
- Récolter des baies orange ou jaunes et rouges mûres pour la production des poivres noirs (**Armand, 2016**).

I.7.2.5.2. Nettoyage

Un produit propre est essentiel. La première étape consiste à enlever la poussière, la saleté et les pierres en utilisant un van. Après le vannage, la récolte a besoin d'être lavée à l'eau. Cependant, l'eau doit être changée régulièrement pour éviter toute contamination. Seule l'eau potable devrait être utilisée. Les baies de poivre peuvent être blanchies avant d'être séchées, en les trempant dans l'eau bouillante pendant dix minutes. Cela accélère le séchage et le brunissement des fruits (**Armand, 2016**).

I.7.2.5.3. Séchage

C'est de loin l'étape la plus importante. L'incapacité de sécher correctement le produit pourra ralentir l'ensemble du processus, peut conduire au développement des moisissures. Tout poivre contenant des traces de moisissure ne peut plus être utilisé pour le traitement. Une évaluation financière complète doit donc être réalisée pour veiller à ce qu'un revenu plus élevé à partir de poivre de meilleure qualité puisse justifier la dépense supplémentaire (Armand, 2016).

I.7.2.5.4. Broyage

Le broyage peut également ajouter de la valeur, mais il doit se faire avec prudence. La qualité d'un produit entier et intact peut être facilement évaluée, alors que c'est plus difficile pour un produit broyé. Il y a une résistance du marché à un produit broyé en raison de la crainte de falsification. Cette crainte ne peut être surmontée que par la production d'un produit de haute qualité afin de gagner la confiance des clients. Un moulin de broyage doit être placé dans une partie distincte et bien aérée, à cause de la poussière (Armand, 2016).

I.7.2.5.5. Emballage et étiquetage

L'emballage du poivre, surtout s'il est broyé, nécessite un polypropylène. Le polyéthylène ne peut pas être utilisé car les composants de saveur se diffusent à travers lui. Les sacs peuvent être scellés par simple pliage du polypropylène.

Les produits doivent être étiquetés conformément à la Norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (Armand, 2016).

I.7.2.5.6. Stockage

Un dépôt bien conçu et sécurisé est indispensable. Les conditions optimales pour un entrepôt sont une température basse, un faible taux d'humidité et une absence de parasites. L'entrepôt doit être situé dans un endroit ombragé et sec. Pour conserver l'humidité la plus faible possible, seuls des produits totalement secs devraient y être stockés.

Ces derniers doivent être vérifiés régulièrement. S'ils absorbent trop d'humidité, ils doivent être séchés à nouveau. Pour empêcher les rongeurs d'entrer, le toit devrait être entièrement scellé. Une moustiquaire doit être placée sur les fenêtres et les portes doivent être bien ajustées (Armand, 2016).

I.7.3. Cannelle (*Cinnamomum verum*)

I.7.3.1. Définition

La cannelle (*Cinnamomum verum*) Son nom vient de l'écorce du cannelier, et elle appartient à la famille des lauracées et au genre *Cinnamomum*, les graines idéales de haute qualité sont petites, plates, uniformes et de couleur jaunâtre (Alexandruet, 2018). Ses feuilles sont simples et en hélice, les fleurs sont blanchâtres, régulières à six pétales et se présentent en grappes très ramifiées, les fruites se présentent en forme des baies.

L'écorce intérieure du cannelier, rugueuse et épaisse, est verdâtre puis devient grisâtre à l'extérieur et brun rougeâtre à l'intérieur (Fabienne, 2004), et représente la partie consommée comme épice, se présente sous forme de petits tubes. Leur parfum est plus fort, piquant et moins sucré (Vangalapati, 2012).



Figure 12: Cannelle (Barbier, 2014).

I.7.3. 2. Classification botanique de cannelle

Tableau VII : Classification botanique de cannelle (Barbier, 2014).

Groupe	Nom
Embranchement	Spermatophytes ou Phanérogames = plantes à graines
Sous embranchement	Angiospermes = plantes à fleurs
Classe	Dicotyledonae
Sous classe	Magnoliidae
Famille	Lauraceae
Ordre	Magnoliales
Genre	<i>Cinnamomum</i>
Espèce	<i>C. zeylanicum</i> Nees ou <i>C. verum</i>

I.7.3. 3. Composition nutritionnelle de cannelle

La composition nutritionnelle de cannelle est indiquée dans le (tableau VIII).

Tableau VIII : Composition nutritionnelle de cannelle pour 100 g (Charles, 2013).

Valeur nutritionnelle	Composition
Eau	10.4 g
Energie	266kcal
Protéines	3.96 g
Lipides	1.88 g
Glucides	36.6 g
Fibres alimentaires	43.5 g
Minéraux { Ca Mg Fe	1080 mg 60 mg 12.2 mg
Vitamine A	Traces

I.7.3. 4. Utilisation de cannelle

I.7.3. 4.1. Utilisation médicinale

De nombreux essais ont porté sur les effets bénéfiques de la cannelle sur la maladie d'Alzheimer, le diabète, l'arthrite et l'artériosclérose, mais des recherches supplémentaires sont nécessaires pour fournir des preuves cliniques supplémentaires de cette épice contre le cancer et les troubles inflammatoires, cardio protecteurs et neurologiques.

Des études sur la prévention des infections à levures et même sur la réduction de la prolifération des cancers de la leucémie et des lymphomes ont impliqué la cannelle (Czarra, 2009).

L'huile essentielle de cannelle est utilisée contre les agents pathogènes et comme stimulant du système immunitaire et du corps tout entier (Germann et Germann , 2014).

I.7.3. 4.2. Utilisation Nutritionnel

L'oléorésine de cannelle, obtenue par extraction de l'écorce au moyen d'un solvant, sert principalement à aromatiser produits alimentaires tels que gâteaux et confiseries, boissons gazeuses et autres boissons.

Utilisée dans la pâtisserie, la confiserie et dans l'aromatisation de boissons plus ou moins alcoolisées (punch, vin chaud, etc.). Dans les cuisines orientales, la cannelle s'emploie également dans la préparation des viandes (**Gabrie *et al.*, 2016**).

I.7.3. 5. Processus de fabrication de cannelle

I.7.3. 5.1. Culture

La germination s'effectue à partir des grains qui durent de 2 à 3 semaines, mais le marcottage est toujours en cour. On donne une forme de buisson à l'arbre pour que la récolte soit plus pratique (**Mathias *et al.*, 2007**).

I.7.3. 5.2. Procédé

Le tronc est entaillé à plusieurs endroits, un peu au-dessus du sol. Des bourgeons adventifs se forment à l'emplacement des blessures et donnent naissance à des rejets qui, deux ans plus tard, atteignent une hauteur de 2 m environ. Lorsqu'ils seront coupés, de nouveaux bourgeons se formeront à leur base et ainsi de suite (**Mathias *et al.*, 2007**).

I.7.3. 5.3. Récolte

Elle a lieu tous les deux ans, à la saison des pluies. Les tiges sont alors gorgées de sève et se décortiquent plus facilement. L'épice provient des jeunes tiges. Elle est jusqu'au bois et mise à sécher pendant 24 h, puis elle est débarrassée de la couche externe de suber (**Mathias *et al.*, 2007**).

Récolte et préparation de la cannelle Après un raclage du tronc, la partie interne de l'écorce du cannelier est prélevée avec un couteau spécial en bronze ou en inox pour éviter le noircissement du tanin par le fer.

L'écorçage se fait en bandes qui s'enroulent naturellement sur elles-mêmes. Pour la commercialisation, les rouleaux séchés sont emboîtés les uns dans les autres pour former de petite cylindre de 1 cm de diamètre (**Jirovetz *et al.*, 2000**).

II. Qualité des épices

II.1. Définition de la qualité

La « qualité » des aliments est liée aux besoins ou attentes des consommateurs. La norme **ISO 9000 : 2005** l'a défini comme : "l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences".

Il existe trois approches du concept de « qualité » :

- Historiquement, la qualité est interprétée comme l'absence de défaut, de fraude et de falsification.
- Plus récemment, la qualité repose sur des propriétés attendues par les consommateurs (par exemple des caractéristiques organoleptiques, sensorielles, nutritionnelles et valeur d'usage).

La qualité désigne des caractéristiques recherchées susceptibles de donner droit à une plus-value, comme les modes de production (agriculture biologique...), les zones de production (territoire d'origine...) et les traditions dont elles sont porteuses (**Gloanec et al., 2010**).

II.2. Composantes de la qualité

Les produits doivent répondre à des exigences assurant la qualité commerciale. Pour être commercialisé, le produit alimentaire doit être conforme aux différents critères de la qualité :

- **Nutritionnel** : composition qualitative et quantitative en macronutriments (glucides, lipides, protides) et micronutriments (vitamines, oligoéléments), disponibilité de ces nutriments dans l'organisme.
- **Hygiénique** : absence de composés toxiques ou de microorganismes susceptibles de nuire à la santé du consommateur.
- **Organoleptique** : apparence (forme, couleur), flaveur (arome, saveur), texture (consistance, résistance).

Pour ces trois critères, il convient de prendre en compte la stabilité du produit, imposant des conditions de stockage pour une bonne conservation.

- **Financier** : le coût s'oppose souvent aux autres critères, il s'agit donc d'optimiser le rapport coût – qualité.
- **Technologique** : ce critère prend en compte de nouveaux procédés qui doivent être bien maîtrisés pour permettre d'assurer la qualité (**Bennofer et al., 2002**).

II.3. Qualité physicochimique

Le produit doit être exempt d'objets durs ou pointus de plus de 7 mm de long et de 2 mm de large. Le produit, générique ou autre, doit satisfaire aux exigences physiques spécifiées et chimiques des normes (**Gloanec, 2010**).

II.4. Qualité microbiologique

La qualité microbiologique est « Un ensemble d'éléments qualitatifs et quantitatifs définissant les caractéristiques microbiologiques essentielles attendues d'un produit donné qu'il est possible d'atteindre par des interventions appropriées ».

Selon le règlement (CE) n° 2073/2005, deux types de critères microbiologiques sont d'application : critères de sécurité alimentaire et critères d'hygiène du procédé (**Gloanec, 2010**).

II.4.1. Critères de sécurité alimentaire (CSA)

(CSA) définissent l'acceptabilité d'un aliment sur le plan sanitaire et ils s'appliquent principalement aux produits mis sur le marché. Le non-respect d'un critère de sécurité alimentaire entraîne le retrait, le rappel, le retraitement ou le réemploi. Les critères de sécurité alimentaire sont applicables à la fois aux denrées alimentaires mises sur le marché communautaire et aux denrées alimentaires importées dans la Communauté (**Gloanec, 2010**).

II.4.2. Critères d'hygiène du procédé (CHP)

(CHP) sont des indicateurs de l'acceptabilité du fonctionnement hygiénique du processus de production ou de distribution. Le non-respect d'un critère microbiologique d'hygiène du procédé entraîne des actions correctives destinées à maintenir l'hygiène du procédé (révision des bonnes pratiques d'hygiène et du système HACCP et/ou une meilleure sélection des matières premières) (**Gloanec, 2010**).

Le non-respect ne permet pas de conclure que l'aliment est impropre à la consommation humaine. Dans ce document, les limites maximales (M) fixées pour les paramètres d'altération sont établies aux fins de durée de conservation des produits à l'étalage (**Gloanec, 2010**).

II.5. Planification HACCP pour la production d'herbes et d'épices

Un système d'analyse des dangers et de maîtrise des points critiques (HACCP) est un système de salubrité des aliments fondé sur la prévention visant à prévenir, à réduire à des

niveaux acceptables ou à éliminer les dangers biologiques, chimiques ou physiques associés à la production d'aliments.

L'une des forces du HACCP est son approche proactive dans la prévention de la contamination alimentaire plutôt que de tenter d'identifier et de contrôler la contamination après coup. Les fabricants d'épices peuvent maîtriser les dangers grâce à un système fondé sur les principes d'analyse des dangers et de maîtrise des points critiques (HACCP). Ils peuvent :

- Recenser les dangers qui peuvent être liés aux épices et aux autres matières reçues de l'extérieur, à la transformation, etc ...
- Déterminer les étapes de leurs procédés considérées comme étant critiques pour le contrôle de la salubrité des épices.
- Appliquer des procédures efficaces pour maîtriser les dangers à chacune de ces étapes, en établissant des limites critiques.
- Surveiller ces procédures de manière à garantir le maintien de leur efficacité.
- Avoir des procédures en place pour corriger les déviations par rapport aux limites critiques qui pourraient survenir.
- Vérifier les procédures employées pour maîtriser les dangers, d'une façon régulière et chaque fois que des changements sont apportés aux procédés (ACIA, 2014).

II.6. Pratiques recommandées sur la base des bonnes pratiques agricoles (BPA) et des bonnes pratiques de fabrication (BPF)

II.6.1. Hygiène de l'environnement

Il faut prendre en considération l'emplacement du champ de production et évaluer le risque de la contamination par des agents microbiologiques et de déterminer les autres dangers liés à l'environnement.

Lorsque l'évaluation environnementale met en évidence un risque lié à la salubrité alimentaire, des mesures devraient être mises en œuvre pour prévenir ou minimiser la contamination des plantes destinées à l'extraction d'épices sur les lieux de production (FAO, 2014).

II.6.2. Production hygiénique de sources alimentaires

Les plantes productrices d'épices doivent être cultivées, récoltées et débarrassées de matières étrangères en conformité avec les bonnes pratiques agricoles (FAO, 2014).

II.6.3. Exigences liées aux intrants agricoles

II.6.3.1. Eau

Les producteurs devraient évaluer la qualité microbienne et chimique de l'eau, s'assurer qu'elle convient à l'utilisation prévue et prendre les mesures nécessaires dans le but de prévenir ou réduire la contamination (FAO, 2014).

II.6.3.2. Sol

Le sol devrait être évalué pour savoir s'il présente des dangers. Si l'examen laisse croire que de tels dangers sont susceptibles de compromettre la salubrité des récoltes, des mesures de maîtrise comme, par exemple, le remplacement de la couche arable ou la désinfection à la chaleur solaire, devront être appliquées pour ramener le danger à un niveau acceptable (FAO, 2014).

II.6.3.3. Produits chimiques agricoles

Les producteurs ne devraient utiliser que les produits chimiques agricoles autorisés pour la culture du fruit ou du légume visé (FAO, 2017).

II.6.4. État de santé du personnel, hygiène corporelle et installations sanitaires

Les éléments suivants doivent être pris en considération :

- La mise en œuvre des procédures écrites qui doivent couvrir la formation des travailleurs, les installations et les fournitures sanitaires requises par les travailleurs.
- Les travailleurs devraient recevoir une formation sur la bonne manière de se laver et de se sécher les mains pour maintenir une bonne hygiène.
- Les personnes autres que les travailleurs requis ne doivent pas être autorisées à pénétrer dans la zone de récolte, car leur présence peut accroître les risques de contamination (FAO, 2014).

II.6.5. Conditions agricoles de pré-récolte

Les épices et les herbes sont susceptibles d'être contaminées par des champignons toxigènes dans les champs. Il est recommandé de :

- Réduire le stress des plantes et les maintenir en bonne santé au moyen de l'irrigation, de la fertilisation, de la taille et de la lutte contre les maladies et les animaux nuisibles.

- Pratiquer la rotation ou séquence des cultures appropriée pour régénérer la fertilité du sol et réduire la charge en inoculum des champignons mycotoxinogènes pertinents, pour minimiser le transfert des moisissures d'une année sur l'autre.
- Lutter contre les mauvaises herbes aux abords de la culture à l'aide de méthodes mécaniques ou en utilisant des herbicides homologués ou autres pratiques (FAO, 2014).

II.6.6. Conditions agricoles d'après récolte

II.6.6.1. Récolte

Pendant la récolte, il conviendrait de déterminer la teneur en humidité dans chaque lot de denrée récoltée car elle affecte la durée du séchage.

Autant que possible, éviter de récolter quand la teneur en humidité est élevée car le temps de séchage est plus long, par conséquent la formation de mycotoxines peut avoir lieu.

Recouvrir le sol par une feuille de plastique propre pour éviter que les denrées soient contaminées par la terre ou mélangées à des fruits moisissus qui sont tombés avant la récolte (FAO, 2014).

II.6.6.2. Transport

Les contenants et les moyens de transport qui sont utilisés pour la collecte et le transport de la denrée récoltée entre le champ et les installations de séchage et d'entreposage devraient être propres, secs et exempts de résidus de culture, d'anciennes plantes, de poussière végétale, d'insectes et de croissance fongique (FAO, 2014).

II.6.6.3. Entreposage (produit frais)

Un entreposage approprié est nécessaire pour prévenir l'activité biologique par le biais d'un séchage adéquat permettant d'atteindre 10% d'humidité. Les installations d'entreposage devraient comporter des structures sèches et bien ventilées qui assurent la protection contre la pluie, le drainage des eaux souterraines, la protection contre les ravageurs et les oiseaux, et des fluctuations de température minimales.

Les installations d'entreposage devraient être nettoyées et désinfectées à l'aide de substances appropriées (qui n'entraînent pas de mauvaises odeurs) (FAO, 2014).

II.6.7. Conditions de transformation industrielle

II.6.7.1. Tri

Il est nécessaire de séparer les matières brutes à leur réception, pour éviter toute contamination croisée pendant les étapes du nettoyage, du lavage et de la transformation (FAO, 2014).

II.6.7.2. Transformation

La croissance des moisissures avant, pendant et après le séchage peut entraîner la production de mycotoxines. La manutention inappropriée des matériaux bruts peut favoriser la croissance de plusieurs moisissures détériorantes et toxigènes avant le séchage. Le séchage approprié des épices pour obtenir une activité de l'eau inférieure à 0,60 est adéquate pour prévenir la production des mycotoxines (FAO, 2014).

L'aire de séchage devrait être surélevée pour prévenir l'entrée des animaux nuisibles et une inondation possible.

Les épices fraîches devraient être transformées aussi rapidement que possible. Éviter l'entreposage des épices car toute période d'entreposage (en sac ou en tas) augmente l'éventualité de croissance des moisissures. Dans la mesure du possible, commencer le séchage le jour de la récolte (FAO, 2014).

Les processus de stérilisation sont efficaces pour réduire la charge en moisissures dans les épices. Ces processus réducteurs de moisissures devraient être envisagés une fois que l'épice est sèche (transformation finale). Il y a au moins un procédé réducteur de mycotoxines autorisé pour les épices (radiation gamma) dans certains pays/régions. Il s'est avéré efficace pour éliminer les moisissures dans le piment, la coriandre, le cumin, le curcuma et le poivre (FAO, 2014).

II.6.7.3. Emballage

Le but premier de l'emballage est de préserver la saveur et de maintenir le produit en bon état jusqu'à ce qu'il parvienne au consommateur. Un grand nombre de facteurs doivent être pris en compte en détail lors du choix d'un matériau d'emballage approprié pour les aliments offrant une saveur. Ces facteurs comprennent :

- **Sensibilité à la lumière** : Les épices contenant des caroténoïdes ou de la chlorophylle sont très susceptibles de se dégrader à la lumière.

- **Sensibilité à l'humidité et à l'oxydation** : L'augmentation de la teneur en humidité des épices peut également entraîner des problèmes de dommages causés par les insectes et éventuellement de facteurs de risque microbiens potentiels si l'activité de l'eau dans le produit obtenu atteint des niveaux élevés. Il est important d'éviter le stockage à haute température. Utilisez des emballages à faible perméabilité à l'oxygène et des gaz affleurant dans des conditions d'atmosphère contrôlée ou modifiée.
- **Broyage** : Dès que la taille des épices séchées ou fraîches est réduite, la surface exposée aux conditions atmosphériques augmente. Ce faisant, il peut augmenter les réactions d'oxydation, augmenter l'humidité et réduire la perte de goût. Pour limiter ces réactions, il est important de contrôler la température, le contact avec l'oxygène, l'humidité ambiante et de réduire le contact avec la lumière (**Peter, 2006**).

II.6.7.4. Étiquetage et distribution/information aux consommateurs

Des instructions d'entreposage spécifiques comprenant, l'entreposage dans un endroit frais, sec, bien ventilé éloigné de sources de chaleur et d'endroits de forte humidité, éviter l'entreposage dans un réfrigérateur pour prévenir la condensation, etc.

Des conseils de bonne utilisation pour les consommateurs pour minimiser les risques de contamination par les mycotoxines, y compris éviter le contact avec des cuillères en bois mouillés, fermer les conteneurs hermétiquement immédiatement après usage (**FAO, 2014**).

II.7. Différents types de dangers alimentaires

Les dangers alimentaires sont de trois ordres : chimique, physiques et microbiologiques.

II.7.1. Dangers physiques

Les dangers physiques caractérisés par la présence de corps étrangers, sont principalement liés pour les matières premières aux pratiques agricoles (pierres, morceaux de bois, bris de verre) ou d'élevage (aiguille d'injection hypodermique, ...).

Comme pour les résidus toxiques, les matières premières constituent la principale source (estimée aussi à environ 80% conformément à la valeur admise par l'usage) de corps étrangers retrouvés dans les produits finis. Le procédé de fabrication constitue là encore, comme pour les résidus toxiques, la seconde source de contamination par des corps étrangers (bris de lames, boulons, pierres de voûte de four, ...).

Ces corps étrangers sont des agents inertes, introduits passivement dans les aliments au moment de la récolte ou sont générés par la dégradation de l'environnement ou du matériel de production. Leur niveau de présence reste constant après qu'ils aient été collectés avec les aliments au moment de la récolte ou qu'ils y aient été introduits au cours des opérations de transformation (**Bonne et al., 2013**).

II.7.2. Danger chimique

Ex : Oxydation (rancissement) Par les enzymes (brunissement enzymatique, lyses, destruction des vitamines et de certains nutriments) (**Becila , 2009**).

II.7.3. Dangers microbiologiques

Au cours de la période 1973-2010, 14 épidémies signalées ont été attribuées à la consommation d'épices contaminées par des agents pathogènes. Ensemble, ces épidémies ont entraîné 1946 maladies humaines déclarées, 128 hospitalisations et deux décès. La sous-espèce *enterica* de *Salmonella* a été identifiée comme l'agent responsable dans dix éclosions représentant **87%** des maladies signalées, *Bacillus* spp. a été identifié comme l'agent responsable dans quatre éclosions, représentant **13 %** des maladies signalées (**FAO, 2003**).

La consommation d'aliments prêts à consommer préparés avec des épices appliquées après l'étape finale de réduction des agents pathogènes dans la fabrication des aliments a représenté **70 %** des maladies (**FAO, 2003**).

La croissance de l'agent pathogène dans les aliments épicés est soupçonnée d'avoir joué un rôle dans certaines épidémies, mais cela n'a probablement pas été un facteur contributif dans trois des plus importantes épidémies de salmonelles, qui concernaient des aliments à faible teneur en eau. Les causes fondamentales de la contamination des épices comprenaient des contributions des stades précoce et avancé de la récolte à la table (**FAO, 2003**).

II.8. Catégories de microflores

Les microflores étudiées doivent refléter la qualité sanitaire et la qualité marchande du produit (**Bonnefoy et al., 2002**).

II.8.1. Indice de la qualité sanitaire

La sécurité sanitaire tient compte de tous les risques, chroniques ou aigus, susceptibles de rendre les aliments préjudiciables à la santé du consommateur. Cet impératif n'est pas négociable. La qualité désigne toutes les autres caractéristiques qui déterminent la valeur d'un

produit pour le consommateur. Parmi celles-ci figurent des caractéristiques tant négatives telles que (l'état de détérioration, la souillure, la décoloration, les odeurs), des caractéristiques positives telles que (l'origine, la couleur, la saveur, la texture, ainsi que la méthode de traitement de l'aliment considéré). La distinction entre sécurité sanitaire et qualité a des implications pour l'action des pouvoirs publics et détermine la nature et la teneur du système de contrôle alimentaire le mieux adapté à des objectifs nationaux préalablement déterminés (FAO, 2001).

II.8.2. Indice de la qualité marchande

Tous nos aliments peuvent être le siège de prolifération microbienne en entraînant des modifications le plus souvent défavorables d'aspect (couleur, limon), de texture, de flaveur (odeur et saveur) Les microorganismes les plus souvent rencontrés appartiennent aux genres *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Alcaligenes*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Clostridium sporogones* et *Flavo bacterium* (Becila, 2009).

II.9. Contamination des épices

Les épices comptent parmi les produits de la chaîne alimentaire les plus contaminés. La contamination des épices est tributaire d'un bon nombre de facteurs dont, l'origine des plantes, l'écologie du milieu, les conditions de transport (hygrométrie et température), ainsi que le mode de récolte, de collecte, de préparation, du séchage, du stockage, et du conditionnement (Chirane *et al.*, 2009).

Parmi les contaminants identifiés dans les épices, on relève : des bactéries, des mycotoxines (aflatoxine, ochratoxine), des pesticides, des solvants et des métaux lourds.

Parmi les bactéries identifiées dans les épices, on distingue, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Clostridium perfringens* et *Yersinia enterocolitica* (Chirane *et al.*, 2009).

Matériel et méthodes

I. Lieu et objectif de travail

L'étude a été réalisée au niveau d'un laboratoire de la qualité microbiologique et physico-chimiques d'Institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle Echahid Amrani Elhadi –Khenchela- .

La présente étude a pour but d'apprécier la qualité physico-chimique et microbiologique des 3 échantillons des épices « AICHA », (Curcuma, Poivre noir et Cannelle) En réalisant :

- **Des analyses Physico-chimiques** : pH, la teneur en humidité, les cendre totales.
- **Des analyses Microbiologiques** : Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile , recherche et dénombrement d'*Escherichia coli*, recherche et dénombrement des levures et moisissures, recherche des Staphylocoques à coagulase positif, recherche de *Salmonella*, recherche des anaérobies sulfito-réducteurs.

II. Echantillonnage

II.1. Echantillonnage et prélèvement

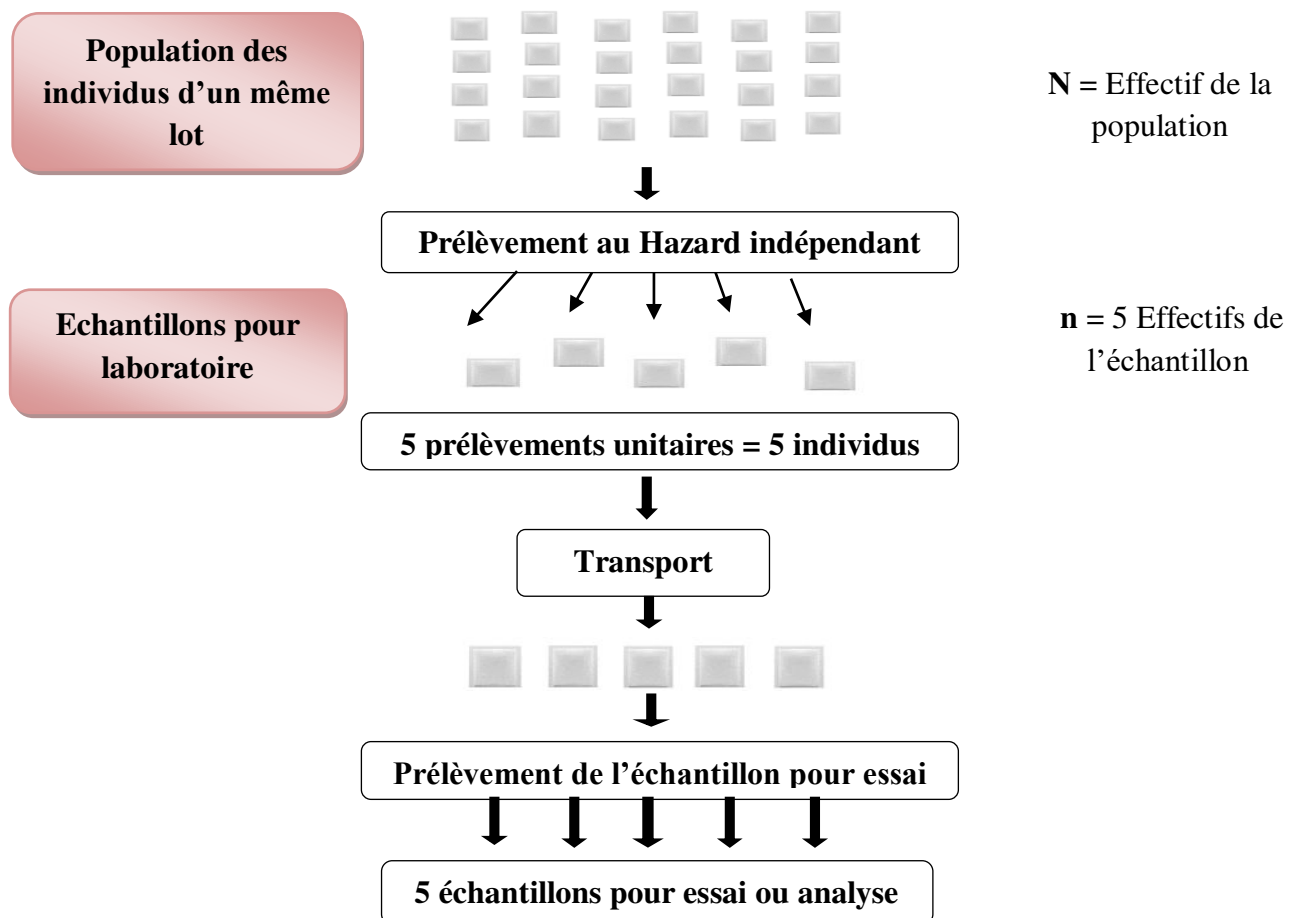





Figure 13 : Echantillonnage et prélèvement (Bonnefoy *et al.*, 2002).

Tableau IX : prélèvements des trois épices

Echantillons	Numéros d'échantillons	Date de prélèvement	Date de fabrication	Date de préemption	Les Prélèvements
Curcuma	01 x 5 unités	30 Mars 2019	12 Juin 2018	Juin 2020	
Poivre noir	01 x 5 unités	30 Mars 2019	12 Juin 2018	Juin 2020	
Cannelle	01 x 5 unités	30 Mars 2019	23 Avril 2019	Avril 2021	

II.2. Préparation des échantillons d'épices



Les 5 unités (prélèvements)



L'ouverture de l'emballage



Mesure (5g) du premier prélèvement dans un flacon stérile (5 g)



Les échantillons des épices :

- curcuma
- poivre noir
- cannelle



Homogénéisation les 5 prélèvements (25 g)



Le deuxième prélèvement dans le même flacon

Figure 14: Préparation des échantillons d'épices.

III. Analyses physico-chimiques

III.1. Détermination du pH

Le pH fournit des informations sur la qualité des produits naturels. En outre, le pH est un paramètre important lors de l'utilisation des régulateurs d'acidité en tant qu'agents de conservation.

• Principe

Préparer l'échantillon pour essai selon la classe à laquelle appartient le produit à examiner.

Mesurer la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence, immergés dans la prise d'essai.

• Mode opératoire

❖ Etalonnage de la chaîne de mesure

Ajuster la température des solutions tampons à la température de mesure choisie, (20 °C ou 25 °C) et étalonner le pH-mètre selon les instructions du fabricant.

❖ Mesures du pH

- Une fois que l'appareil a été étalonné, Peser 10 g d'épice en poudre et mélanger avec 50 ml de l'eau distillée.
- Introduire les électrodes préalablement étalonnées dans la prise d'essai et on règle le système de correction de la température de pH-mètre à la température de mesurage (20 °C \pm 2 °C).
- Agiter légèrement la solution d'essai. Vérifier que l'indication donnée par le pH-mètre est stable et la relever.
- Lorsqu'une valeur constante a été obtenue, on lit le pH directement (**Journal officiel de la république algérienne, 2016**).

III.2. Détermination la Teneur en humidité

L'humidité est un facteur de qualité dans la conservation des épices et qui affecte leur stabilité. Le dosage de la quantité d'humidité est l'une des procédures analytiques les plus fondamentales et les plus importantes pouvant être effectuées sur un produit alimentaire.

• Principe

Le principe de la méthode par séchage consiste à mesurer la perte de poids de l'échantillon engendrée par l'évaporation de l'eau jusqu'au poids constant (**Machhour *et al.*, 2008**).

La matière sèche qui reste après l'élimination de l'humidité est communément appelée matière sèche totale (**Robert et Bradley, 2010**).

• Mode opératoire

- Chauffer les capsules pendant environ 1 dans l'étuve.
- Verser 5 g d'épice au mg dans une capsule préalablement tarée après effectuer un séchage à 130 °C pendant 2 h jusqu'à l'obtention d'une masse constante par étuvage thermique.
- Une fois l'étuvage est terminée, la capsule est tirée et laissée refroidir complètement dans un dessiccateur.
- Dès que la capsule est refroidie elle est pesée (**Journal officiel de la république algérienne, 2018**).

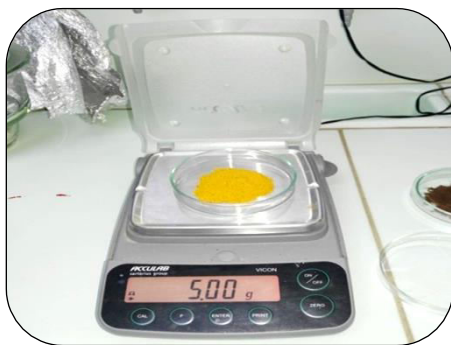
• Expression des résultats

La teneur en humidité et en matières solides totales des aliments peut être calculée comme suit à l'aide des procédures de séchage au four :

$$\text{Humidité (poids /poids) \%} = \frac{\text{Poids de l'échantillon humide} - \text{Poids de l'échantillon sec}}{\text{Poids de l'échantillon humide}} \times 100$$



Chauffage des capsules pendant 1 h dans l'étuve



La pesée de 5 g d'épice de (curcuma, cannelle, poivre noir) dans une capsule



Séchage à 130 °C pendant 2 h



Refroidissement des capsules dans un dessiccateur



La pesée des capsules des épices après le refroidissement (dessiccateur)

Figure 15 : Détermination de la Teneur en humidité.

III.3. Détermination des cendres totales

Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. Les cendres représentent environ 1 à 5% de la masse d'un aliment sur une base humide.

• Principe

Destruction des matières organiques par chauffage de l'échantillon à une température de $550\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$ jusqu'à obtention d'une masse constante.

• Mode opératoire

- Chauffer durant 10 min les nacelles (capsules) dans le four à moufle électrique réglée à $500\text{ °C} \pm 25$. Laisser refroidir à température ambiante dans le dessiccateur et les peser.
- Dans la nacelle à incinération préparer, peser 6 g de l'échantillon pour essai.
- Afin d'obtenir une incinération uniforme, humecter la prise d'essai dans la nacelle, au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.
- La porte du four ouverte, placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $500\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$, jusqu'à ce que la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle à incinération dans le four.
- En générale le temps d'incinération est de l'ordre de 1 h à 1 h 30 mn. Une fois l'incinération terminée, retirer les nacelles du four, et les mettre à refroidir sur la plaque unie thermorésistante pendant une minute, puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante puis la peser (ISO, 1997).

• Expression des résultats

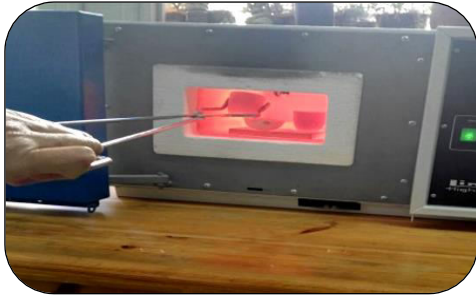
Calculer la teneur en cendres totales (WTA), exprimée en pourcentage en masse, à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{WTA} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\%$$

m 1 : est la masse en grammes de la capsule vide.

m 2 : est la masse en grammes de la capsule et de la prise d'essai.

m 3 : est la masse en grammes de la capsule et du résidu obtenu lors de la détermination.



Chauffer les capsules pendant 10 min dans le four à moufle électrique réglé à 500 °C



Refroidissement jusqu'à la température ambiante au dessiccateur



La pesée de 6 g de l'échantillon dans la capsule



2 ml de l'éthanol pour chaque capsule



Chauffage pendant 2 h dans le four à moufle électrique réglé à 500°C



Refroidissement des capsules



La pesée des capsules des épices à l'aide d'une balance électrique

Figure 16 : Détermination des cendres totales.

IV. Analyses microbiologiques

Nous avons procédé à la recherche et dénombrement des microorganismes conformément à l'arrêté interministériel du : 04 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires « journal officiel de la république algérienne N°39 du « 2 juillet 2017 » à savoir (**Annexe 07**) :

- Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile .
- Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli*.
- Recherche et dénombrement des levure et moisissures
- Recherche des Staphylocoques à coagulase positif .
- Recherche des *Salmonella*.
- Recherche des anaérobies sulfite reducteurs.

IV.1. Préparation de la Suspension mère

- Utiliser la balance électronique pour peser 25 g de la prise d'essai (curcuma , poivre noir, cannelle), homogéniser .
- Ajouter au dessus environ 225 ml de diluant sterile .
- Homogénéiser à l'aide du Vortex pendant 1 minute.
- La solution mère ensuite soumise à une revivification de 30 à 45 min à température Ambiante (**ISO, 2017**).

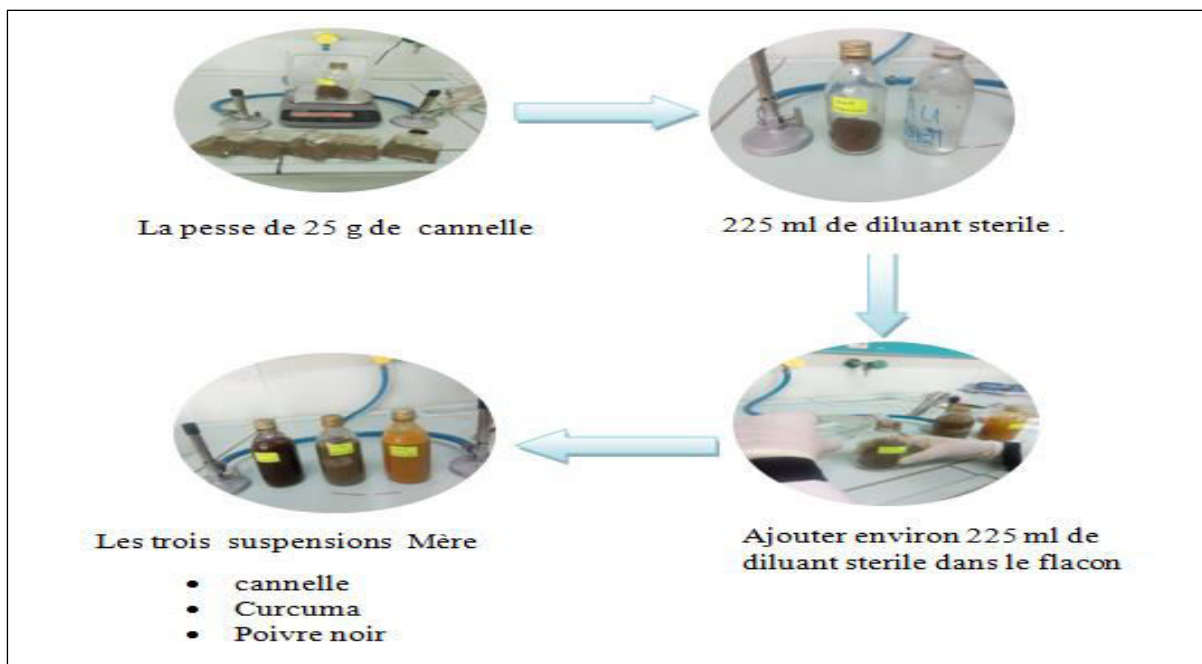


Figure 17 : Préparation de la Suspension mère.

IV.2. Préparation des dilutions décimales

Les dilutions sont nécessaires car on doit prélever de très faibles volumes à cause de la charge bactérienne souvent très élevée, et permettent d'obtenir seulement les microorganismes dominants dans les dilutions les plus élevées.

- Homogénéiser l'échantillon en agitant vigoureusement le flacon afin de permettre une répartition homogène des microorganismes.
- Prélever aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée stérile, 1 ml à partir de la suspension-mère et l'introduire dans un premier tube contenant 9 ml de diluant stérile, le tube est ensuite agité manuellement, ceci constitue la dilution décimale 10^{-1} .
- Prélever à l'aide d'une nouvelle pipette graduée stérile 1 ml à partir de la dilution décimale 10^{-1} et l'introduire dans un deuxième tube contenant 9 ml de diluant stérile, homogénéiser, ceci constitue la dilution décimale 10^{-2} .
- Prélever à l'aide d'une nouvelle pipette graduée stérile 1 ml à partir de la dilution décimale 10^{-2} et l'introduire dans un troisième tube contenant 9 ml de diluant stérile, homogénéiser à l'aide de vortex ceci constitue la dilution décimale 10^{-3} (ISO, 2017).

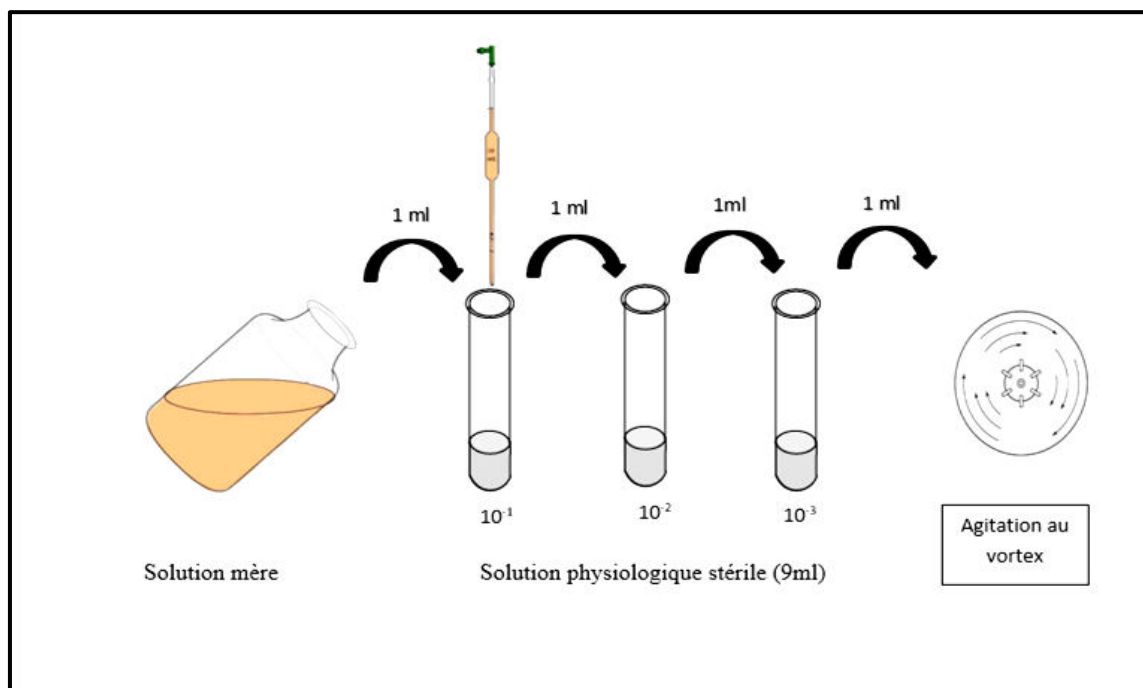


Figure 18 : Préparation des dilutions décimales (ISO, 2017).

IV.3. Dénombrement la flore totale aérobie mésophile

La flore mésophile aérobie totale est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25 et 40°C (**Bonnefoy *et al.*, 2002**).

La flore mésophile aérobie totale (FTAM) est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit ou sur une surface (**Bonnefoy *et al.*, 2002**). Ils peuvent être des micro-organismes pathogènes ou d'altération (**Bougeois et Leveau, 1996**).

• Mode opératoire

- Prélever à l'aide d'une pipette graduée stérile 1 ml de la dilution, et l'introduire dans une boîte de pétri stérile.
- Couler au dessus une couche d'environ 20 ml de gélose nutritive, homogénéiser l'ensemble avec des mouvements circulaires va et vient en forme de huit pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, laissé solidifier sur une surface froide.
- Rajouter une deuxième couche environ 5 ml de la même gélose, homogénéiser et laisser solidifier.
- Préparer de la même manière deux boîtes témoins l'une contenant 1 ml du diluant et de la gélose et l'autre ne contenant que la gélose nutritive (**ISO, 2013**).

• Incubation

Les boîtes seront incubées avec couvercle en bas à 30 C° pendant 72 heures (**ISO, 2013**).

• Lecture des résultats

Les dénombrements sont effectués sur les boîtes contenant entre 10 et 300 colonies.

On calcule le nombre (**N**) de microorganismes dénombrés à 30°C à l'aide de l'équation suivante :

$$Nc = \frac{\sum c}{(N1 + 0.1N2) * d}$$

$\sum c$: somme des colonies comptées dans toutes les boîtes retenues

N1 : nombre de boîtes comptées à la première dilution retenue.

N2 : nombre de boîtes comptées à la deuxième dilution.

d : facteur de dilution de la première dilution retenue.

Les résultats sont exprimés en nombre d'unités formant colonies (U.F.C) par un gramme d'épice.

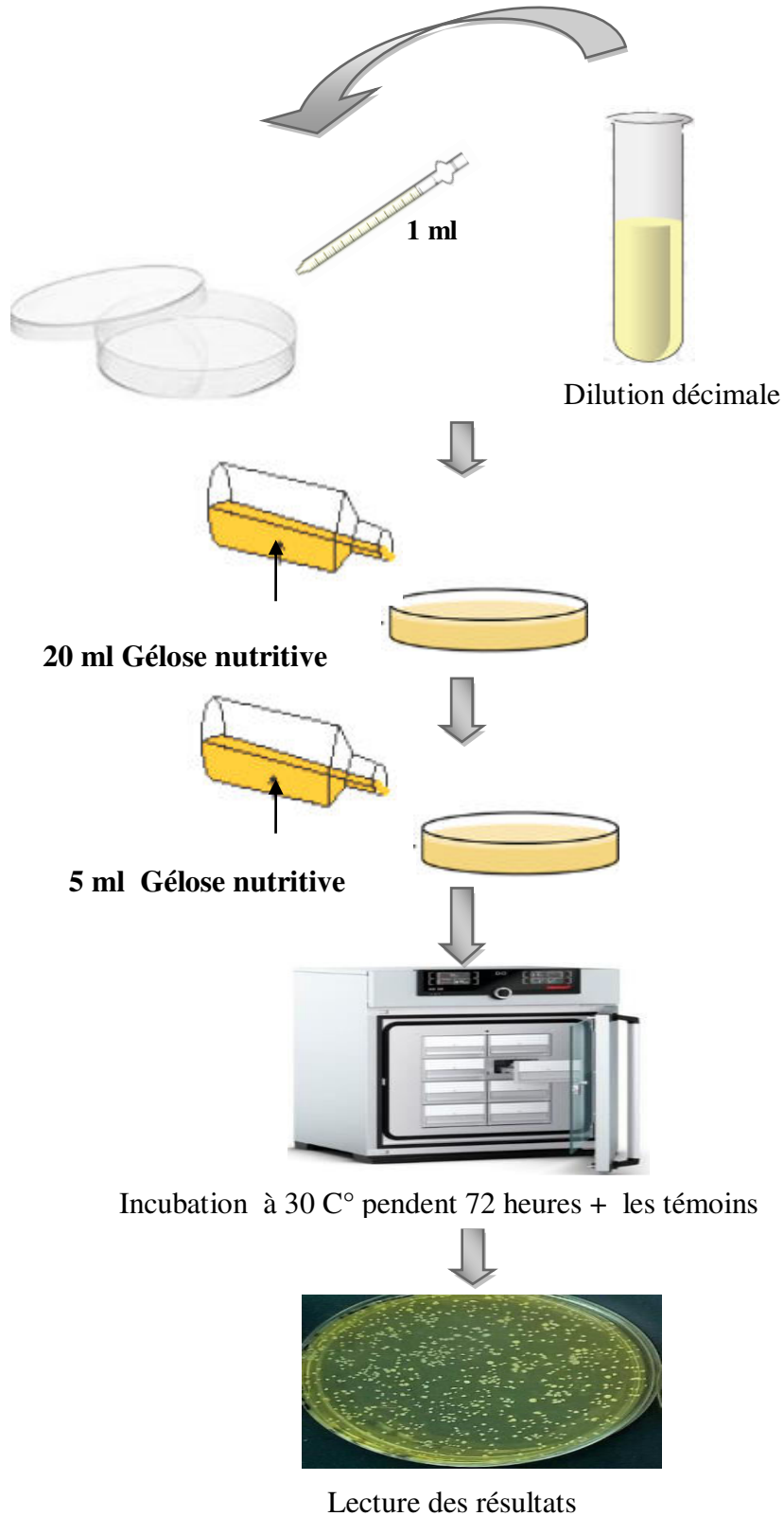


Figure 19 : Dénombrement la flore totale aérobie mésophile.

IV.4. Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli*

La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) est un bâtonnet à Gram négatif sporulé. Elle est aérobie ou anaérobie facultative. Sa température optimale de croissance avoisine les 35-37 °C, mais elle est aussi en mesure de croître à une température de 44 °C. En raison de sa capacité de croître à la température de 44°C, *E. coli* fait partie du groupe des coliformes thermotolérants (aussi appelés « coliformes fécaux »), qui est lui-même inclus dans le groupe des coliformes totaux. *E. coli* est un habitant normal de l'intestin des humains et des animaux à sang chaud. La présence d'*E. coli* dans l'environnement indique de manière presque une contamination fécale (CEAEQ, 2013).

• Mode opératoire

- Prélever à l'aide d'une pipette graduée stérile 1 ml de la dilution 10^{-1} , et l'introduire dans une boîte de pétri stérile.
- Couler au dessus une première couche d'environ 15 ml à 20 ml de gélose VRBL homogénéisé l'ensemble avec des mouvements circulaire et en forme de huit, laissé solidifier sur une surface froide.
- Couler à nouveau 4 ml une deuxième couche de gélose VRBL, homogénéiser et laisser solidifier (ISO, 2005).

• Incubation

L'incubation des boîtesensemencées ainsi que les boîtes témoins à 44C⁰ pendant 24 à 48 heures (Guiraud, 2003).

• Lecture des résultats

- Les boîtes témoins doivent être négatives.
- Les boîtesensemencées doivent présentées un développement de colonies roses foncé de 0.5 mm de diamètre.

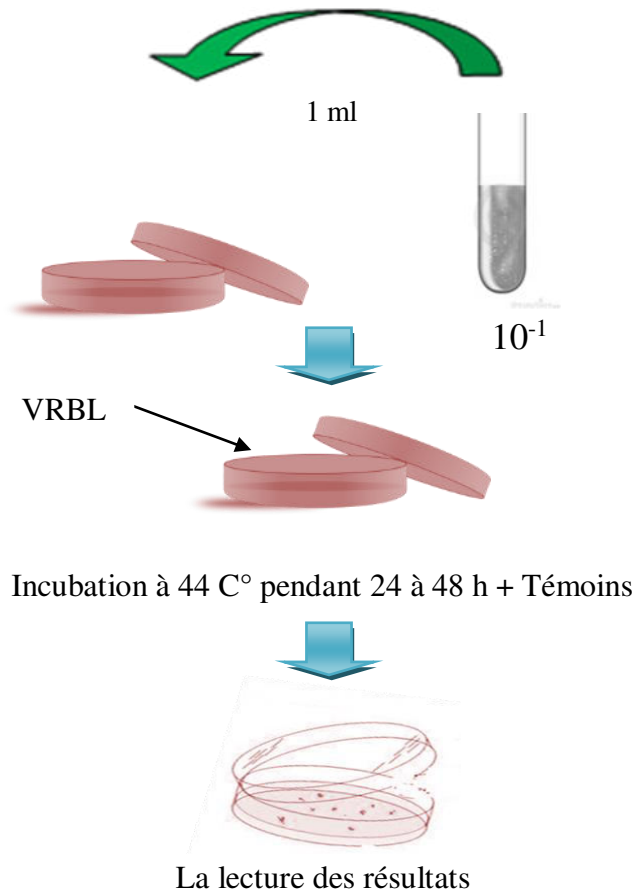


Figure 20 : La recherche d'*Escherichia coli*.

IV.4.1. Identification des souches isolées

IV.4.1.1. Identification macroscopique

Cette étude consiste à l'observation directe à l'œil nu l'aspect morphologique des colonies obtenues sur milieu VRBL après 48h d'incubation en tenant compte des critères suivants :

- **La forme des colonies** : rond, irrégulière, étoile, envahissante.
- **La taille des colonies par mesure de diamètre.**
- **La couleur.**
- **L'élévation** : convexe, concave, plate.
- **L'opacité** : opaque, translucide ou transparente.
- **La surface** : lisse, rugueuse, sèche, dentelée, et autres caractéristiques

IV.4.1.2. Identification microscopique

❖ Coloration de Gram

La coloration de Gram est un procédé qui permet de diviser les bactéries en deux groupes distincts : les bactéries à coloration de Gram positif et les bactéries à coloration de Gram négatif.

Cette coloration permet en plus de préciser la morphologie et le mode de regroupement des cellules.

Les bactéries Gram négatif apparaissent colorées en rose tandis que les bactéries Gram positif sont colorées en violet (*Prescott et al., 2003*).

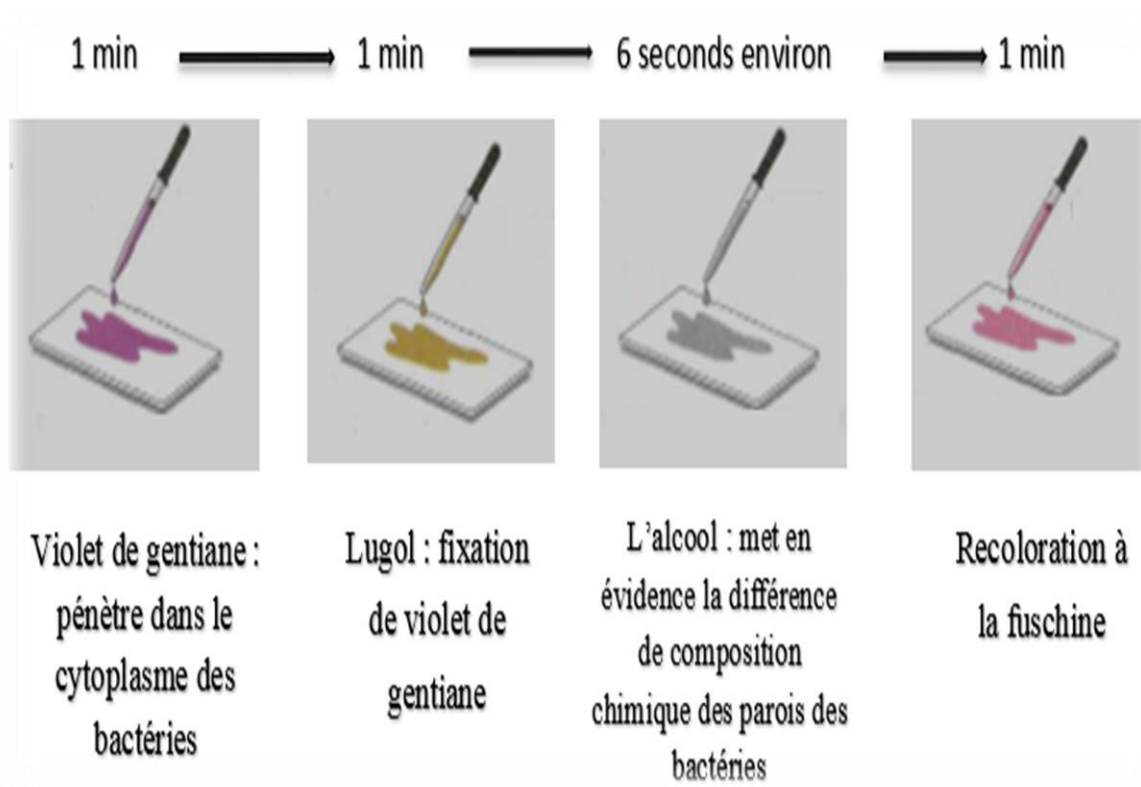


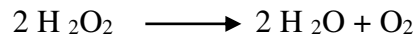
Figure 21 : Coloration de Gram.

Après le séchage, on ajoute l'huile de cèdre sur les lames qui seront examinées sous microscope optique à l'aide de l'objectif (x100).

IV.4.1.3. Identification biochimique

IV.4.1.3.1. Teste catalase

La catalase permet la décomposition de l'eau oxygénée en oxygène et en eau selon la réaction (Bourgeois *et al.*, 1980) :



• Mode opératoire

Déposant une à deux colonies de l'isolat de la souche à tester dans une solution fraîche d'eau oxygénée à 10 volumes sur une lame stérile (Guiraud, 2003).

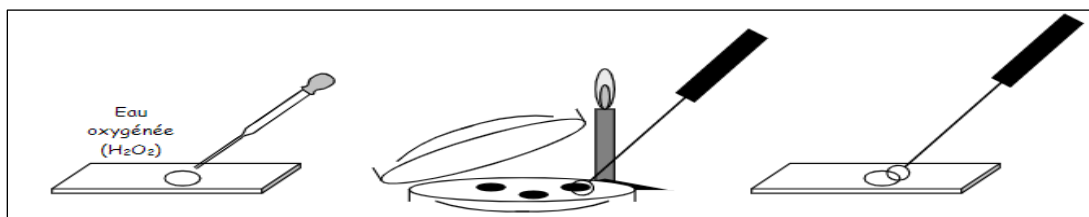


Figure 22 : Test Catalase.

• Lecture des résultats

- **Bulle** : La bactérie a l'enzyme catalase
- **Aucune bulle** : La bactérie n'a pas l'enzyme catalase (Tabak *et al.*, 2011).

IV.4.1.3.2. Test de présomption (Production d'indole)

Le milieu de Schubert, est un milieu permettant d'identifier rapidement *Escherichia coli*.

• Mode Opératoire

- à l'aide de l'anse de platine stérile, effectuer un prélèvement sur les colonies roses foncé, et les ensemencées dans un tube contenant du bouillon Schubert plus la cloche de Durham, bien homogénéiser l'ensemble (ISO, 2005).

• Incubation

Incuber tous les tubes ensemencés et les tubes témoins à 44 C⁰ pendant 24 à 48 heures (Guiraud, 2003).

• Lecture des résultats

- Les tubes témoins doivent être négatifs.
- Les tubes positifs présentant un trouble microbien avec un dégagement gazeux.

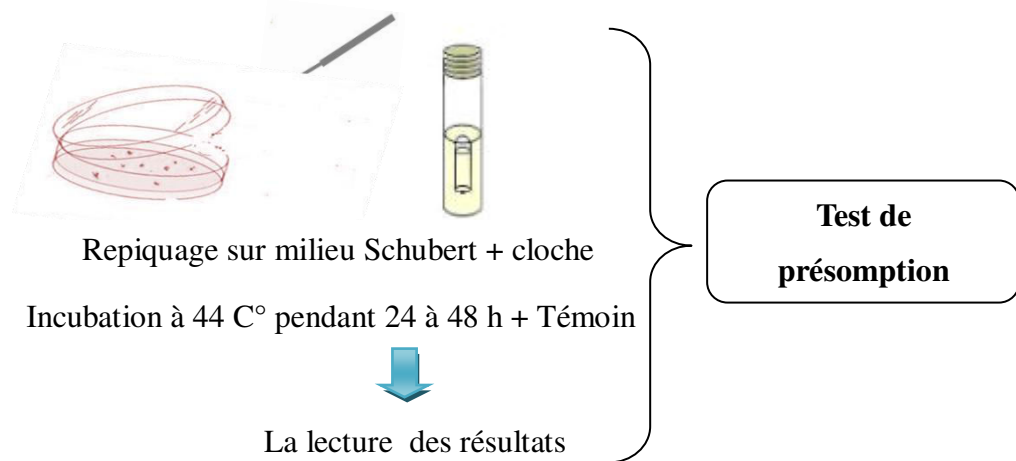


Figure 23 : Test de présomption (Production d'indole).

IV.4.1.3.3. Test de Mackenzie

• Principe

Le réactif de Kovacs est utilisé pour la mise en évidence de la production d'indole par les bactéries possédant une tryptophanase. Le tryptophane est dégradé en indole qui réagit avec le p-diméthylaminobenzaldéhyde du réactif en donnant une coloration rouge.

La présence d'*Escherichia coli* est confirmée par l'apparition d'un anneau rouge sur la surface du bouillon après addition de 2 gouttes du réactif kovacs dans les tubes positifs (Lebres , 2005).

• Lecture des résultats

Les tubes et flacon positifs présentent à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge en surface témoin de la production d'indole par l'*Escherichia coli*

Après adjonction de 02 à 03 gouttes de réactif de Kovacs.

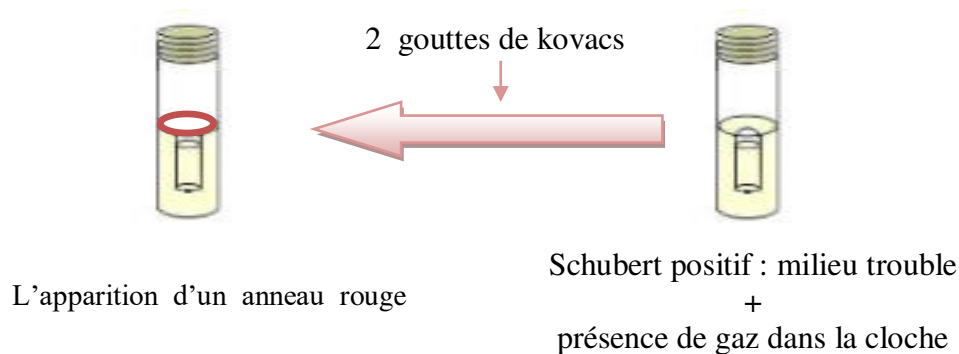


Figure 24 : Test de Mackenzie (Test de confirmation).

IV.5. Recherche et dénombrement des levures et les moisissures

IV.5.1. Levures

Sont des champignons unicellulaires, permet la fermentation des matières organiques animales ou végétales.

La forme la plus fréquente est ovale ou sphérique, elles sont aérobies ou aéro-anaérobie facultatives, elles se développent bien dans des milieux fortement sucrés (**Meyer et al., 2004**).

IV.5.2. Moisissures

Les moisissures sont des champignons microscopiques filamenteux, dix fois plus grosse que les levures, il existe plusieurs genres de moisissures notamment les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* (**Meyer et al., 2004**).

Sont des champignons filamenteux, saprophytes présentant une végétation notable et qui ont de l'importance dans l'industrie humaine. Elles peuvent être :

- Nuisibles, car agents d'altération des aliments.
- Utiles, car intervenant dans la production d'aliments, d'antibiotiques, d'enzymes et dans diverses fermentations (**Meyer et al., 2004**).

● Mode opératoire

Procéder à un ensemencement en surface « technique du râteau », comme suit :

- Prélever à l'aide d'une pipette pasteur stérile 04 gouttes (0.1 ml) à partir de la dilution décimale, déposer les 4 gouttes sur la surface de la gélose Sabouraud en boîte de pétri stérile.
- Etaler l'inoculum à l'aide d'un râteau, confectionné à partir de la pipette pasteur (**ISO, 1981**).

● Incubation

- Incuber les boîtes ensemencées ainsi que les boîtes témoins à 25C⁰ pendant 5 jours (**ISO, 1981**).

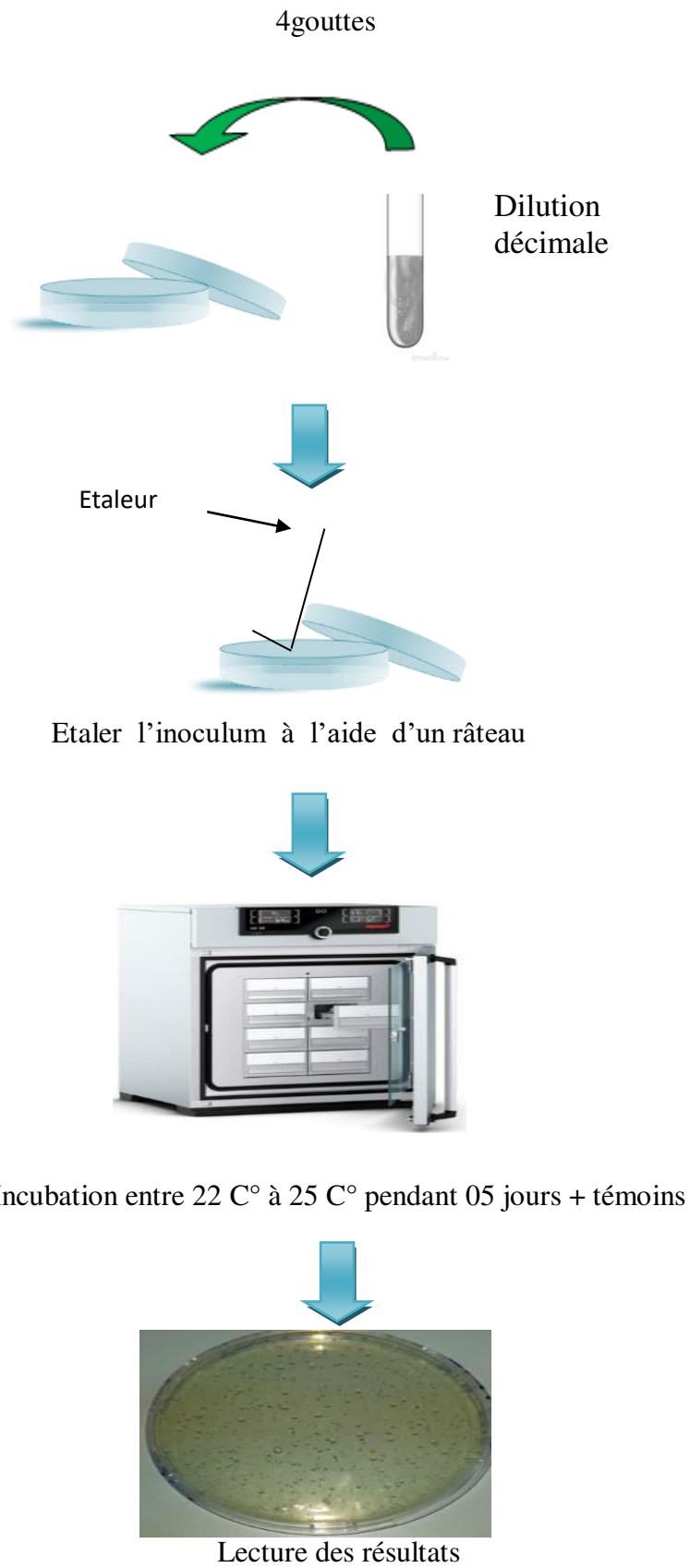


Figure 26 : Recherche et dénombrement des levures et moisissures.

IV.6. Recherche des staphylocoques à coagulase positif

Des bactéries de la famille des Micrococcaceae de Forme sphérique (coque), de 0,5 µm à 1,5 µm de diamètre. Ces coques à Gram positif se présentent généralement en grappes, par paires ou en cellules individuelles. C'est une bactérie non mobile, a sporulée et aérobie facultatif possédant une catalase.

Les staphylocoques trouvés dans l'eau proviennent principalement de la peau, de la bouche, du nez et de la gorge des baigneurs et occasionnellement d'une pollution fécale ou des personnes atteintes de lésions cutanées (pus, furoncles) (Singh *et al.*, 2007).

IV.6.1. Enrichissement

• Mode opératoire

➤ A l'aide d'une pipette graduée stérile prélever 1 ml à partir de la dilution décimale 10^{-1} , et l'introduire dans un tube contenant 15 ml de bouillon giolitti-canttoni, homogénéiser (ISO,2003) .

• Incubation

➤ Incuber les tubesensemencés ainsi que les tubes témoins à 37 C⁰ pendant 24 à 48 heure (Hamiroune *et al.*, 2014).

• Lecture des résultats

- les tubes témoins doivent être négatifs.
- seront considérés comme positifs les tubes ayant virés au noir.

IV.6.2. Isolement

• Mode opératoire

➤ procéder à un ensemencement en stries à l'aide de l'anse de platine stérile à partir des tubes positifs sur la surface de la gélose chapman en boîte de pétrie stérile (ISO,2003).

• Incubation

➤ incuber les boîtesensemencées ainsi que les boîtes témoins à 37 C⁰ pendant 24 à 48 heures (AFNOR, 2004).

• Lecture des résultats

➤ les staphylocoques aureus apparaissent sous forme de colonies jaunes lisses, brillantes .

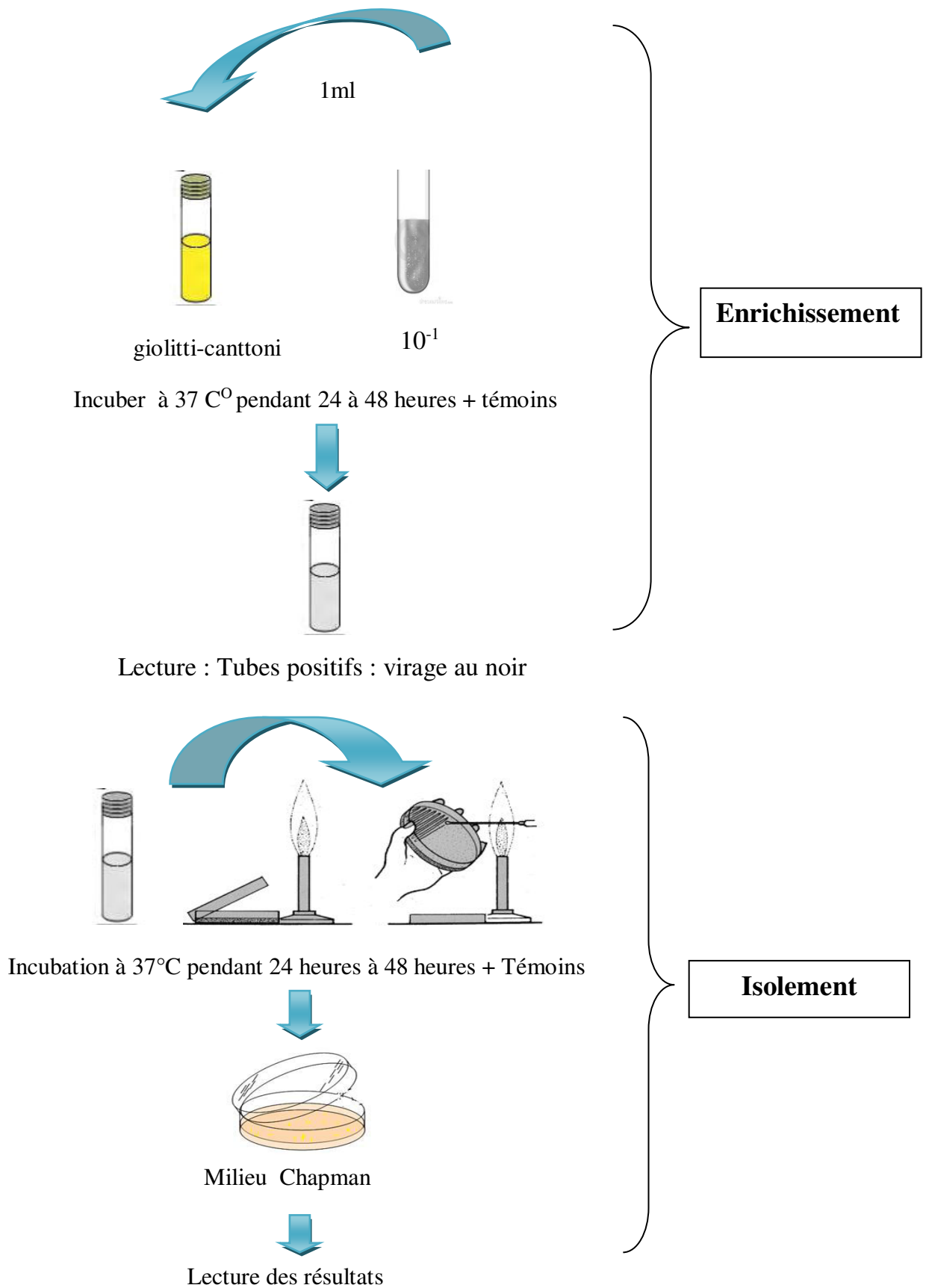


Figure 25 : Recherche des staphylocoques à coagulase positif.

IV.7. Recherche de *Salmonella*

Les Salmonelles sont des bactéries de la famille des Enterobacteriaceae. Des bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs.

Sont des bactéries pathogènes qui provoquent de graves toxi-infections par suite de leur développement possible dans les produits alimentaire en provoquent un déséquilibre nutritionnel en dégradant les acides aminés.

Le réservoir principal de *Salmonella* est constitué par le tractus gastro-intestinal des mammifères (porcs, bovins) et des oiseaux (volailles domestiques). Les salmonelles présentes dans les matières fécales des animaux, peuvent contaminer les pâturages, les sols et l'eau (Korsak *et al.*, 2004).

IV.7.1. Enrichissement

• Mode opératoire

- Effectuer un premier prélèvement à l'aide d'une pipette graduée stérile 1 ml à partir de la dilution décimale 10^{-1} , l'introduire dans un tube contenant 10 ml de bouillon SFB S/C stérile, homogénéiser.
- Effectuer un deuxième prélèvement à l'aide de la même pipette 1 ml à partir de la dilution décimale 10^{-1} , l'introduire dans un tube contenant 10 ml de bouillon SFB D/C stérile, homogénéiser (ISO, 2012).

• Incubation

- Tous les tubes ensemencés, ainsi que les tubes témoins 37°C pendant 24 à 48 heures (Rodier *et al.*, 1996).

• Lecture des résultats

- Les tubes témoins doivent être négatifs.
- Sont considérés positifs les tubes ayant virés au noir.

IV.7.2. Isolement

• Mode opératoire

- A partir des tubes positifs de l'enrichissement prélever à l'aide d'une pipette graduée stérile, 1 ml et l'introduire dans une boîte de pétri stérile.
- Couler dessus environ 15 ml à 20 ml de gélose (*Salmonella-Shigella*), homogénéisé par des mouvements circulaires et en forme de huit, laissé solidifier (ISO, 2012).

• Incubation

- Incuber les boîtesensemencées ainsi que les boîtes témoins à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

•Lecture des résultats

- Les boîtes témoins doivent être négatives.
- Les *Salmonelles* apparaissent sous forme de colonies incolores transparentes avec ou sans centre noir.

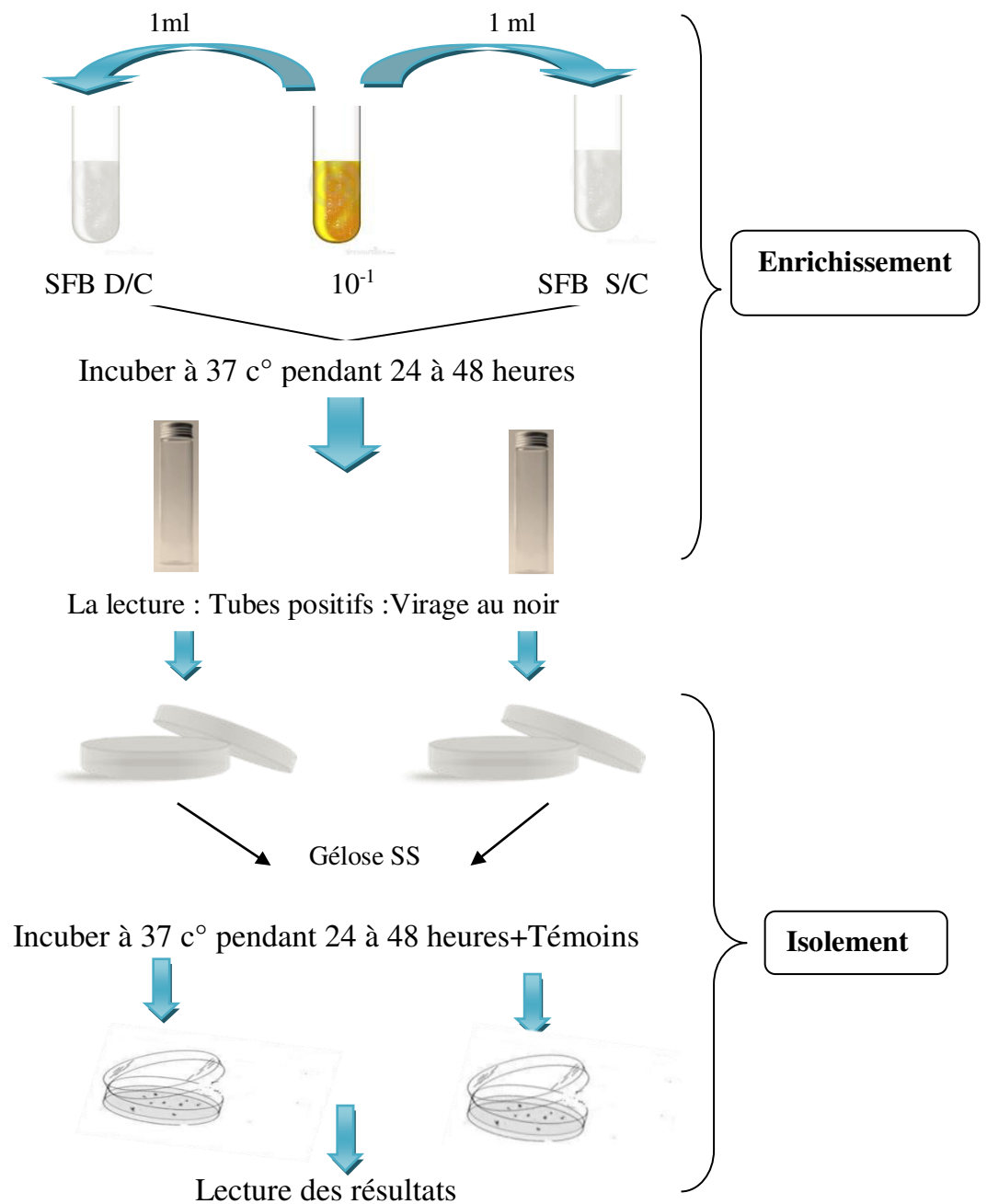


Figure 27 : Recherche de *salmonella*.

IV.8. Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs

Clostridium perfringens Bactérie anaérobie stricte, catalase (-), oxydase (-), capable de sporuler, réduit les sulfites (SO_3^{2-}) en sulfures (S^{2-}) (**Daube, 1992**).

Les germes anaérobies sulfitoréducteurs (généralement les *Clostridium*) sont des hôtes normaux de l'intestin ; mais ils peuvent aussi se rencontrer dans le sol et dans les matières organiques en voie de putréfaction. Leur résistance est beaucoup plus importante que celles des autres germes indicateurs car ils sont sporulés. Ils sont parfois seuls survivants d'une contamination fécale ancienne. Il est difficile lorsqu'ils sont seuls présents de conclure à une contamination fécale ; lorsqu'ils sont présents aux côtés d'*Escherichia coli* ou des coliformes et Streptocoques D (**Lebers, 2008**) .

Présent dans le sol sous forme de spores, ainsi que dans l'intestin des Hommes et des animaux. L'espèce *Clostridium perfringens* pousse à 46°C (**Walker et al., 2004**), responsable de Toxi-Infections Alimentaires. Ainsi sont des agents de putrification à l'origine de mauvaise gout et la mauvaise odeur.

• Mode opératoire

- Prendre 1 ml de la dilution décimale 10^{-1} dans un tube sec stérile à l'aide d'une pipette graduée stérile .
- Chauffer le tube au bain marie à 80 C° pendant 10 min puis refroidir immédiatement sous l'eau du robinet afin d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.
- Ajouter 20 ml la gélose viande foie dans le tube additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium ,en remplissant le tube jusqu'au bout ,homogénéiser (**ISO, 2003**).

• Incubation

Incuber tous les tubes ensemencés ainsi que les tubes témoins à 46°C pendant 24 à 48 heures (**Hamiroune, 2014**).

• Lecture des résultats

- Les tubes témoins doivent être négatifs.
- Sont considérés positifs ,les tubes qui possèdent des colonies noires pousse en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

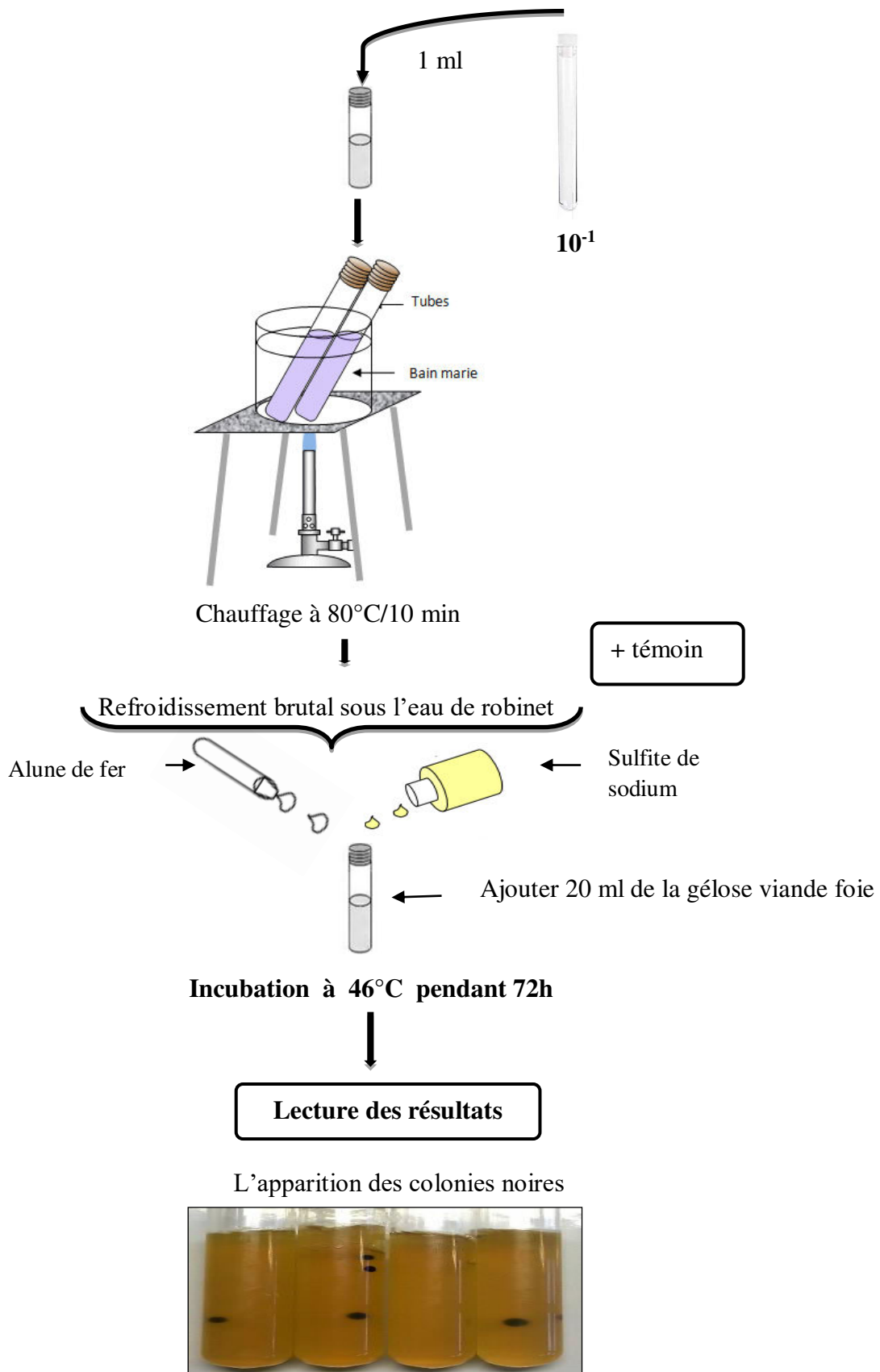


Figure 28 : Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs

Résultats
et
discussions

I. Résultats des analyses physico-chimiques

I.1. pH

D'après les résultats présentés dans la figure 29, les échantillons présentent un pH de **5.1** pour le curcuma, **6.48** pour le poivre noir et **4.8** pour la cannelle.

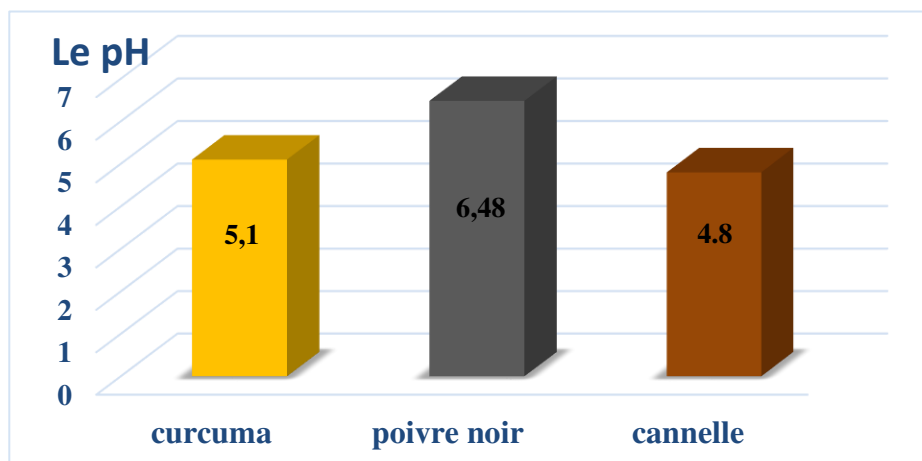


Figure 29 : Histogramme présentant les valeurs de pH des trois échantillons.

Le pH est un paramètre déterminant l'aptitude des aliments à la conservation. Ainsi, un pH de l'ordre de 3 à 6 est favorable au développement des levures et moisissures (Doukani et Tabak, 2014).

I.2. Teneur en humidité

La teneur en humidité varie de **11.54 %** pour le curcuma à **13.32 %** de cannelle et **10.65 %** pour le poivre noir, les résultats sont présentés dans la figure 30.

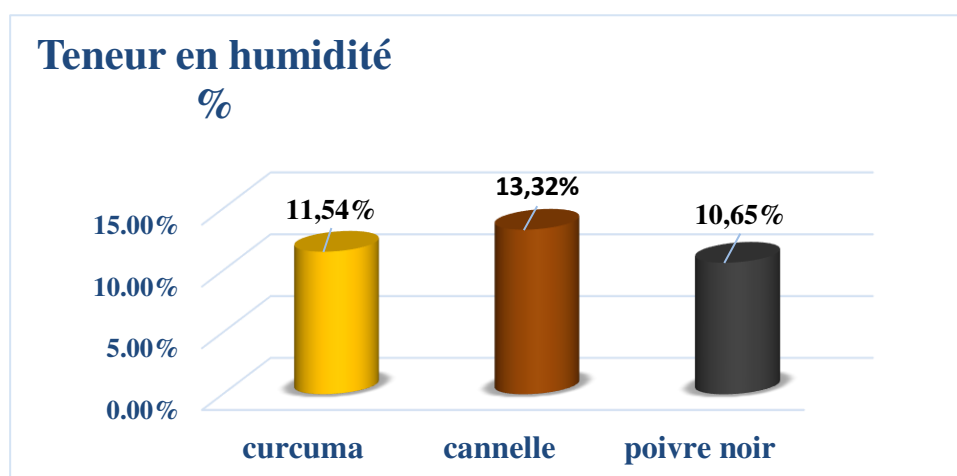


Figure 30 : Histogramme présentant la teneur en humidité des échantillons.

La teneur en humidité des trois échantillons est inférieure à celle indiquée par l'ESA (ESA, 2011), Ce qui indique la conformité (Annexe 06).

L'humidité élevée peut également favoriser le développement de micro-organismes dans les fruits et les graines (Waje *et al*, 2008).

La teneur en eau est essentielle pour la consistance, la couleur, la durabilité. Fondamentalement, l'eau est présente sous forme libre, liée ou absorbée. L'eau libre peut être facilement éliminée par séchage, ce qui prolonge la durée de vie (Frey, 2010).

I.3. Teneur en cendres totales

Les teneurs en cendres sont de **8,65 %**, **5,78** et **6,76 %** respectivement pour le curcuma, cannelle et poivre noir, les résultats sont présentés dans la figure 31.

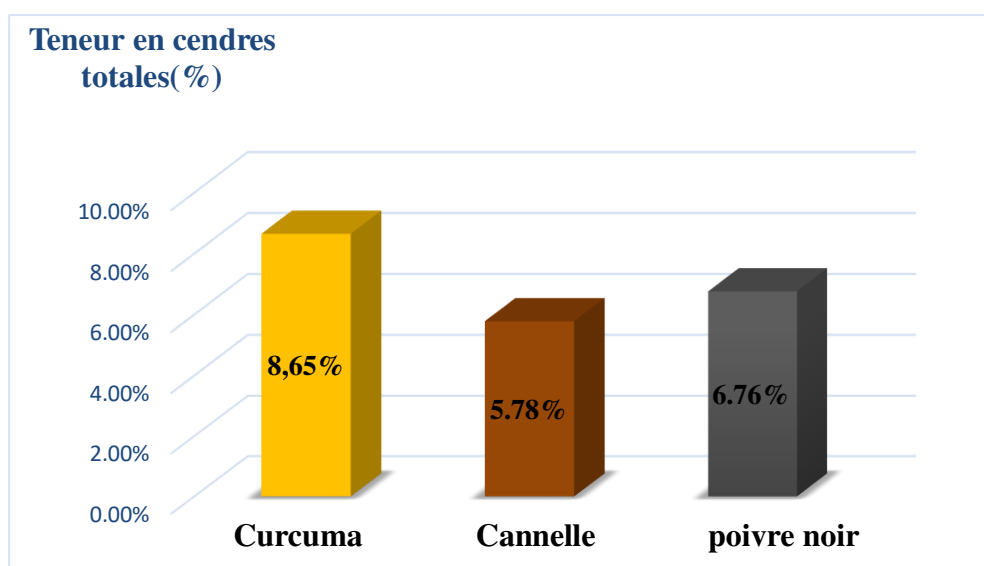


Figure 31 : Histogramme représentant les teneurs en cendres totales des échantillons

Ces teneurs sont inférieures aux valeurs maximales indiquées par ESA (FAO, 2013) ce qui permet de dire les résultats sont convenables.

La teneur en cendres totales des épices est due aux variations des circonstances entourant leur production, telles que le sol, le climat et la manipulation (Mehring, 1994).

II. Résultats des analyses microbiologiques

II.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Après 72 h d'incubation à une T° d'environ 30°C, on remarque la présence de la flore totale aérobie mésophile dans les trois échantillons des épices.

II.1.1. Dénombrement des colonies

Le dénombrement de FTAM vise à estimer la densité de la population bactérienne générale présente dans les épices (**Dahel, 2009**), il se fait par comptage de colonies formées sur le milieu solide. Seules les boites contenant entre 15 et 300 colonies ont été prises en considération. Le nombre **N** de microorganismes dénombrés est présent dans le tableau X.

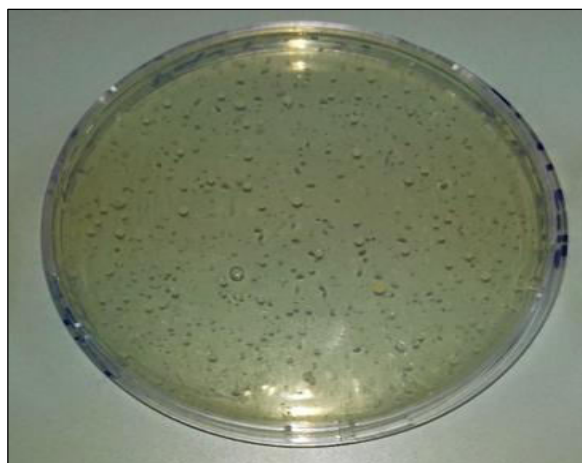
Tableau X : Résultats des analyses microbiologiques de la flore totale aérobie mésophile (**CECMA, 2009**).

Echantillons	UFC/g			Limites microbiologiques UFC/g		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	n	m	M
Curcuma	Indénombrable	23.10 ²	Indénombrable	1	10 ⁵	10 ⁶
Poivre noir	Indénombrable	Indénombrable	16.10 ³			
Cannelle	Indénombrable	27.10 ²	Indénombrable			

- **n** : Nombre d'unité composant l'échantillon (égale à 1 pour nos épices).
- **m** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante.
- **M** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond à la valeur au-dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable.

Les résultats du dénombrement de FTAM sont interprétés selon les critères microbiologiques de (**CECMA**). Avec un seul échantillon, le résultat analytique est inférieur à la valeur de « m », le résultat est satisfaisant.

II.1.2. Aspect macroscopique des colonies des FTAM



Photographie 01 : L'aspect macroscopique des colonies des FTAM.

La photographie 01 montre l'aspect des colonies sur milieu gélose nutritive qui sont de tailles variables (petites, moyennes, et grandes), de couleurs différentes (blanche, crème, crème foncé et transparente), et de forme circulaire, plissé à striation concentrique avec un tour régulier ou irrégulier.

II.2. Recherche d'*Escherichia coli*

II.2.1. Dénombrement des colonies

Après 48h d'incubation à 44°C, les résultats révèlent la présence d'*Escherichia coli* dans les échantillons du curcuma et du poivre noir et leur absence dans l'échantillon de cannelle.

La recherche de l'espèce *Escherichia coli* est généralement utilisée comme indicateur de la qualité hygiénique (González *et al.*, 2017), les résultats de dénombrement sont présentés dans le tableau XI.

Tableau XI : Résultats des analyses microbiologiques d'*Escherichia coli* (Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne).

Les échantillons	UFC/g	Limites microbiologiques UFC/g	
	Dilution 10 ⁻¹	m	M
Curcuma	5.10 ¹	10 ²	10 ³
Poivre Noir	3.10 ¹		
Cannelle	Absence		

Les résultats du dénombrement d'*Escherichia coli* sont interprétés selon les critères microbiologiques de l'arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne.

Cette norme fixe un plan à trois classes de contamination :

Celle inférieure ou égale à « **m** » : tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés de qualité satisfaisante.

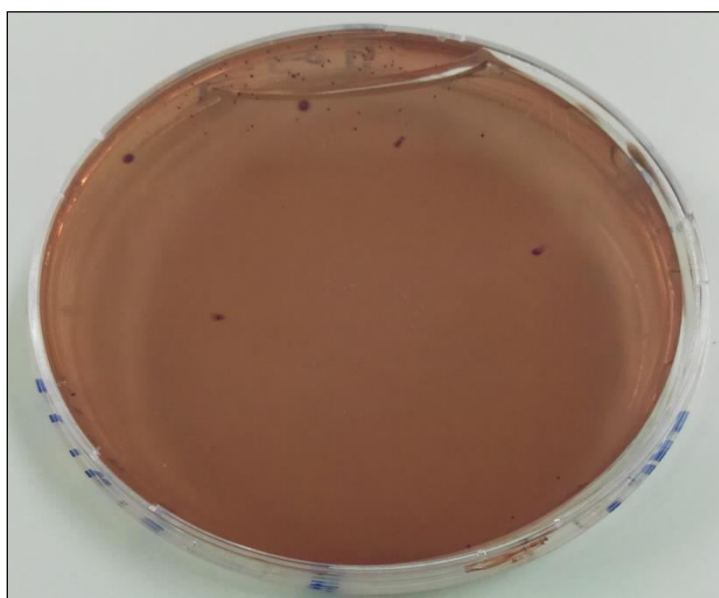
- Celle comprise entre « **m** » et le seuil « **M** », dans ce cas les résultats sont acceptables.
- Celle supérieure au seuil limite « **M** », au-delà duquel les résultats ne sont plus satisfaisants sans pour autant que le produit soit toxique.

Nos résultats du dénombrement d'*Escherichia coli* ne dépassent pas « m », le résultat de ce critère est satisfaisant.

La détection d'*E. Coli* dans les épices est une indication de la contamination par des matières fécales fraîches et de la présence d'agents pathogènes. Cela pourrait être dû au manque de lavage des mains par du manipulateur et au manque d'hygiène personnelle. Cela peut causer différentes maladies, y compris le choléra (site d'internet 01).

II.2.2. Aspect macroscopique des colonies bactériennes d'*Escherichia coli*

La photographie 02 montre l'aspect des colonies qui ont apparu rondes de couleur roses rouge (catalase +) et ayant un diamètre supérieur de 0,5mm à 2 mm.

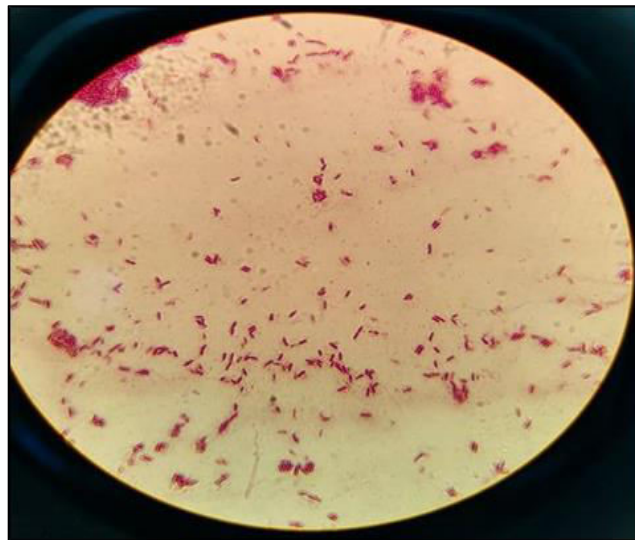


Photographie 02: Aspect macroscopique des colonies d'*Escherichia Coli* après incubation.

II.2.3. Aspect microscopique des colonies bactériennes d'*Escherichia coli*

II.2.3.1. Coloration de Gram

L'observation microscopique des lames colorées par la technique de Gram, montre des bacilles isolés ou en courtes chainettes colorés en rose. Les colonies apparues sont donc des bacilles à Gram négatif.

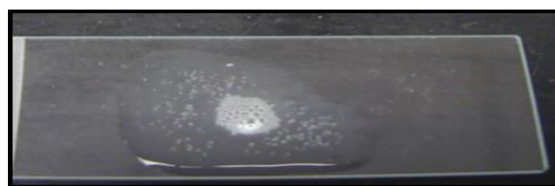


Photographie 03 : Observation microscopique d'*Escherichia coli* de Gr x 100.

II.2.4. Identification Biochimique

II.2.4.1. Test catalase

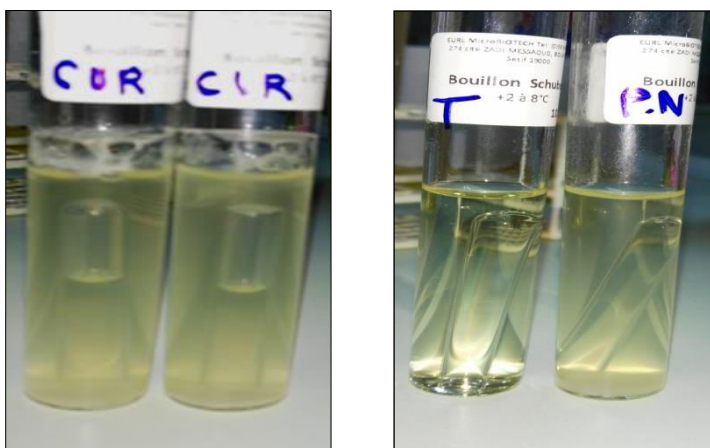
Après effectuer le test catalase on a observé une formation des bulles et un dégagement gazeux qui indique que la Souche est de « **catalase +** ».



Photographie 04: résultat positif de test catalase.

II.2.4.2. Production d'indole (Sur milieu Schubert)

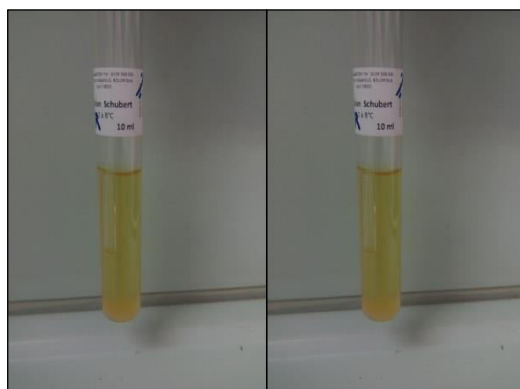
Après 48 h d'incubation à 44 C° on a observé quelques tubes positifs de curcuma présentant un virage de couleur ainsi qu'un dégagement de gaz dans la cloche de Durham.



Photographie 05: Test positif de schubert après l'incubation (curcuma).

II.2.4.3. Test de Mackenzie

On a observé la formation d'anneau rouge à la surface des tubes de curcuma après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs témoignant de la production d'indole par *E. coli*, suite à la dégradation du Tryptophane grâce à la Tryptophanase (**Prescott et al., 2003**).



Photographie 06: Test de confirmation de la présence d'*E. coli* par la production d'indole.

II.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

II.3.1. Dénombrement des colonies

Après 2 jours d'incubation, la présence des levures et des moisissures sur milieu Sabouraud est détectée.

Le nombre total de moisissures et de levures viables a été l'un des critères importants pour le contrôle de l'hygiène, et également pour la prévention de la détérioration des aliments (**Teramura et al., 2015**). On dénombre les colonies de levures et de moisissures sur les boîtes présentant au total 10 à 100 colonies, les résultats sont présents dans le tableau XII.

Tableau XII : Résultats des analyses microbiologiques de levure et moisissures (**Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne**).

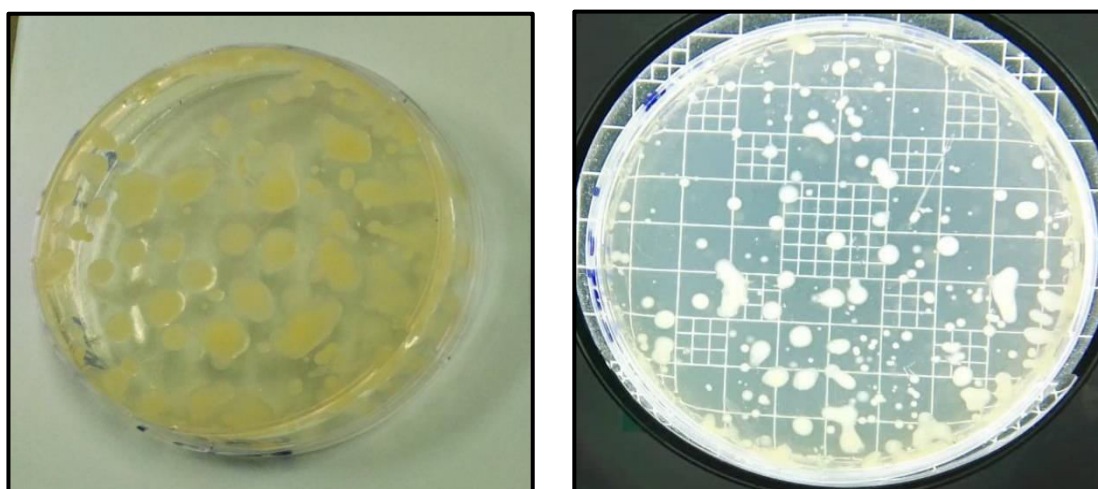
Echantillons	UFC/g			Limites microbiologiques UFC/g	
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	m	M
Curcuma	Indénombrable	72.10^2	Indénombrable	10^4	10^5
Poivre noir	Indénombrable	76.10^2	Indénombrable		
Cannelle	23.10^1	Indénombrable	Indénombrable		

Les résultats du dénombrement des levures et des moisissures sont interprétés selon la norme microbiologique de l'arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne. Cette norme fixe un plan à trois classes de contamination.

Les niveaux de levures et moisissures rencontrés dans les trois échantillons d'épices sont faibles, bien souvent inférieurs à la limite d'acceptabilité « m ».

II.3.2. Aspect macroscopique des colonies

La photographie 07 représente l'aspect macroscopique des colonies des champignons poussées sur milieu Sabouraud après 2 jours et 5 jours, les colonies de couleur beige et de contour bien défini sont produites par les levures, sont aussi sans centre, de couleur intense, contrairement aux champignons qui présentent de larges colonies aux contours diffus et de couleur variable aussi le centre de la colonie présente une coloration intense.



Photographie 07 : l'aspect macroscopique des colonies des levures et moisissures.

II.4. Recherche des staphylocoques à coagulase positif

Après 48 heures d'incubation à 37 C°, une absence totale de staphylocoques aureus sur milieu de culture dans les trois échantillons des épices étudiées.

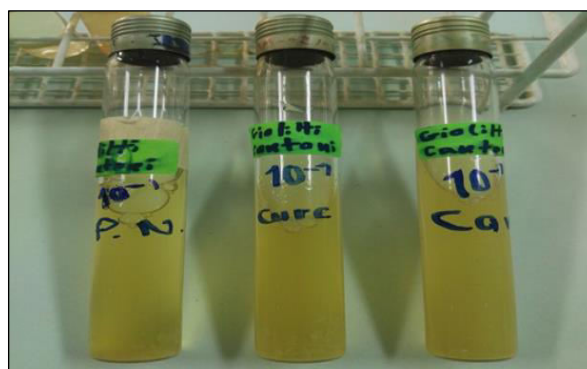
Tableau XIII: Résultats des analyses microbiologiques des staphylocoques à coagulase positif (Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne).

Les échantillons	UFC/g	Limites microbiologiques UFC/g	
	Dilution 10 ⁻¹	m	M
Curcuma	Absence	10 ²	10 ³
Poivre Noir	Absence		
Cannelle	Absence		

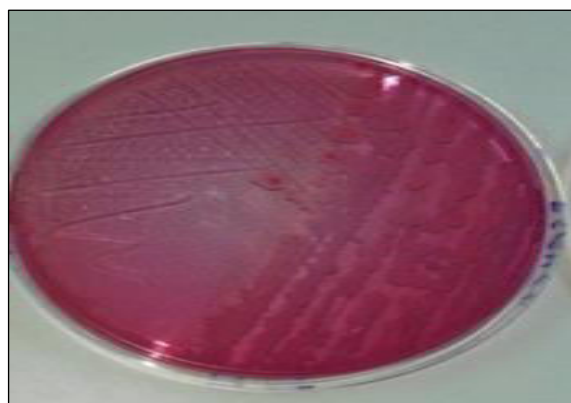
Absence des staphylocoques, donc le résultat du critère microbiologique est satisfaisant.

Les staphylocoques représentent un risque pour la santé humaine, parce que certaines souches appartenant principalement à l'espèce *Staphylococcus aureus* produisent des entérotoxines dont l'ingestion provoque une toxi-infection alimentaire à staphylocoques (Brisabois *et al.*, 1999).

L'absence des staphylocoques indique la mise en place d'un dispositif adéquat en matière d'hygiène notamment le lavage des mains et le comportement du manipulateur d'aliments efficace et aussi la conservation à des températures adéquates permettant d'éviter le dépassement des seuils autorisés qui pourraient présenter des risques sur la santé (Richard *et al.*, 2013).



Photographie 08 : Résultat d'enrichissement des staphylocoques à coagulase positif.



Photographie 09 : Résultat d'isolement des staphylocoques à coagulase positif .

II.5. Recherche de *Salmonella*

Les résultats indiquent l'absence totale des *salmonelles* dans les 3 épices à analyser, tableau XIV.

Salmonella est un agent pathogène extrêmement préoccupant pour les épices en raison de sa capacité à persister dans des environnements à faible teneur en eau et à faible dose d'infection. Dans la présente étude, *Salmonella* n'a été détecté dans aucun des échantillons testés. D'autres enquêtes ont également révélé que cet agent pathogène n'était pas présent dans les épices (González, 2017).

Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques des *Salmonella* (Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne).

Les échantillons	UFC/g	Limites microbiologiques UFC/g	
	Dilution 10 ⁻¹	m	M
Curcuma	Absence	Absence dans 25g	
Poivre Noir	Absence		
Cannelle	Absence		


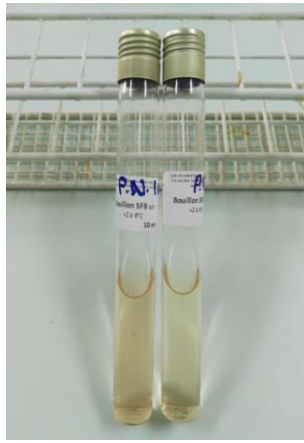

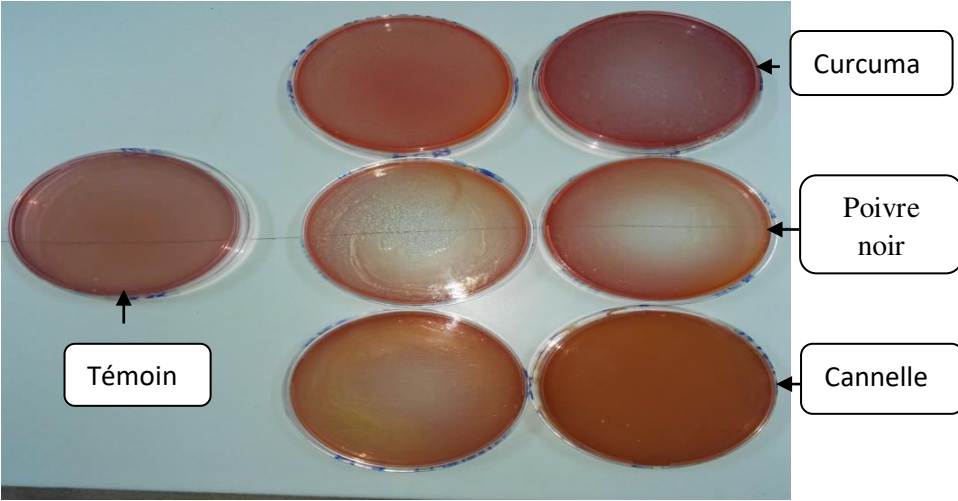
Selon l'Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne, dans le cas des *Salmonelles*, les résultats s'expriment selon un plan à deux classes de la façon suivante :

Pour l'expression "absence dans" :

- Le résultat du critère microbiologique est satisfaisant lorsqu'il y a absence du micro-organisme dans toutes les unités de l'échantillon.
- Le résultat du critère microbiologique est non satisfaisant, lorsque la présence du micro-organisme est détectée dans, au moins, une unité de l'échantillon.

L'absence totale dans tous les échantillons indique les bonnes conditions de traitement, de transport, conservation et de stockage, la présence de cet agent pathogène dans les épices est rare (Auger, 2012).

Tableau XV : Résultats négatifs de l'enrichissement et l'isolement des *salmonelles*.

	Curcuma	Poivre noir	Cannelle
L'enrichissement			
L'isolement			

II.6. Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs (généralement les *Clostridium*)

C. perfringens est une bactérie largement répandue dans tout l'environnement. Elle peut se développer en l'absence d'oxygène (anaérobie) et produit une toxine thermorésistante (site d'internet 01).

Après 72h d'incubation à 46°C, l'Analyse des épices a révélé également l'absence des Anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*), les résultats sont résumés dans le tableau XVI.

Tableau XVI : Résultats des analyses microbiologiques des Anaérobies sulfito-réducteur (Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne).

Les échantillons	UFC/g	Limites microbiologiques UFC/g	
	Dilution 10 ⁻¹	m	M
Curcuma	Absence	10 ³	10 ⁴
Poivre Noir	Absence		
Cannelle	Absence		

Selon l'Arrêté interministériel du 04-10-2016 du JO de la République Algérienne, l'absence des *Clostridium*s reflète que le résultat du critère microbiologique est satisfaisant.

Leur absence est une indication d'absence d'une contamination ancienne (Guiraud ,2003).

Le pH de nos échantillons se situe entre (5.1, 6.48, 4.8) ce qui rend le milieu défavorable pour le développement des *Clostridium*s, qui se développe normalement à un pH de (5,5 - 8).



Photographie 10 : Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs.

III. Discussion générale

Les analyses physico-chimiques est un outil important dans le processus qui consiste à mettre à la disposition du consommateur des produits sains et loyaux. Ces analyses permettent de vérifier :

- La composition des produits (loyauté de la transaction commerciale).
- Les fiches techniques du produit.
- Le respect des normes et des dispositions.

Les analyses physico-chimique sont précisés que le produit est acceptable pour les déterminations effectuées conformément aux normes de l'ESA, vue les différentes valeurs d'analyse.

L'activité de l'eau (AW) est un concept physico-chimique qu'il a une relation avec la capacité de croissance microbienne (**Aydin et al., 2009**).

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit. Il convient donc de s'assurer, par des tests microbiologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie.

La recherche des Staphylocoques à coagulase positif, les Anaérobies sulfito-réducteurs et *Salmonella* a révélé l'absence de ces derniers dans les épices. Par contre on a trouvées quelques levures et moisissures, une flore totale aérobie mésophile et *Escherichia coli* mais avec des nombres limites.

Dans la présente étude, la charge microbienne varie d'épice à épice. Parmi les échantillons d'épices emballés, le plus grand nombre de contaminants est trouvé dans le curcuma.

Une des raisons des variations des résultats pourrait être le fait que la charge microbiologique de cette épice dépend fortement des étapes de traitement entreprises (**Witkowska et al., 2011**), conditions de stockage, du type d'épices et du fait d'être emballé et non emballé (**Parveen et al., 2014**).

Dans des rapports sur les méthodes de traitement dans la production de poivre noir, il a été observé que les prétraitements de grains de poivre, tels que la trempe dans de l'eau bouillante ou la désinfection de surface de fruits frais au poivre avant le séchage, réduisaient

considérablement la charge microbienne même à des niveaux indétectables (**Witkowska *et al*, 2011**).

Certaines épices contiennent des composés antimicrobiens actifs, qui peuvent contribuer à réduire les niveaux de contamination par rapport à d'autres épices (**Tesfaye *et al*, 2018**). Ce qui explique la variation des taux de contamination au niveau des trois échantillons dont le curcuma présente le niveau de contamination le plus élevé, et le niveau le plus bas est trouvé dans la cannelle.

Donc, notre produit est de qualité microbiologique satisfaisante concernant tous les germes recherchés et ceci conformément à l'arrêté interministériel l'arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016.

D'après les résultats d'analyse microbiologique, physico-chimique obtenues, on peut dire que notre produit est de qualité sanitaire et marchande satisfaisante, propre à la consommation et répond aux normes internationales.

Conclusion

Conclusion

L'objectif principal de notre travail est de déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique de trois échantillons des épices emballées (curcuma, poivre noir, cannelle). Nous avons également déterminé le pH, l'humidité et les cendres totales, détecter la présence d'*Escherichia coli*, de *Salmonella*, de Staphylocoques à coagulase positif, des Anaérobies sulfito- réducteurs la numération de la flore totale aérobie mésophile (FTAM), les moisissures et les levures dans diverses épices.

Les résultats obtenus suite aux tests physico-chimiques, réalisés sur les trois épices désignent que le pH est de **5.1** pour le curcuma, **6.48** pour le poivre noir et **4.8** pour la cannelle, La teneur en humidité varie de **11.54 %** pour le curcuma à **13.22 %** de cannelle et **10.65 %** pour le poivre noir. Les teneurs en cendres sont de **8,65 %**, **5.78 %** et **6.76 %** pour le curcuma, cannelle et poivre noir, respectivement.

Les résultats des analyses microbiologiques montrent que la charge microbienne moyenne de la Flore totale aérobie mésophile, levures et moisissures et *E. coli* variaient d'épice en épice, avec une absence totale des Staphylocoques à coagulase positif, des Anaérobies Sulfito- réducteurs et *Salmonella* dans les trois échantillons d'épices.

La variation de la numération microbienne dépend de l'origine différente des épices, des conditions de traitement et de stockage, du type d'épices et du fait d'être emballé et non emballé. La présence des coliformes, des levures et des moisissures peut être dû à un niveau de préparation et / ou de manipulation peu hygiénique.

D'après les résultats d'analyse microbiologique et physico-chimique obtenus, on peut dire que notre produit est de qualité sanitaire et marchande satisfaisante, propre à la consommation et répond aux normes nationales.

Il est souhaitable que la technique aseptique soit utilisée à toutes les étapes de la production, cela permettra de contrôler le risque associé à la présence d'un contaminant microbien. Il faut prendre soin de maintenir de bonnes pratiques d'hygiène, choisir les bonnes feuilles, tandis que les feuilles infectées doivent être jetées et les graines doivent également être séchées correctement avant la production.

Références
Bibliographiques

A

Agence française de normalisation (AFNOR), (2004). Microbiologie des aliments méthode de routine pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive par comptage des colonies à 37 °C. AFNOR, Paris .Pp. 11.

Agence canadienne d'inspection des aliments, (2014). Guide de pratiques hygiéniques à l'intention des fabricants d'épices.

Alexandru M. G. et Alina M. H., (2018). Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods. Academic Press, Cambridge. Pp. 484.

Antonio B., Maria R. C. et Milena S., (2017). The Microbiological Quality of Food. Rob Sykes, Italie. Pp. 350.

Araujo C.C. et Leon L.L., (2010). Biological activities of *curcuma longa L.* *Mémoires Do instituto Oswaldo Cruz.* 96 ,723-728.

Armand A., (2016). Comment produire un poivre de qualité. *Afrique Agriculture.* N° 399, 48-49.

Ahmad N., Hina F., Abbasi B., Shahid F., Mubarak A., (2012). Biological role of *Piper nigrum L.* (Black pepper) *Tropical Biomedicine.* 13, 1945-1953.

Audibert C., (1997). Les épices. Hatier littérature générale, Paris. Pp. 95.

Auger M., (2012). Formation de biofilm in vitro par les souches cliniques d'*Escherichia coli* : impact de la modification des conditions expérimentales. Thèse de doctorat. Université Nante. Pp. 90.

Aurich S., (2009). NIR-spektrometrische Methoden-Entwicklung zur Qualitätsbewertung von Gewürzen und Kräutern. Thèse de doctorat. Université de Rheinische Friedrich-Wilhelms. Pp. 169.

Aydin A., Peter P. et Frans J.M., (2009). The physico-chemical and microbiological properties of wheat flour in Thrace. *Tübitak.* 33, 445-454

B

Bahorun T., (1997). Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Thèse de doctorat. Université de Maurice. Pp. 95.

- Balentine C.W., Crandall P.G., O'Bryan C.A., Duong D.Q. et Pohlman F.W., (2006).** The preand post-grinding application of rosemary and its effects on lipidoxidation and color during storage of ground beef. *Meat Science*.73, 413-421.
- Barbier C., (2014).** L'huile essentielle de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*). Thèse docteur en pharmacie. Université de picardie jules verne .Pp. 83.
- Becila A., (2009).** Préventions Des Altérations et Des Contaminations Microbiennes des Aliments. Mémoire de stage. Université Mentouri. Pp. 90.
- Beerens H. et Luquet F. M., (1987).** Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et produits laitiers, Technique et documentation, Lavoisier, Paris. Pp. 130.
- Bin S., Yi-Zhong C., John D. et Harold C., (2007).** The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International journal of food microbiology* .117, 112-119.
- Bonne L., Richard N. et Paul K., (2013).** Présentation de deux méthodes originales visant à faciliter dans Les IAA, la mise en œuvre des bonnes pratiques d'hygiène et de Fabrication ainsi que de la méthode HACCP, telles que définies par le Codex Alimentarius. Thèse de doctorat. Université Toulouse. Pp. 371.
- Bonnefoy C., Guilly F., Guy L. et Verne-Bourdais E., (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Doin, France. Pp. 245.
- Bougeois C. M. et Leveau J., (1996).** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires : Lavoisier technique et médicale, Paris. Pp. 331.
- Boulouiz H., (2016).** Etude photochimique et recherche des faits hémolytique des extraits isoler des feuilles de *Nerium oleander* laurier rose. Thèse de doctorat en biochimie. Université de Telemcen. Pp. 62.
- Boutchiche S., (2017).** Recherche du pouvoir phytoremediateur de la plante *Coriandrum sativum L.* au plomb et l'impacte de l'extrait de plante sur des rats intoxique au plomb. Thèse de doctorat en biochimie toxicologie. Université d'Oran. Pp. 214.
- Brisabois A., Lafarge V., Brouillaud A., Collette C., Garin-Bastuji B., Thorel M.F., (1999).** Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers : situationen France et en Europe. Centre national d'études vétérinaires et alimentaires. France. Pp.160.

Bruneton J., (1999). Pharmacognosie, phytochimie .In plantes médicinales. Pp. 296-297. Lavoisier, Paris.

Butt M. S., Pasha I., Sultan M. T., Randhawa M. A., Saeed F. et Ahmed W., (2013). Black Pepper and Health Claims: A Comprehensive Treatise. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 53, 875–886.



Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), (2013). Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* thermotolérants dans les échantillons solides ou semi-solides, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec. Pp. 17.

Chahine N., (2014). Effet protecteur du safran contre la cardiotoxicité de la doxorubicine en condition ischémique. Thèse de doctorat en physiopathologie. Université Reims Champagne-Ardenne et l'Université Libanaise. Pp. 210.

Chaouch A., Ghanmi M., Aafi A. et Hassania K., (2012). Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia mesatlantica*, plante endémique du Maroc. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège. 81, 4-21.

Charles D.J., (2013). Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. Springer Science, New York. Pp. 612.

Chirane N., Frenette Y., Sari-Minodier I. et Gérin M., (2009). Évaluation du risque à la santé lié à l'exposition des travailleurs aux poussières d'épices. *Revue Internationale sur l'Ingénierie des Risques Industriels.* 2 ,28- 42.

Christelle H., (2010). Le Curcuma De l'épice au médicament. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré Nancy. Pp. 200.

Comité sur l'élaboration des critères microbiologiques dans les aliments (CECMA), (2009). Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. ISO/CEI 17025. Pp. 59.

Conner D.E. et Beuchat L.R., (1984). Sensitivity of heat-stressed yeasts to essential oils of plants. *Applied Environmental microbiology.* 47,229-233.

Cuq J.L., Guiraud J., Navarro J.M.,(1992). Alimentation et nutrition humaines. In Microbiologie alimentaire, pp. 1267-1330. Dupin ESF. Paris.

Cuvelier M.E., Richard H. et Berset C., (1996). Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. *Journal of the American Oil Chemists' Society*.73, 645-652.

Czarra F., (2009). Spices A Global History. Andrew Smith, London. Pp. 178.



D

Darshan, S. et Doreswamy, R., (2004). Patented anti inflammatory plant drug development from traditional medicine. *Phytotherapy Research*, 18, 343–357.

Daube G., (1992). *Clostridium perfringens* et pathologies digestives. *Annales de médecine vétérinaire* .136, 5-30.

Dhanushka G., Niloo K., Samiuela L., Frank van Der K., David G., Harman R., Louise B., Erika G., Nikolaus S. et Gerald M., (2015). Anti-inflammatory activity of cinnamon (*C. zeylanicum* and *C. cassia*) extracts – identification of E-cinnamaldehyde and o-methoxycinnamaldehyde as the most potent bioactive compounds. *The Royal Society of Chemistry*. 9, 5-37.

Dahel Z. A., (2009). Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna* .Mémoire de Magistère. Université Badji-Mokhtar, Annaba. Pp. 69.

Doukani K., Tabak S., (2014). Profil Physicochimique du fruit "Lendj" (*Arbutus unedo L.*) *Nature & Technology*. 10, 53-66.

Duvoix A., Blasius R., Delhalle S., Schnekenburger M., Morceau F., Henry E., Dicato M. et Ediederich M., (2005). Chemopreventive and therapeutic effects of curcumin. *Journal of cancer*. 223,181-190.

Dzoyem J.P., McGaw L.J., Kuete V. et Bakowsky U., (2017). Anti-inflammatory and Antinociceptive Activities of African Medicinal Spices and Vegetables. **In** Medicinal Spices and Vegetables from Africa .Pp. 239- 259. Copyrighted material, Africa.



E

European spices association (ESA), (2018). Quality minima document .Pp. 19.

Estelle R., (2013). Les plantes exotique dans les cosmétiques : réel intérêt ou effet marketing ?. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Nantes France. Pp. 134.


F

Fabienne E., (2004). La cannelle de Ceylan et ses activités biologiques. Thèse doctorat Sciences pharmaceutiques. Université Joseph Fourier. Pp. 130.

Ferhout H., Bohatier J. et Guillot J., (1999). Antifungal activity of selected essential oils, cinnamaldehyde and carvacrol against *Malasseria furfur* and *Candida albicans*. *Journal of Essential Oil Research* . 11, 119-129.

Figueredo G., Chalchat J.C. et Pasquier B., (2013). Studies of Mediterranean oregano population IV--chemical composition of essential oils of hybrids *Origanum x majoricum* Cambessedes from France, *Origanum x intercedens* Rechinger and *Origanum x minoanum* Davis from Turkey and Crete. *Journal of essential oil research*. 17, 269-300.

Food and agriculture organization (FAO), (1985). Codex standard for wheat flour. STAN 152. Pp. 03.

Food and Agriculture Organization (FAO), (2001). Garantir la sécurité Sanitaire et la qualité des aliments: directives pour le renforcement des systèmes nationaux de contrôle alimentaire. FAO/OMS. Pp. 83.

Food and Agriculture Organization (FAO), (2014). Code d'usages en matière d'hygiène pour les épices et les herbes aromatiques. CAC/RCP 42. Pp. 18.

Food and Agriculture Organization (FAO), (2017). Code d'usages en matière d'hygiène pour les fruits et légumes frais. CXC 53-2003. Pp. 44.

Food and Drug Administration (FDA), (2017). Risk Profile: Pathogens and Filth in Spices. Pp. 221.


G

Gabriel A., Cardoso U., Aurelio L., Maria E. et Sosa M., (2016). Named essential oils. Academic press. London. Pp. 932.

Gacem M.A., Ould El haj khelil A., Gacemi B., (2011). Etude de la qualité physicochimique et micrologique du blé tendre local et importé stocké au niveau de l'office algérien interprofessionnel des céréales (OAIC) de la localité de Saida (Algérie). *Algerian journal of arid environment*. 1, 67-76.

Gangoué P. J., (2007). Caractérisation des beta-lactamases et leur inhibition par les extraits de plantes médicinales. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Liège .Pp. 125.

- Géraldine A., Laurence W. et Catherine M., (2003).** Les épices de la santé. Ambre, France. Pp. 160.
- Germann G. et Germann P., (2014).** Plantes d'aromathérapie. Delachaux et Niestlé, Paris. Pp. 208.
- Ghodki, B. M. et Goswami, T. K., (2019).** Modeling of granular heat transfer in cryogenic grinding system : Black pepparseeds. *Chemical Engineering Research and Design*.141, 302-316.
- Gigon F., (2012)** .Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*. 10, 87-91.
- Gloane C., Boita R., Porphyre V., Techer K., Jahiel M. et Weil M., (2010)** .Valorisation des filières épices à Madagascar. Rapport de mission. Qualité pour le développement en océan indien, France. Pp. 183.
- González M.G.M., Romero S M., Mila A., Ada G.L. et Vaamonde G., (2017).** Microbiological quality of Argentinian paprikaCalidad microbiológica del pimentón argentino. *Revista Argentina de Microbiología*. 49, 339-346.
- Gorgani L., Mohammadi M., Najafpour G. D., et Nikzad M., (2016).** Piperine-The Bioactive Compound of Black Pepper: From Isolation to Medicinal Formulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16, 124–140.
- Govindarajan V.S., (1980).** Turmeric-chemistry technology and quality. *Food Science and Nutrition*. 12,199-301.
- Gretillat J., (2012).** Raifort et wasabi: du piquant au jardin. *Agri*. N° : 30,1-2
- Grugeau C., (1995).** *Curcuma longa L.* (Zingibnberacea). Thèse doctorat pharmacie. Université Limogas. Pp. 110.
- Guilloton M., (2005).** Hypersensibilité aux épices. Incluant les condiments et aromates. Thèse de doctorat. Université de limoges. Pp. 234.
- Guiraud J. P., (1998).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod , Paris. Pp. 696.
- Guiraud J.P., (2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod , Paris .Pp. 139.
- Gulçin I., (2005).** The antioxidant and radical scavenging activities of black pepper (*Piper nigrum*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 65,491-499.

H

Halvorsen B.L., Carlsen M.H., Philip K.M., Bohlen S.K., Holte K. et Jacobs D.R., (2006). Content of redox-active compounds (antioxidants) in foods consumed in the United. *Clinical Nutrition* .84, 95-135.

Hamiroune M., Berber A. et Boubekeur S., (2014). Qualité bactériologique du lait cru de vaches locales et améliorées vendu dans les régions de Jijel et de Blida (Algérie) et impact sur la santé publique. *Annales de médecine vétérinaire* .158, 137-144.

Hartvig K., (2016). Healing spices. Rebecca Woods, London. Pp. 271.

I

ISO, (1997). Détermination des cendres totales des épices. ISO-928.

ISO, (2003). Recherche des Staphylocoques à coagulase positive Méthode horizontale. Pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces). ISO 6888-3.

ISO, (2003). Dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries sulfito réductrices se développant en conditions anaérobies. ISO 15213.

ISO, (2005). Décrit les principes essentiels des systèmes de management de la qualité et en spécifie la terminologie. ISO 9000.

ISO, (2005). Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement *d'Escherichia coli* présumés - Technique du nombre le plus probable .ISO 7251.

ISO, (2012). Dénombrement de *Salmonella spp.* Méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement des Salmonella - Partie 2: dénombrement par une technique miniaturisée du nombre le plus probable. ISO/TS 6579-2.

ISO, (2013). Dénombrement par méthode horizontale des germes totaux aérobies à 30°C- Comptage des colonies à 30° C par la technique d'ensemencement en profondeur. ISO 4833-1.

ISO, (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire - Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique Partie 1 : règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales. ISO 6887-1.

J

Jacqueline P., (2007). *Piper nigrum L.* : aspect botaniques, chimique et pharmacologiques. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Nantes. Pp.84.

Jansen P. C. M., Grubben G. J. H. et Cardon D., (2005). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Wageningen, Pays-Bas. Pp. 238.

Jirovetz L., Buchbauer G. et Eberhardt R., (2000). Analyse und Qualitätskontrolle von ätherischen Zimtölen (Rinden- und Blattöle) verschiedenen Ursprungsmittels GC, GC-MS und Olfaktometrie– Bestimmung des Cumarin- und Safrol-Gehaltes. *Ernährung Nutrition.* 24, 366-369.

Jourdan J.P., (2015). Curcuma et curcumine, de l'histoire aux intérêts thérapeutiques. Thèse docteur en pharmacie. Université CAEN. Pp. 141.

Journal officiel de la république algérienne, (2016). La méthode de détermination du pH des denrées alimentaires en conserve. Pp. 03.

Journal officiel de la république algérienne, (2018). La méthode de détermination des cendres totales dans les épices. Pp. 02.

K

Korsak N., Clinquart A., Daube G.,(2004). *Salmonella spp.* dans les denrées alimentaires d'origine animale : un réel problème de santé publique ?. *Annales de médecine vétérinaire.* 148, 174-193.

Kuntal D., (2016). Turmeric (*Curcuma longa*) Oils. ,Varthur Bangalore, India .Pp. 835.

L

Lebres E., (2005). Manuel des travaux Pratiques analyses des aliments. Séminaire de recyclage. Laboratoires d'hygiène des Wilaya de l'EST. Institut Pasteur d'Algérie.

Lebres ,(2008). Cours d'hygiène et de microbiologie de l'eau. Institut Pasteur d'Algérie.

M

Machhour H., Mahrouz M., Imzilm B., Hadra I. et Idlimam A., (2008). Décontamination de la menthe poivrée par un traitement combiné thermochimique. *Revue des Energies Renouvelables.* 08,203-206.

Mathew A.,(2017). Black Pepper : *Piper nigrum L.* (Piperaceae). **In** Natural Food Flavors and Colorants, Pp.85-91. Hoboken : Wiley-Blackwell, India.

Mathias S., Malteis et Muller S.D.,(2007). Zimt und cumarin : bittere ‘’ wahrheiten’’-beitrag zur extrapolation von risiken. *Jahrgang.103, 378-383.*

Meghwal M. et Goswami T.K., (2012). Nutritional Constituent of Black Pepper as Medicinal Molecules : Reven. *Reviw article. 1, 3-7.*

Mehring A. L., (1994). Total ash determination in spices. *Journal of Agricultural Research.* 11, 569-574.

Melo M. G., Romero S. M., Arjona M., Larumbe A. G., et Vaamonde G.,(2017). Microbiological quality of Argentinian paprika. *Revista Argentina de Microbiología, 49, 339–346.*

Meyer C.et Denis J.P., (2004) . Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, France. Pp. 316.

Milane H. ,(2004). La Quercétine et ses dérivés: molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université Strasbourg. Pp. 160.

Mohammed R.K., Akbar A., Miled H. et Reza M., (2018). Neuro protective potency of some spice herbs, a literature review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine.* 9,98-105.

Moreira P. L., Lourençao T. B., Pinto J. P. A. N. et Rall V. L. M., (2008). Microbiological Quality of Spices Marketed in the City of Botucatu, Sao Paulo, Brazil. *Food Protection.* 72, 421-424.

Muhammad N. et Asad R., (2012). Cumin (*Cuminum cyminum*) comme une source potentielle d'antioxydants. Thèse de doctorat. Université de l'Agriculture. Pp. 99.



Organisation internationale de normalisation (ISO) (2003). – Norme ISO 4833 (F). Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes. Technique par comptage des colonies à 30 °C. ISO. Pp. 11.

Ouraini D., Agoumi A., Alaoui M., Alaoui K., Cherrah Y et Belabbas M. A., (2005). Etude de l'activité des huiles essentielle de plantes aromatique à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophyte, *phytothérapie* .3, 147-157.

P

Parthasarathy V.A., Chempakam B. et John Zachariah T., (2008). Chemistry of spices. Cabi, London. Pp. 455.

Parveen S., Das S., Begum A., Sultana N. et Hoque M. M., (2014). Microbiological quality assessment of three selected spices in Bangladesh. *International Food Research Journal*. 21, 1327-1330.

Peter K. V., (2012). Handbook of Herbs and Spices : volume 1. Woodhead, london. Pp. 624.

Peter K. V., (2012). Handbook of Herbs and Spices : volume 2. Woodhead, london. Pp. 566.

Peter K. V., (2012). Handbook of Herbs and Spices : volume 3. Woodhead, london. Pp. 624.

Peter K.V., (2006). Handbook of Herbs and Spices : volume 3. Woodhead, London. Pp. 568.

PHAM J., (2007). *Piper nigrum L.* : aspects botaniques, chimique et pharmacologiques thèse de doctorat. Université de Nante. Pp. 120.

Prasad M., M. et Seenayya G., (2000). Effect of spices on the growth of redhalo philic cocci isolated from saltcured fish and solarsalt. *Food Research International*. 33,793-798.

Prescott L. M, Harley J. P, Klein D. A., (2003). Microbiologie. De boeck, Bruxelles. Pp : 1164.

R

Rahmani F. et Zenasni R., (2013). *Curcuma longa L.*, Thèse de doctorat en pharmacie. Université Telemcen. Pp. 99.

Raiffaud C., (2001). Produits "bio": de quelle qualité parle-t-on. Editions Educagri, France .Pp. 192.

Redhead J., (1990). Utilisation des aliments tropicaux : sucres, épices et stimulants, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Université de paris. Pp. 22.

Richard P. et Louis B. , (2013). Présentation de deux méthodes originales visant à faciliter dans les IAA, la mise en œuvre des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication ainsi que de

la méthode HACCP, telles que définies par le codex Alimentarius. Thèse de doctorat. Université Toulouse 3 Paul Sabatier. Pp. 371.

Robert L. et Bradley J., (2010). Moisture and Total Solids Analysis. **In** Food Analysis. Pp. 87-104. Springer Science, USA.



Sagdic O. et OzcanM., (2003). Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control*. 14, 141-143.

Sasikumar B., Syamkumar B., Remya R. et Zachariah T., (2005). PCR based detection of adulteration in the market samples of turmeric powder . *Food Biotechnologique*. 18,299–306.

Sasikumar B., (2012). Turmeric. Woodhead Publishing Limited, India .Pp. 534.

Service de la sécurité alimentaire, (2011). Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires Lignes directrices pour l'interprétation. Pp. 49.

Shan B., Cai Y.Z., Brooks G.D. et Cokk H., (2007). The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International Journal of Food Chemistry*. 117,112-119.

Sharandeep K., Noor F. et Swapanil Y., (2017). Antibacterial activity of different extracts of black pepper. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*. 2, 172-173.

Singh V., Utaida S., Jackson L., Jayaswal R., Wilkinson B. et Chamberlain N., (2007). Role for *dnaK* locus in tolerance of multiple stresses in *Staphylococcus aureus*. *Microbiology*. 153, 3162-3173.

Souto E., (2015). Les bienfaits insoupçonnés du gingembre. *Phytochemistry*. 26, 99-102.

Swathy J.S., Prabhakar M., John T. et Mukherjee A. et Chandrasekaran N., (2018). Antimicrobial potency of high-energy emulsified black pepper oil nanoemulsion against aquaculture pathogen. *Aquaculture*. 491, 210–220.



Tchiégang C. et Mbougoueng P.D., (2005). Composition chimique des épices utilisées dans la préparation du *Nahpoh* et du *Nkui* de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*. 23, 193-200.

Teixeira D. et al., (2005). Processing bodies require RNA for assembly and contain on translating mRNAs. *RNA* .11, 371-82.

TengX., Zhang M. et Devahastin S., (2019). New developments on ultrasound-assisted processing and flavor detection of spices. *Ultra sonics Sonochemistry*. 55, 297-307.

Teramura, H., Ushiyama, M., et Ogihara, H., (2015). Evaluation of a novel dry sheet culture method (Sanita-kunR) for rapid enumeration of yeasts and molds in foods. *Journal of Microbiological Methods*, 109, 16–19.

Tesfaye L. B., Firehiwot A. D., Samson G. , Waktole G. Sima, Redwan M. E., Rahel F. M. et Tigist Y. N. , (2018). Microbial Evaluation of Spices in Ethiopia. *The open microbiologie journal* .12, 422-429.

Tesfaye L.B., Firehiwot A.D., Samson G.G., Waktole G. S., Redwan M. E., Rahel F. M., Tigist Y. N. et Yosef B. A., (2018). Microbial Evaluation of Spices in Ethiopia. *The open microbiology journal*. 12, 422-429.

Tidjini A.,Taibi A ., (2014) .étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de curcuma longa.sur la viande bovine conta minée par *E.Coli* 0157 : H7. Mémoire de master. Université de Telemcen. Pp. 197.



Vangalapati M., Satya S. N., Prakash S. D.V. et Avanigadda S.,(2012). Pharmacological Activities and Clinical effects of Cinnamon Species. *Pharmaceutical. Biological and Chemical Sciences*. 3, 653-663.



Waje C. K., Kim H.-K., Kim K.-S., Todoriki S., et Kwon J.H., (2008) . Physico-chemical and Microbiological Qualities of Steamed and Irradiated Ground Black Pepper (*Piper nigrum L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56, 4592–4596.

Walker R. L., Hirsh D. C. et Maclachlan N.J., (2004). Clostridium, Veterinary microbiology .Blackwell, london .Pp 535.

Witkowska A. M., Hickey D. K., Alonso-Gomez M., et Wilkinson M. G., (2011). The microbiological quality of commercial herb and spice preparations used in the formulation of a chicken supreme ready meal and microbial survival following a simulated industrial heating process. *Food Control*. 22, 616–625.

Z

Zhang W.J. et Bjorn L.O., (2009). The effect of ultraviolet radiation on the accumulation of medicinal compounds in plants. *Fitoterapia*. 80,207-218.

Zhu F., Mojel R. et Li G., (2017). Structure of black pepper (*Piper nigrum*) starch. *Food Hydrocolloids*. 71, 102–107.

Site d'internet

➤ **Site d'internet 01**

<http://www.securite-alimentaire.com/actualites/l-interpretation-des-analyses-microbiologiques> .Consulté le 25 mai.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Matériel et réactifs utilisés.

➤ Appareillage

- Balance analytique.
- Bain marie.
- Matériel de stérilisation: (bec bunsen, autoclaves).
- Dessiccateur garni d'un agent déshydratant efficace.
- Four à moufle électrique réglable à $550\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$.
- Agitateur magnétique (plaque chauffante) avec barre magnétique.
- Matériel d'incubation : étuves de température différentes (30 °C , 37 °C , 44 °C ...).
- Ph mètre.
- Microscope optique.
- Compteur des colonies.

➤ Petit matériel

- Des tubes à essais.
- Pipettes pasteur stériles.
- Spatules.
- Boîtes de pétri d'environ $49\text{ mm} \times 9\text{ mm}$.
- Des pipettes graduées stériles de 1 ml.
- Flacons de 250 ml.
- Ciseau.
- Anse de platine.
- Lames et lamelles.
- Des capsules.

➤ Produits

- Violet de gentiane.
- Fuchsine.
- Huile de cèdre.
- Eau physiologique stérile.
- Solutions tampons : pour l'étalonnage du pH-mètre.
- Lugol.
- Ethanol.
- Bleu de méthylène.

Solution tampon de pH 4,00 à 20 °C et 4,01 à 25 °C .

Solution tampon de pH 6, 88 à 20 °C et 6, 86 à 25 °C .

➤ Réactifs

- Kovacs (Test de Mackenzie).
- Sulfite de sodium.
- Alun de fer.

Annexes

Annexe 02 : Appareillages utilisés.



Figure 01 : Etuve

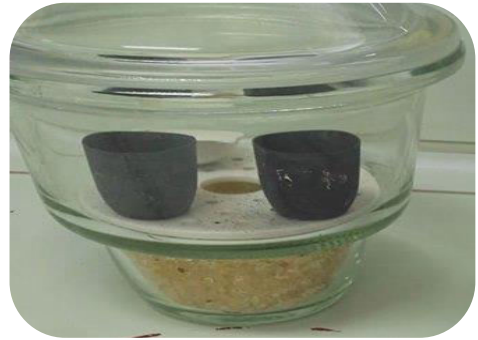


Figure 02 : Dessiccateur



Figure 03 : Four à moufle électrique

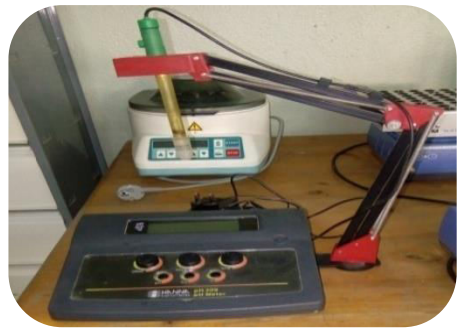


Figure 04 : pH mètre



Figure 05 : Compteur des colonies



Figure 06 : Microscope Optique



Figure 07 : Autoclave

Annexes

Annexe 03 : Composition des milieux de culture utilisée.

Des milieux de cultures solides et liquides sélectives ont été utilisés pour la recherche et l'isolement de différentes flores présentes dans les épices analysées.

- **Gélose nutritive** : utilisé pour la flore totale aérobie mésophile FTAM.

Pour 1 litre de milieu :

Peptone.....	5,00g
Extrait de viande de bœuf.....	3,00g
Agar.....	15,00g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 6,8 ±0.2.

- **Gélose VRBL** (milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)

Pour 1 litre de milieu :

Peptone pepsique de viande	7,0 g
Extrait autolytique de levure	3,0 g
Lactose	10,0 g
Sels biliaires.....	1,5 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Rouge neutre.....	30,0 mg
Cristal violet	2,0 mg
Agar agar bactériologique.....	12,0 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,4 ± 0,2.

- **La gélose glucosée viande-foie** : est utilisée pour le dénombrement des spores de *Clostridium* sulfite réducteurs dans les produits alimentaires.

Pour 1 litre de milieu :

Peptone viande-foie	30,0 g
Glucose.....	2,0 g
Amidon soluble	2,0 g
Sulfite de sodium	2,5 g

Annexes

Citrate de fer ammoniacal.....0,5 g

Agar agar bactériologique.....11,0 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $7,6 \pm 0,2$.

- **Gélose Chapman** est un milieu sélectif pour l'isolement et la numération des *Staphylocoques*.

Pour 1 litre de milieu :

Peptone :.....10,0 g

Extrait de viande de bœuf :.....1,0 g

Chlorure de sodium :.....75,0 g

Mannitol :.....10,0 g

Rouge de phénol :.....0,025 g

Agar-Agar :.....15,0 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25 °C : 7,4.

- **Gélose Sabouraud** : milieu sélectif pour l'isolement des levures et moisissures

Pour 1 litre de milieu :

Peptone..... 10 g

Glucose massé..... 20 g

Agar-agar..... 15 g

vitamines et facteurs de croissance

pH du milieu prêt à l'emploi à 25 °C : 6,0.

- **Gélose SS (Salmonella-Shigella)** : est utilisée pour l'isolement des salmonelles et des Shigelles dans les produits alimentaires.

Pour 1 litre de milieu :

Peptone.....5,0 g

extrait de viande.....5,0 g

lactose.....10,0 g

Annexes

citrate de sodium.....	10,0 g
citrate de fer III.....	1,0 g
sels biliaires.....	8,5 g
vert brillant.....	3,3 mg
rouge neutre.....	25 mg
thiosulfate de sodium.....	8,5 g
Agar agar	12,0 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $7,0 \pm 0,2$.

➤ **Bouillon Schubert**

Pour 1 ml de milieu :

Tryptophane.....	0,2 g
Acide glutamique.....	0,2 g
Sulfate de magnésium.....	0,7 g
Sulfate d'ammonium.....	0,4 g
Citrate de sodium.....	0,5 g
Chlorure de sodium.....	0, 2 g
Tryptone Oxoid.....	10 g

- **Bouillon de Giolitti et Cantoni** : est un milieu d'enrichissement sélectif utilisé pour la recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive dans les produits alimentaires.

Pour 1 litre de milieu :

Tryptone :.....	10,0 g
Extrait de viande :.....	5,0 g
Extrait autolytique de levure :	5,0 g
Glycine :	1,2 g

Annexes

Mannitol :	20,0 g
Pyruvate de sodium :	3,0 g
Chlorure de sodium :	5,0 g
Chlorure de lithium :	5,0 g
Tween 80 :	1,0 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $6,9 \pm 0,2$.

- **S.F.B (bouillon au sélénite cystéine)(S/C) et SFB (D/C) :** milieu sélectif pour l'enrichissement des salmonelles.

Pour 1 litre de milieu :

Tryptone.....	5,00 g
Lactose.....	4,00 g
Sélénite acide de sodium.....	4,00 g
Phosphate disodique.....	10,00 g
L-cystine.....	0,01 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $7,0 \pm 0,2$.

Le milieu en flacons ou en tubes se conserve à l'obscurité entre 2 et 8°C jusqu'à la date d'expiration indiquée sur l'emballage.

Annexe 04 : composition des Solution et réactifs utilisés.

- **Eau physiologique**

Chlorure de sodium (Na cl).....	9 g
Eau distille.....	1000 ml

- **Réactifs de la coloration de Gram**

- **Violet de Gentiane**

Phénol.....	2,0 g
Violet de gentiane.....	1,0 g
Éthanol à 90°.....	10 ml

Annexes

Eau distille..... 100 ml

- **Lugol**

Iodure de potassium..... 2,0 g

Iode métalloïde..... 1,0 g

Eau distille..... 300 ml

- **Fuchsine de Ziehl**

Fuchsine basique..... 1.0g

Phénol..... 5.0g

Éthanol à 90°..... 10 ml

Eau distillée..... 100 ml

- **Réactif de Kovacs**

Paradiméthylaminobenzaldehyde.....5 g

Alcool iso-amylque.....75 ml

Acide chlorhydrique.....25 ml

Conserver en flacon ambré entre 2 et 8°C

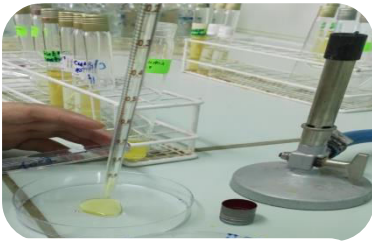
- **Solution tampon**

Mettre dans 400 ml d'Eau distillée + 55 ml d'HCl concentré. Ajouter 310 ml de 2-Aminoéthanol, 100 mg d'EDTA magnésien. Compléter à 1000 ml d'Eau distillée.

Annexes

Annexe 05: Protocoles des analyses Microbiologiques.

1. Recherche d'*Escherichia coli*

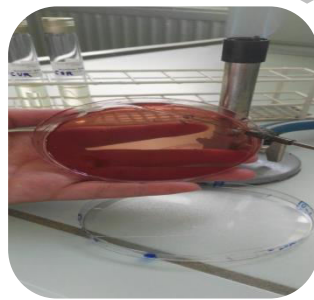
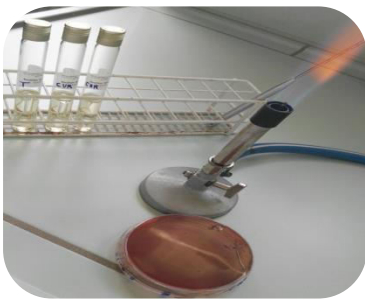


Prélever 1ml de la dilution 10^{-1} , et l'introduire dans une boîte de pétri stérile

1. Couler au dessus une première couche 20 ml de gélose VRBL, homogénéisé, laissé solidifier sur une surface froide.

L'incubation à 44°C pendant 24 à 48 heures

2. Couler à nouveau 4 ml une deuxième couche de gélose VRBL.



Effectuer un prélèvement sur les colonies roses foncé, et les ensemencées dans un tube contenant du bouillon Schubert plus la cloche de durham

L'incubation à 44°C pendant 24 à 48 heures.

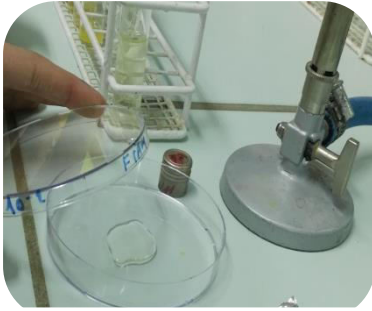


Les tubes positifs (un dégagement gazeux), Ajouter 02 à 03 gouttes de réactif de Kovacs

Recherche et Dénombrement des *Escherichia coli*

Annexes

2. Dénombrement La flore totale aérobie mésophile



1. Couler au dessus une couche de 20 ml de gélose nutritive homogénéisé, laissé solidifier.
2. Rajouter une deuxième couche 5 ml de la même gélose.



Prélever 1ml de la dilution, et l'introduire dans une boîte de pétri stérile.

Incubation avec le couvercle en bas à 30 C° pendant 72 heures

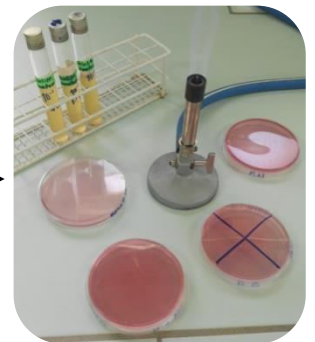
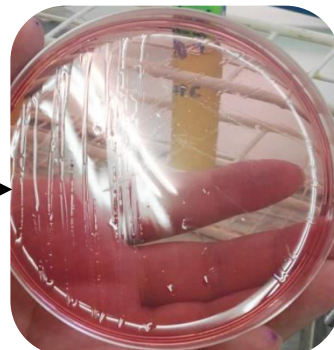
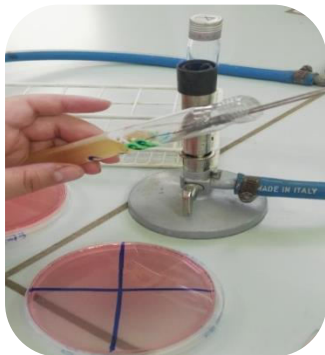
Dénombrement La flore totale aérobie mésophile

3. Recherche des staphylocoques à coagulase positif



Prélever 1 ml à partir de la dilution 10^{-1} , et l'introduire dans un tube contenant bouillon giolitti-canttoni

Incubation à 37 C° pendant 24 à 48 heures



Procéder à un ensemencement en stries à l'aide de l'anse de platine stérile partir des tubes positifs sur la surface de la gélose chapman

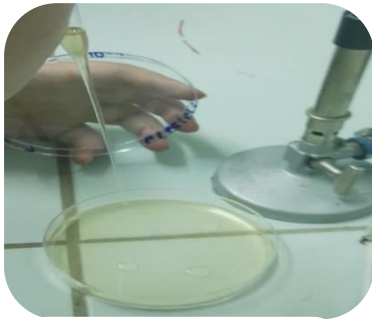
Incubation à 37 C° pendant 24 à 48 heures

en boîte de pétrie stérile

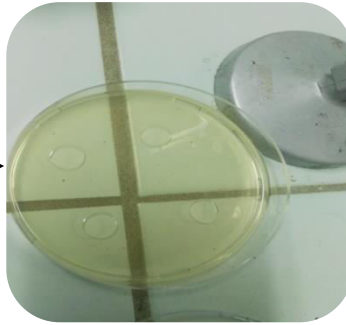
Recherche des staphylocoques à coagulase positif

Annexes

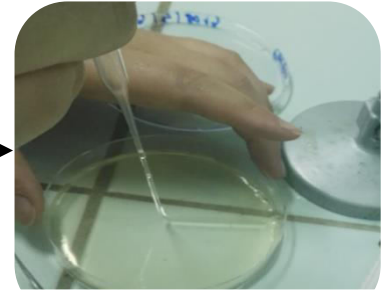
4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures



Prélever 04 gouttes à partir de la dilution décimale



Déposer les 4 gouttes sur la surface de la gélose sabouraud



Etaler l'inoculum à l'aide d'un râteau, On l'incube à 25C° pendant 5 jours

Recherche et dénombrement des levures et moisissures

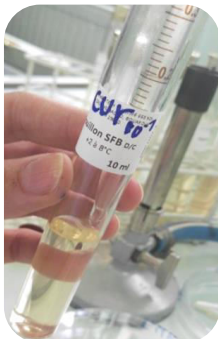
5. Recherche des *salmonella*



L'introduction de 1ml la dilution décimale 10^{-1} , l'introduire dans :

- un tube contenant 10 ml de bouillon SFB S/C stérile.
- un tube contenant 10 ml de bouillon SFB D/C stérile

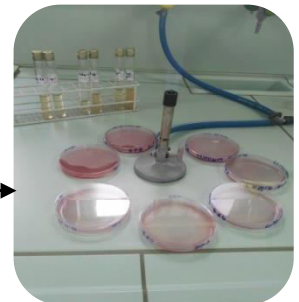
Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures



L'introduire 1ml et de chaque tube positif dans une boîte de pétri stérile.



Couler environ 20 ml de gélose SS



Laissé solidifier puis en l'incube à 37°C pendant 24 à 48 h

Recherche de *salmonella*

Annexes

6. Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs



1 ml de la dilution
dans un tube sec
stérile



Chauffage des tubes
au bain marie à 80
C° pendant 10 min



Refroidissement
sous l'eau du
robinet



L'ajouter de la
gélose viande foie
additionné d'alun de
fer et de sulfite de
sodium



Incubation à 46 C° pendant 24 à 48 heures

Recherche des Anaérobies sulfito-réducteurs

Annexes

Annexe 06 : Paramètres physico-chimiques, calculés sur la matière sèche pour les cendres, le teneur en humidité.

PRODUIT ⁽¹⁾	Cendres % W/W MAX*	Cendres insolubles dans l'acide % W/W MAX*	H ₂ O % W/W MAX*	V/O ml/100g MIN*	NOTES
SAFRAN ENTIER	8	1	12	-	
SAFRAN MOULU	8	1,5	10	-	
FEUILLES DE SAUGE	12	2	12	1,5	
SARRIETTE	12	1	12	0,5	
MENTHE	12	2,5	13	0,5	
ANIS ÉTOILÉ	3	0,5	8	7	
ESTRAGON	12	1,5	8	0,5	
THYM	12	3,5	12	1	
CURCUMA					
Entier	8	2	12	2,5	
Moulu	9	2,5	10	1,5	

PRODUIT ⁽¹⁾	Cendres % W/W MAX*	Cendres insolubles dans l'acide % W/W MAX*	H ₂ O % W/W MAX*	V/O ml/100g MIN*	NOTES
AIL SÉCHÉ / DÉSHYDRATÉ	6	0,5	6,5	-	En raison de la nature hygroscopique de ces produits, une humidité inférieure peut être demandée.
GINGEMBRE	8	2	12	1,5	
BAIES DE GENIÈVRE	5	1	16	1,4	
FEUILLES DE LAURIER	7	2	8	1	
CITRONNELLE	8	2,5	10	Traces**	
MACIS	4	0,5	10	5	
MARJOLAINE	10	2	12	0,7	
GRAINES DE MOUTARDE	6,5	1	10	-	
NOIX DE MUSCADE	3	0,5	10	5 – 6,5 selon le calibre	
OIGNON Allium cepa	5	0,5	6 – 8 (selon l'origine)	-	En raison de la nature hygroscopique de ces produits, une humidité inférieure peut être demandée.
ORIGAN	10	2	12	1,5	
PAPRIKA MOULU	10	2	11	-	
PERSIL	14	1,5	7,5	Traces**	L'origine anglaise n'est pas concernée.
POIVRE NOIR	7	1,5	12	2	

Annexes

PRODUIT ⁽¹⁾	Cendres % W/W MAX*	Cendres insolubles dans l'acide % W/W MAX*	H ₂ O % W/W MAX*	V/O ml/100g MIN*	NOTES
ANIS	9	2,5	12	1	
BASILIC	18	2,0	12	0,5	
CARVI	8	1,5	13	2,5	
CARDAMOME	9	2,5	12	4,0	
GRAINES DE CÉLERI	12	3	11	1,5	
FEUILLES DE CÉLERI	20	1	8	Traces**	
CERFEUIL	17	2	8	Traces**	
PIMENT	10	1,8	11	-	
CIBOULETTE	13	2	8	Traces**	
CANNELLE (CEYLAN) (CASSIA)	7	2	14	0,7 – 1 (ISO 6539 ISO 6538) en fonction de l'espèce botanique	L'utilisation de SO ₂ est autorisée uniquement pour la cannelle de Ceylan, Annexe II du règlement (CE) n°1333/2008. L'apparition de notes de styrène peuvent être évitées en contrôlant l'humidité tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

Annexe 07: l'arrêté interministériel du : 04 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires « journal officiel de la république algérienne N°39 du « 2 juillet 2017 » .

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Fruits et légumes frais	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
Fruits et légumes prêts à l'emploi ⁽¹⁾	Germes aérobies à 30 °C	5	2	5.10 ⁶	5.10 ⁷
	Flore lactique	5	2	5.10 ⁵	5.10 ⁶
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Épices, mélange d'épices et herbes aromatiques séchées	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	Anaérobies sulfite-réducteurs	5	2	10 ³	10 ⁴
	Levures et moisissures	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Bacillus cereus</i> ⁽²⁾	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des épices

Mémoire présente en vue l'obtention du diplôme de Master En Microbiologie appliquée

Résumé

Nous avons effectué une évaluation de la qualité de trois épices emballées (curcuma, poivre noir et cannelle). Parmi les domaines étudiés, il existe les paramètres physicochimiques en termes de cendres, d'humidité, de pH, et les paramètres microbiologique en termes la flore totale aérobies mésophile, *E. coli*, des anaérobies sulfito-réducteurs, de levures et moisissures, Staphylocoques à coagulase positif et *Salmonella*.

Les paramètres physico-chimiques étudiés, le pH (5.1 pour le curcuma, 6.48 pour le poivre noir et 4.8 pour la cannelle), les niveaux de cendres (8,65 %, 5.78 et 6.76 % respectivement pour le curcuma, cannelle et poivre noir) des échantillons et les teneurs en humidité (11.54 % pour le curcuma à 13.32% de cannelle et 10.65% pour le poivre noir) sont inférieurs que les limites fixées par l'ESA ; aussi que les résultats de numération des FTAM (13.10^2 UFC/g pour le curcuma, 16.10^3 UFC/g pour le poivre noir 27.10^2 UFC/g pour la cannelle), des levures et moisissure (72.10^2 UFC/g pour le curcuma, 76.10^2 UFC/g pour le poivre noir 23.10^1 UFC/g pour la cannelle) et *E.coli* (5.10^1 UFC/g pour le curcuma 3.10^1 UFC/g pour le poivre noire et absence dans la cannelle) sont inférieurs aux normes indiquées par le journal officiel en plus de l'absence Staphylocoques à coagulase positif, des *salmonelles*, et des anaérobies sulfito réducteurs.

Les résultats obtenus montrent que la qualité des épices étudiées est satisfaisante par rapport aux critères retenus en Algérie.

Mots clés : Epices, qualité, Analyses physico chimiques, Analyses microbiologiques, curcuma, poivre noir, cannelle.

ملخص

يقدم هذا البحث نتائج تقييم جودة ثلاث بهارات مغلقة (الكرم واللفل الأسود والقرفة) استنادا على المعايير الجزائرية و الدولية، حيث شملت الدراسة المعايير الفيزيائية والكيميائية من حيث محتوى الرماد الكلي والرطوبة ودرجة الحموضة؛ وكذلك التحليل الميكروبيولوجية التي شملت الهوائيات المتوسطة، الاشريكية القولونية، الخماثر والعفن، المكورة العنقودية، السالمونيلا واللاهوائيات المختزلة للكبريت. نتائج التحليل الفيزيائية والكيميائية التي تمت دراستها كانت كالتالي: درجة الحموضة (5.1 للكرم، 6.48 لللفل الأسود و 4.8 للقرفة)، مستويات الرماد (8.65 % ، 5.78 و 6.76% على التوالي لعينات الكرم والقرفة واللفل الأسود) ومحتوى الرطوبة (11.54 % للكرم عند 13.32% قرفة و 10.65% لللفل الأسود، حيث لم تتعدى الحدود التي وضعتها المنظمات الجزائرية و الأوروبية للبهارات؛ وكذلك نتائج عدد الهوائيات المتوسطة (13.10^2 CFU/g للكرم، 16.10^3 CFU / g لللفل الأسود 27.10^2 CFU / g للقرفة)، الخماثر والعفن (72.10^2 CFU / g للكرم، 76.10^2 CFU / g لللفل الأسود 23.10^1 CFU / g للقرفة) والاشريكية القولونية (5.10^1 CFU/ g للكرم 3.10^1 CFU / g لللفل الأسود وغياب القرفة) كانت أقل من المعايير المذكورة في الجريدة الرسمية بالإضافة إلى غياب السالمونيلا ، المكورة العنقودية واللاهوائية للحد من الكبريتات. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن جودة التوابل التي تمت دراستها مقبولة و في المستوى مقارنة بالمعايير المستخدمة في الجزائر.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية للتوابل وجودتها من الناحية الميكروبيولوجية

الكلمات المفتاحية: التوابل، التحليل الميكروبيولوجي، الكرم، الجودة، التحليلات الفيزيائية والكيميائية، اللفل الأسود، القرفة