

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAADDAHLEBLIDA 1



Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département d'Agro-alimentaire

Mémoire de Master

Option : Agroalimentaire et contrôle de qualité

**Développement de Charcuterie Sans Nitrite : Application de Poudres
de Plantes comme Colorants Naturels et Étude de la Qualité**

Réalisé par :

Ouchaoua Ahlem

Gamouda Abdessalam

Devant le jury:

Dr ABDELLAOUI Z.

MCB, U.S.D.B

Présidente

Dr OUREZDINNE W.

MCB, U.S.D.B

Examinatrice

Dr NABI I.

MAB, U.S.D.B

Promotrice

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à l'Université Saad Dahleb – Blida 1, qui nous a offert un cadre d'apprentissage enrichissant tout au long de notre parcours.

Nos remerciements les plus sincères vont également à **Madame Abdellaoui**, Présidente du jury, et à **Madame Ouizzerdine**, examinatrice, pour l'intérêt qu'elles ont porté à ce travail, leur présence bienveillante et les remarques constructives dont nous avons pleinement bénéficié.

Nous tenons à adresser une reconnaissance toute particulière à notre promotrice, **Madame Nabilkram**, pour son accompagnement exceptionnel tout au long de ce mémoire. Par son écoute, ses conseils avisés, sa rigueur scientifique et sa bienveillance, elle a su éclairer chaque étape de ce travail. Sa passion et son engagement nous ont non seulement guidées, mais également inspirées.

Nous lui témoignons ici toute notre estime et notre profonde gratitude.

Nous remercions également les responsables de laboratoire, **Madame AissiHiba** et **Madame Chafika**, pour leurs soutiens, leurs disponibilités et leurs précieuses assistances durant la réalisation des travaux pratiques.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à **Monsieur Remdan**, pour son encadrement attentif, ainsi qu'à Mr. Halim et Ami Ali, membres du personnel administratif, pour leur aide précieuse, leur gentillesse et leur disponibilité tout au long de notre parcours.

Nous remercions enfin toute l'équipe de l'entreprise **SOCOV**, qui nous a chaleureusement accueillies lors de notre stage. Nous tenons particulièrement à remercier **Monsieur Samir**, Directeur Général, pour sa confiance, ainsi que **Yasmine, Nour, Safa, Madame Hayet** et **Samir** pour leur encadrement, leur bonne humeur et leur partage d'expérience.

À toutes ces personnes, nous disons merci du fond du cœur. Ce mémoire est en partie le fruit de votre accompagnement.

OuchaouaAhlem et GamoudaAbdessalam

DEDICACE

À mes parents,

Votre simple présence suffit à apaiser mes doutes. Vous êtes mes racines profondes, silencieuses mais solides, celles qui me tiennent debout même dans les tempêtes.

Si j'avance aujourd'hui, c'est parce que vos cœurs ont toujours battu autour du mien.

À mes frères et sœurs,

Yasmin, la force tranquille, toujours présente même dans le silence. **Zineb**, la tendresse vive, capable d'adoucir les journées les plus lourdes. **Fateh**, la sagesse posée, repère discret dans la tempête. **Amine**, la lumière joyeuse, l'homme souriant même sans raison.

Chacun de vous m'a offert, à sa manière, un soutien précieux que je porte avec moi.

À mes copines Amira et Leena,

Celles qui m'ont tendu la main, encouragée sans relâche, et souri même dans mes silences. Merci d'avoir croire en moi et en ma réussite toujours.

À Ghachid et Abdou,

Pour votre présence authentique, dans les hauts comme dans les bas. Merci d'avoir été là, simplement, humainement.

À mes compagnes de route,

Chaïma, Abeer, Nihad, Leïla, Djihane, Fériel, Bouchra et Hiba, pour les rires étouffés, les regards complices et le soutien discret. Vous avez rendu ce chemin plus doux.

À Abdessalam, mon binôme,

Ton empreinte est inscrite dans chaque ligne de ce mémoire. Merci pour l'effort partagé, la rigueur, et cette volonté commune d'aller jusqu'au bout, ensemble.

Et à mon oncle Hamid,

Paix à ton âme. Tu n'es plus là, mais ton souvenir est partout, dans mes choix, dans mes réussites, dans mes pensées les plus profondes.

Ce travail, je te le dédie. Il est né de ma volonté de te rendre fier, même depuis l'autre rive.

Qu'il repose en paix, et que cette réussite porte un peu de la mémoire de son amour et de sa fierté.

Ahlem

DEDICACE

À mes chers parents,

En témoignage de toute ma gratitude pour les sacrifices qu'ils ont consentis afin de me soutenir et de m'encourager dans mon parcours. Que Dieu, le Tout-Puissant, leurs accorde santé et longue vie.

À mon frère et à ma sœur,

Pour leur affection, leur appui constant et leurs encouragements sincères, je leur exprime tout mon respect et ma reconnaissance profonde.

À mes amis(es)

Puisse ce travail refléter ma reconnaissance pour les moments partagés et leur soutien indéfectible tout au long de ces années.

À Ahlem, mon binôme,

Pour son esprit d'équipe, sa patience et son engagement sans faille ; ta collaboration a été précieuse à chaque étape de ce travail.

À ma famille, et tous ceux qui me sont chers,

Je vous dédie ce travail comme une humble expression de mon amour et de mes vœux de bonheur et de réussite.

Abdessalem

Résumé

Dans un contexte où la consommation des charcuteries industrielles soulève des préoccupations sanitaires en raison de l'usage des nitrites, ce travail vise à développer une alternative naturelle en formulant un pâté de volaille sans nitrites. La démarche adoptée repose sur l'incorporation de poudres végétales issues de *Hibiscus sabdariffa* (carcadé) et de betterave rouge, reconnues pour leurs propriétés colorantes et antioxydantes.

Un plan factoriel complet a été mis en œuvre, faisant varier la concentration de carcadé (facteur C), tandis que la betterave (facteur B) a été maintenue constante. Trois formulations ont été préparées et soumises à des analyses physico-chimiques, microbiologiques, nutritionnelles et sensorielles.

Les résultats ont montré que la formulation contenant 1 % de carcadé (C) et une quantité stable de betterave (B) présentait une valeur de pH autour de 5, indiquant une bonne stabilité physico-chimique. Le suivi de l'activité antioxydante a révélé une meilleure stabilité parmi les trois échantillons, avec des pourcentages d'inhibition avoisinant les 100 %, confirmant l'efficacité des extraits végétaux utilisés.

Le test organoleptique a permis de sélectionner la formulation optimale P1 (carcadé + betterave), qui a obtenu un score global de 9/10, témoignant d'une excellente acceptabilité sensorielle (couleur, goût, arôme, texture).

En conclusion, cette étude démontre qu'il est possible de formuler un produit charcutier sans nitrites, stable et sensoriellement apprécié, en utilisant des poudres naturelles riches en pigments et antioxydants.

Mots clés : Charcuterie sans nitrite, Hibiscussabdariffa, Betavulgaris, Antioxydants naturels, Colorants alimentaires végétaux, Pâté de volaille, Qualité nutritionnelle, Stabilité microbiologique.

Abstract

In a context where the consumption of industrial processed meats raises health concerns due to the use of nitrites, this study aims to develop a natural alternative by formulating a nitrite-free poultry pâté. The approach is based on incorporating plant powders derived from *Hibiscus sabdariffa* (roselle) and red beetroot, known for their coloring and antioxidant properties.

A full factorial design was implemented, varying the concentration of roselle (factor C), while keeping the amount of beetroot (factor B) constant. Three formulations were prepared and subjected to physicochemical, microbiological, nutritional, and sensory analyses.

The results showed that the formulation containing 1% roselle (C) and a fixed amount of beetroot (B) had a pH value around 5, indicating good physicochemical stability. Monitoring of antioxidant activity revealed the best stability among the three samples, with inhibition percentages close to 100%, confirming the effectiveness of the plant extracts used.

The organoleptic test identified the optimal formulation P1 (roselle + beetroot), which achieved an overall score of 9/10, reflecting excellent sensory acceptability (color, taste, aroma, and texture).

In conclusion, this study demonstrates that it is possible to formulate a nitrite-free processed meat product that is both stable and sensorily appreciated, using natural powders rich in pigments and antioxidants.

Keywords: Nitrite-free processed meat, *Hibiscus sabdariffa*, *Beta vulgaris*, Natural antioxidants, Plant-based food colorants, Poultry pâté, Nutritional quality, Microbiological stability.

الملخص

بدل تطوير إلى العمل هذا يهدف النيتريت، استخدام بسبب الصناعية المصنعة اللحوم باستهلاك المرتبطة الصحية المخاوف ظل في الكركديه زهرة من مستخلصة نباتية مساحيق استخدام على المنهجية تعتمد. النيتريت من خال الدجاج باتيه تحضير خلال من طبيعي للأكسدة والمضادة الملونة بخصائصها المعروفة، (Beta vulgaris) الأحمر والشمندر (*Hibiscus sabdariffa*)

تم. (B العامل) ثابتة الشمندر كمية على الحفاظ مع (C العامل) الكركديه تركيز تغيير تم حيث كامل، عاملي تجريبي تصميم تنفيذ تم. وحسية تغذوية ميكروبيولوجية، كيميائية، فيزيائية لتحاليل وخضعت صيغ ثلاث تحضير

على يدل مما 5، تقارب pH قيمة سجلت الشمندر من ثابتة وكمية الكركديه % من 1 على تحتوي التي التركيبية أن النتائج أظهرت المستخلصات فعالية يؤكد مما %، 100 من قربية تثبيط نسبة للأكسدة المضاد النشاط تتبع أظهر كما. جيد كيميائي-فيزيائي استقرار المستخدمة النباتية

حيث من ممتاز قبول على يدل ما 9/10، بلغ إجمالي حسي تقييم على حصلت قد (P1) المثلى التركيبية أن أظهرت التذوق اختبارات والملمس والرائحة والطعم اللون

باستخدام الحسية، والجودة بالاستقرار يتمتع النيتريت، من خال مصنع لحوم منتج إنتاج إمكانية الدراسة هذه تثبت: الاستنتاج

للأكسدة والمضادات بالأصباغ غنية طبيعية نباتية مساحيق

الكلمات المفتاحية.

مضادات الأكسدة (*Beta vulgaris*) ، الشمندر الأحمر (*Hibiscus sabdariffa*) اللحوم المصنعة بدون نيتريت، الكركديه.. الطبيعية، الملونات الغذائية النباتية، باتيه الدجاج، الجودة الغذائية، الثبات الميكروبيولوجي

TABLE DES MATIERES

<i>DEDICACE</i>
<i>DEDICACE</i>
Résumé
المخلص
LISTE DES TABLEAUX	I
LISTE DES FIGURES	II
Liste des Annexes	III
Liste des abréviations	IV
INTRODUCTION	1
Chapitre I: TECHNOLOGIE DE CHARCUTERIE: FOCUS SUR LES NITRITES.....	2
I.1. Définition de la charcuterie	2
I.2. Aperçu sur la charcuterie moderne	2
I.3. Prérequis technologiques de la maîtrise de charcuterie	2
I.4. Composition générale des produits de charcuterie.....	3
I.4.1. Viandes et principaux ingrédients.....	3
I.4.2. Aditifs et conservateurs	4
I.5. Aspects techniques et qualitatifs des viandes	5
I.5.1. Transformation de la viande	5
I.5.2. Congélation et décongélation en technologie de viande.....	6
I.5.3. Critères de qualité de la viande	6
I.6. Les nitrates et nitrites en la charcuterie	7
I.6.1. Généralités	7
I.6.2. Définition et formule chimique	7
I.6.3. Le rôle des nitrites en charcuterie	8
I.6.4. Les avantages et inconvénients des nitrites et nitrates	8
I.6.5. Toxicologie des nitrates et nitrite dans l'alimentation	9
I.6.6. Réglementation en matière d'utilisation des nitrates et nitrites	9
I.6.6.1 Dosage recommandé de sel nitrite.....	9
chapitre II. <i>Hibiscus sabdariffa</i> : une plante aux multiples vertus	12
II .1. La famille des Malvacées : description botanique	12
II.2. Classification et phylogénie	12
II.3 L'espèce <i>Hibiscus sabdariffa</i> L	13
II.3.1. Généralités	13

II.3.2. Description botanique	13
II.3.3. Origine et répartition géographique.....	14
II.3.4. Classification botanique de l'espèce <i>Hibiscus sabdariffa</i>	15
II.3.5. Composition chimique.....	15
II.3.6. Les bienfaits de l'hibiscus sabdariffa	16
II.3.7. Indications et utilisations.....	17
chapitre III: <i>Beta vulgaris</i> : pigments et bioactifs naturels	18
III.1. La famille Amaranthacées	18
III.1.1. Classification et phylogénie	18
III.2. L'espèce <i>Beta vulgaris</i>	19
III.2.1. Description botanique	19
III.2.2. Origine et répartition géographique.....	19
III.2.3. Différentes variétés de betterave rouge.....	20
III.2.4. Valeurs nutritionnelles et composition chimique	21
III.2.6. Les bienfaits de la betterave rouge	22
I. Matériel et Méthodes	22
I.1. Matériel :	22
I.1.1. Matériel biologique :	22
I.1.2. Matériel non biologique :	22
II. Méthodes	24
II.1. Objectif expérimental.....	24
II.2. Plan d'expérience	24
II.2.1. Axes de recherche	24
II.3. Procès de formulation du pâté de volaille sans nitrites.....	25
II.3.1. Matrice du plan d'expérience.....	25
II.3.2. Réception des matières premières	25
II.3.3. Mélange des ingrédients	25
II.3.4 Broyage et homogénéisation.....	26
II.3.5 Cuisson	26
II.3.6 Remplissage à chaud et refroidissement	26
II.4. Contrôle des matières premières	27
II.5. Protocoles expérimentaux.....	27
II.5.1 Détermination de pH	27
II.5.2 Teneur en humidité	28
II.5.3. Teneur en cendres.....	29

II.5.4. Dosage de l'Activité antioxydante par la méthode de DPPH	30
II.5.5. Dosage des polyphénols totaux par la méthode Folin–Ciocalteu	31
II.6. Étude de stabilité de produit fini :	32
II.6.1. Stabilité physicochimique :	32
II.6.2. Stabilité microbiologique :	32
II.7. Teste organoleptique	35
II.8. Valeur nutritionnelle	35
III. RÉSULTATS et discussion	39
III .1. Étude de qualité physicochimique :	39
III.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	39
III.1.2. Humidité	40
III.1.3. Taux de cendres	41
III.1.4. Activité antioxydante et polyphénols totaux	42
III.2. Étude de stabilité physicochimique	43
III.2.1. Suivi de l'activité antioxydante	43
III.2.2. Suivi de pH (potentiel d'Hydrogène)	45
III.2.3. Suivi de l'Humidité	45
III.3. Stabilité microbiologique	47
III.4. Résultats de test organoleptique	49
Conclusion	50
Bibliographie	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Principaux ingrédients de charcuterie.....	3
Tableau 2: Système International de Numérotation des nitrates et des nitrites selon (Codex Alimentarius (1989).....	10
Tableau 3: Doses maximales autorisées des nitrates et nitrites dans les produits à base de viande .	10
Tableau 4: classification botanique de l'espèce Hibiscussabdariffa.....	15
Tableau 5: Catégorie et classification de betterave	17
Tableau 6: Composition chimique et valeur nutritionnelle moyenne de la betterave rouge	22
Tableau 7: Matrice de plan d'expérience.....	25
Tableau 8: Testes de contrôle des matières premières.....	27
Tableau 9: La détermination de la valeur nutritionnelle du produit développé.....	35
Tableau 10: Résultats des analyses microbiologiques du pâté de volaille sans nitrite.....	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Catégories et rôles des additifs alimentaires utilisés en charcuterie.	5
Figure 2: Transformation du muscle en viande.	6
Figure 3: Formule chimique de nitrate de potassium et nitrite de sodium.	8
Figure 4: Classification de la famille des Malvaceae.	12
Figure 5: Hibiscus sabdariffa, variété sabdariffa : (a) tige, feuilles et calices de la variété Koor , (b) fleur ; (c) fruit et calice (d) graine de la variété Koor à 120 jours de culture.	13
Figure 6: Répartition géographique de <i>l'hibiscus sabdariffa</i>	14
Figure 7: Béta vulgaris.....	18
Figure 8: Variétés de betterave rouge.	21
Figure 9: Bienfaits de la betterave rouge.	23
Figure 10: Étapes de fabrication de pâté de volaille sans nitrites.	26
Figure 11: Résultats de pH des matières premières.	39
Figure 12: Résultats de pourcentage d'humidité des matières premières.....	40
Figure 13: Résultats des taux de cendres des échantillons de matières premières.	41
Figure 14: Résultats de l'activité antioxydante et des polyphénols totaux des poudres de plantes...	42
Figure 15: Suivi de l'activité antioxydante de pâté de volaille pendant 28 jours.	43
Figure 16: Suivi de Ph de pâté de volaille pendant 28 jours.....	45
Figure 17: suivi de pourcentage d'humidité de pâté de volaille sans nitrite.....	46
Figure 19: Les résultats de test organoleptique des trois formulations de pâté de volaille de 30 dégustateurs.	49

Liste des Annexes

Annexes 1: Matières premières : (a) poudre de carcadé ; (b) poudre de bettrave ; (c) ingrédients de bases.....	51
Annexes 2: Produits finis.....	51
Annexes 3: Test d’humidité : étuvage des échantillons et Dessiccation.....	52
Annexes 4: le radicale libre DPPH.....	52
Annexes 5: Préparation des mélanges réactionnels de polyphénols extraits de poudres de plantes.	53
Annexes 6: Cendre de pâté de volaille après calcination.	Erreur ! Signet non défini.
Annexes 7: Fiche d’évaluation sensorielle.....	54
Annexes 8: les trois échantillons de produit fini le jour de l’analyse sensorielle.....	54
Annexes 9: l’échantillon optimale sélectionné par l’analyse sensorielle.....	55
Annexes 10: les résultats de suivi microbiologique de (j14 et j28)	55
Annexes 11 : Les resultats de la valeur nutritionnelle de pâté de volaille sans nitrite pour la formulation optimale.....	56

Liste des abréviations

NaNO₃ : Nitrate de sodium

KNO₃ : Nitrate de potassium

Na₂CO₃: Carbonate de sodium

pH : Potentiel hydrogène (mesure de l'acidité ou de la basicité)

ml: Millilitre

g : Gramme

nm : Nanomètre (unité de longueur d'onde, utilisée en spectrophotométrie)

UV : Ultraviolet (utilisé en spectroscopie UV-visible)

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle (molécule utilisée pour mesurer l'activité antioxydante)

AA % : Activité antioxydante exprimée en pourcentage

HPLC : Chromatographie liquide haute performance (High Performance LiquidChromatography)

mg/kg : Milligramme par kilogramme (unité de concentration)

CAC : Codex Alimentarius Commission

FAO/OMS : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture / Organisation Mondiale de la Santé

av. J.-C. : Avant Jésus-Christ

Introduction

INTRODUCTION

Aujourd'hui, la charcuterie se modernise pour satisfaire les attentes croissantes des consommateurs en matière de santé, de naturalité et de durabilité. L'industrie innove notamment en réduisant l'usage des nitrites. L'emploi des alternatives végétales et des pratiques en accord avec la nature, impliquant des emballages recyclables, a suscité un intérêt majeur des technologues afin de fournir des produits de qualité qui réunissent l'authenticité et la nouveauté [1].

Dans cette dynamique, notre travail s'est inscrit dans une démarche visant à répondre aux inquiétudes sanitaires liées à l'utilisation des nitrites dans les produits charcutiers. Ces additifs, bien qu'indispensables pour la sécurité microbiologique et la couleur rose caractéristique, sont désormais pointés du doigt pour leur rôle potentiel dans la formation de composés cancérigènes comme les nitrosamines.

En effet, lors de la digestion, les nitrites peuvent réagir avec certains acides aminés pour former des composés N-nitrosés, dont plusieurs sont reconnus comme cancérigènes probables, notamment en lien avec un risque accru de cancer colorectal.

Ils peuvent également entraîner la formation de méthémoglobine, réduisant la capacité de l'hémoglobine à transporter l'oxygène, ce qui peut provoquer des effets toxiques graves, en particulier chez les nourrissons et les populations sensibles.[2]

Pour pallier ce problème, des alternatives naturelles sont envisagées, notamment l'emploi de poudres végétales riches en antioxydants et pigments naturels. C'est dans cette optique que notre étude a exploré l'utilisation de la poudre d'Hibiscus sabdariffa L. pour ses propriétés antioxydantes et de la poudre de Beta vulgaris (betterave rouge) comme colorant, afin de formuler un pâté de volaille sans nitrite, plus sain, plus naturel, et répondant aux attentes actuelles des consommateurs.

Problématique

Est-il possible de formuler un pâté de volaille diététique en remplaçant totalement les nitrites par des poudres végétales, tout en garantissant la qualité microbiologique, la stabilité physico-chimique et l'acceptabilité organoleptique du produit fini ?

Partie Bibliographique

CHAPITRE I: TECHNOLOGIE DE CHARCUTERIE: FOCUS SUR LES NITRITES

I.1. Définition de la charcuterie

Le mot charcuterie vient du latin *carnis* (viande) et *coctus* (cuit). Il désigne les produits alimentaires fabriqués à partir de viandes transformées selon différentes techniques comme la salaison, le séchage, le fumage ou la fermentation, utilisées seules ou combinées, fabriqués à partir de différentes matières premières. Les produits de charcuterie incluent des produits fabriqués à partir de bœuf, volaille, cheval, porc, viande d'élan, de phoque, de wapiti, de raton laveur et d'autres espèces animales. Les variétés de produits de charcuterie comprennent [1,2]

1. Les charcuteries non cuites ou salées : celles qui ne nécessitent pas de traitement thermique ; tels que: jambon, saucisse et chorizo;
2. Viande ou produits cuits : viande, jambon, pâté, rillettes, boudin.
3. Les saucisses à cuire : Exemple, les merguez ou les knacks.

I.2. Aperçu sur la charcuterie moderne

La charcuterie moderne évolue en préservant les méthodes artisanales et en réconciliant tradition et innovation, tout en intégrant des idées contemporaines. Les méthodes de fabrication ancestrales, telles que la salaison, le fumage et le séchage, restent fondamentales selon les tendances actuelles. Désormais, elles sont optimisées par des avancées technologiques permettant un meilleur contrôle de la qualité ainsi que de la sécurité alimentaire. En outre, afin de répondre aux attentes naissantes des consommateurs, l'industrie de charcuterie moderne se concentre sur l'élaboration de nouveaux produits par incorporation et mixage de nouveaux ingrédients dans les formulations offrant ainsi des mariages culinaires inédits, tels que les saucisses végétales ou enrichies aux algues. [3,4]

I.3. Prérequis technologiques de la maîtrise de charcuterie

La maîtrise de la production de charcuterie repose sur une compréhension approfondie du rôle crucial de chaque étape technologique suivante :

1. Optimisation de la transformation des viandes par applications de nouvelles technologies
2. Amélioration du savoir-faire et des compétences professionnelles

3. Conformité aux normes : assurer que les produits respectent les standards de sécurité alimentaire et les attentes du marché.

4. Innovations dans la fabrication : le développement de nouveaux produits adaptés aux préférences des consommateurs tout en optimisant les coûts de production.

5. Formation ciblée : Les contenus pédagogiques proposés renforcent l'expertise des professionnels, qu'ils soient artisans, transformateurs agricoles ou industriels. [5,6]

I.4. Composition générale des produits de charcuterie

La composition et les ingrédients essentiels de la charcuterie définissent son identité et reflètent sa richesse et sa diversité. La fabrication repose principalement sur la viande, qui constitue la matière première clé. Grâce à une sélection minutieuse des viandes, associée à l'utilisation d'agents de conservation, d'épices et de liants. [7,8]

I.4.1. Viandes et principaux ingrédients

➤ Les viandes

Les viandes utilisées demeurent l'ingrédient central de la charcuterie. Les viande les plus employée sont :La viande du Bœuf ,La volaille pour fabrication les produits allégés comme le pâté de dinde et le porc pour la fabrication de saucissons et jambons. [8]

➤ **Principaux ingrédients** :Le tableau N°1 résume leurs rôles principaux, leurs fonctions technologiques et leurs teneurs habituelles dans les produits.

Tableau 1: Principaux ingrédients de charcuterie.[8,9,10,11,12]

Ingrédient	Fonctions et Impacts Détaillés / Teneurs ajoutées
L'eau : [30% et 45%]	- Homogénéisation des mélanges pâteux de viande. - Absorption de la chaleur (effet *warmingeffect*) générée par le broyage/malaxage, prévenant la dégradation des protéines. - Dans les saumures : favorise la rétention d'humidité, distribue uniformément les additifs/épices, influence la texture (moelleux et tendre). [8,9]
Le Sel NaCl : poudre ou saumure	-Fixe les molécules d'eau, limitant leur accessibilité aux micro-organismes, assurant une stabilité microbiologique durable -Solubilise les protéines, contrôle l'activité de l'eau (aw), améliore la texture.

	- Agit comme un exhausteur de goût naturel. [10]
Les Graisses : Cruciales pour la texture, saveur et durabilité	<ul style="list-style-type: none"> - Affectent la texture, la saveur et la stabilité. - L'utilisation de graisses dures est nécessaire pour éviter le rancissement accéléré. - L'impact est régulé par des normes industrielles pour limiter l'excès. - Des substances aromatisantes (extraits végétaux, hydrolysats protéiques, arômes de fumée) sont intégrées pour compenser la réduction des matières grasses. [8,11,12] <p>30 % à 50 % dans les saucissons secs et salamis traditionnels de meilleure qualité. Des taux de 10 % à 30 % entraînent une diminution notable de l'arôme et du goût. [8,11,12]</p>

I.4.2. Additifs et conservateurs

Les additifs et conservateurs sont indispensables en charcuterie pour assurer la qualité, la conservation des produits. La figure en-dessous explique Leurs rôle principal et les spécifications d'utilisations.[13]

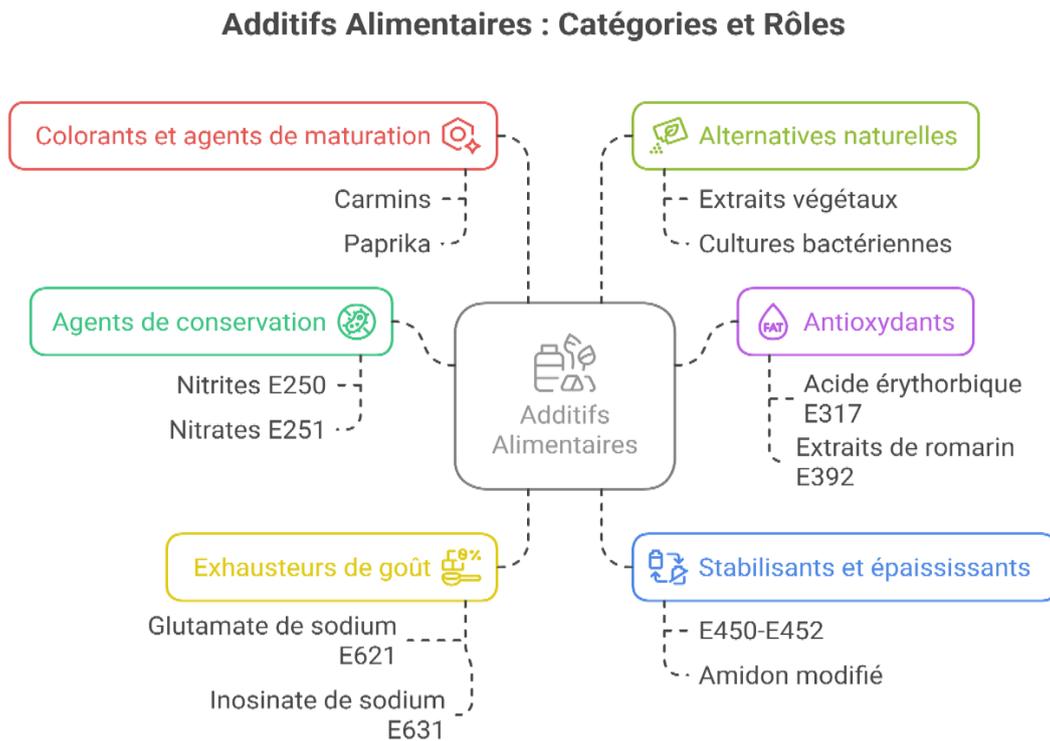


Figure 1: Catégories et rôles des additifs alimentaires utilisés en charcuterie.[14]

I.5. Aspects techniques et qualitatifs des viandes

I.5.1. Transformation de la viande

La transformation de la viande est un processus multifacette qui implique une série d'étapes interconnectées, à partir de l'abattage de l'animal au produit fini. Le diagramme ci-dessous illustre visuellement les principales phases de cette transformation.

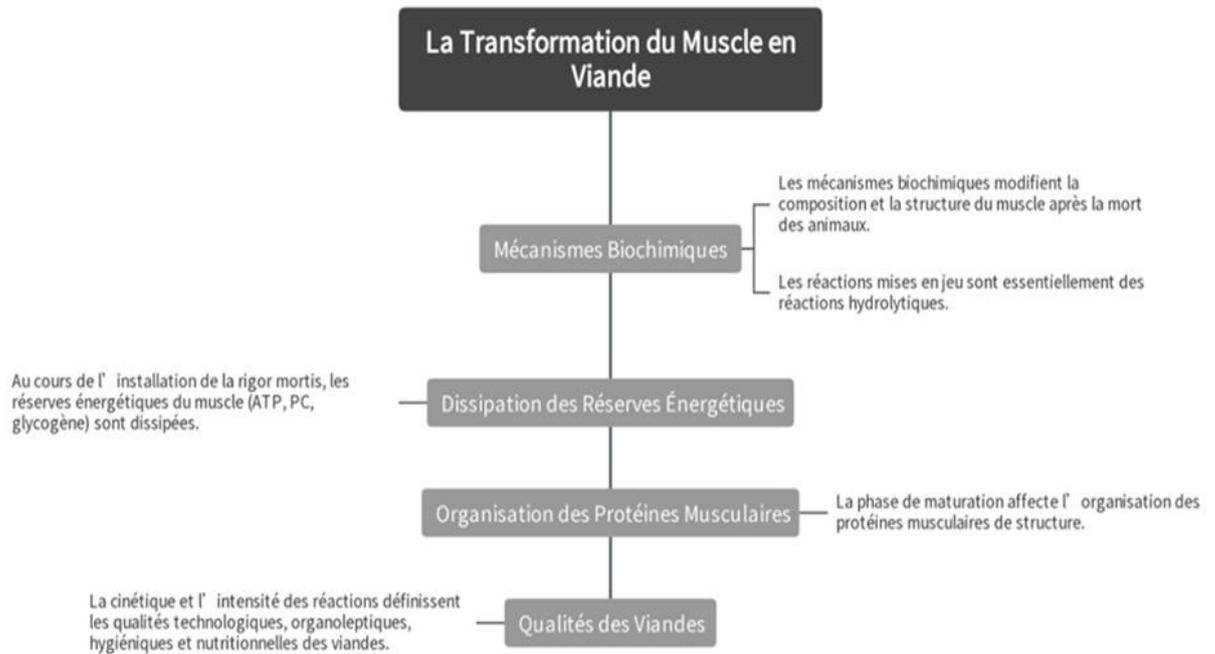


Figure 2: Transformation du muscle en viande.[15]

I.5.2. Congélation et décongélation en technologie de viande

La congélation s'impose comme l'une des solutions les plus efficaces et adaptées de conservation de viande. Ce procédé transforme la majorité de l'eau contenue dans la viande en de nombreux cristaux de glace, ce qui stoppe toutes les réactions enzymatiques et développement bactérien. À l'opposé de la réfrigération qui ne fait que ralentir temporairement les altérations biologiques, la congélation conserve à plus long terme. Une congélation rapide ainsi qu'une température interne finale très basse (soit -18°C) et aussi un stockage stable à cette même température sont essentiels pour pouvoir préserver la qualité technologique des viandes.[16]

La décongélation joue aussi assurément un rôle clé, mais elle peut éventuellement entraîner un exsudat important. Une perte de texture survient lorsqu'elle est réalisée dans des conditions inadaptées. Diverses techniques sont utilisées pour optimiser la décongélation, allant de la méthode traditionnelle en chambre froide au tunnel micro-ondes, en passant par la décongélation sous vide avec présence de sel ou vapeur d'eau à basse pression.[17]

I.5.3. Critères de qualité de la viande

Une viande de bonne qualité doit répondre à toutes les attentes des consommateurs selon les critères suivants :

- ✚ Sur le plan **nutritionnel**, elle constitue une source précieuse de protéines riches en acides aminés essentiels environ 40 % d'acides aminés essentiels nécessaires au fonctionnement de l'organisme.
- ✚ Sur le plan **hygiénique**, la viande doit être exempte de contaminants microbiens et résidus chimiques.
- ✚ La **qualité organoleptique**, appréciée par les consommateurs, dépend de la saveur (liée aux lipides et à l'alimentation des animaux), de la couleur (influencée par la myoglobine, le pH et la structure musculaire), de la jutosité (associée à l'eau libre et aux lipides), ainsi que de la tendreté (reliée aux fibres musculaires, au collagène et aux processus enzymatiques post mortem).
- ✚ La **qualité technologique** conditionne la transformation et la conservation des produits carnés, notamment via la rétention d'eau, le pH, et les pertes à la cuisson, qui influencent texture, goût et sécurité du produit final. [18,19]

I.6. Les nitrates et nitrites en la charcuterie

I.6.1. Généralités

Le nitrate, également connu sous le nom de salpêtre, est utilisé depuis des millénaires pour prolonger la conservation des viandes. Dès 5 000 ans, l'homme avait déjà observé que sa présence améliorait significativement la durée de conservation des produits carnés. Plus tard, au début du XXe siècle, les chercheurs ont découvert qu'au contact de la viande, le nitrate se transformait lentement en nitrites et que c'était cette molécule qui permettait d'améliorer la conservation de la viande. Depuis les années 1960, les nitrites sont directement utilisés en très faible dose dans la fabrication de certains produits charcutiers. [20]

I.6.2. Définition et formule chimique

Le nitrite de sodium E250 est un conservateur très employé dans les viandes transformées (charcuteries principalement). Lors de la digestion, les ions nitrites réagissent avec les acides aminés issus des protéines pour former des nitrosamines.

Le nitrite de sodium est un composé inorganique de formule chimique NaNO_2 . C'est une poudre cristalline blanche à légèrement jaunâtre très soluble dans l'eau et hygroscopique. D'un point de vue industriel, c'est le sel de nitrite le plus important. C'est un précurseur d'une variété de

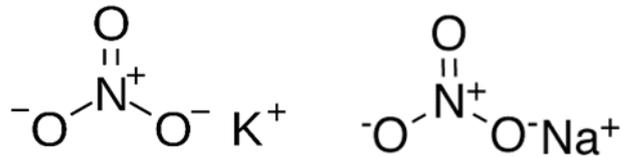


Figure 3: Formule chimique de nitrate de potassium et nitrite de sodium.[21]

composés organiques, tels que les produits pharmaceutiques, les colorants et les pesticides, mais il est probablement mieux connu comme additif alimentaire utilisé dans les viandes transformées et (dans certains pays) dans les produits à base de poisson [21]. Les principaux nitrates utilisés sont le NaNO_3 et le KNO_3 voir la figure N°3[22]

I.6.3. Le rôle des nitrites en charcuterie

Ces nitrates et nitrites ont trois fonctions essentielles :

- 1) Ils permettent de conserver une belle coloration rouge/rose à la charcuterie par des mécanismes bien sympathiques d'oxydo-réduction et de fixation directe du nitrite provenant du sel nitrite ou de la réduction enzymatique du Salpêtre pendant l'étuvage et le séchage à la myoglobine, ce qui améliore la coloration rouge finale de la charcuterie.[22]
- 2) Action antibactérienne permettant l'inhibition de certaines bactéries préjudiciables comme les bactéries responsables de la toxine botulique. [23]
- 3) Ils participeraient de manière plus ou moins importante sur l'amélioration de goût et aussi l'odeur caractéristique des salaisons.[24]

I.6.4. Les avantages et inconvénients des nitrites et nitrates

Les avantages et les inconvénients les plus courants des nitrites et des nitrates sont résumés ci-dessous :

- Ils sont responsables de la coloration rose des PCSCV.
- Les nitrates et/ou les nitrites sont des inhibiteurs efficaces de la croissance des clostridies en particulier *Clostridium botulinum*.
- Ils confèrent aux produits de salaison une saveur particulière.
- Leur utilisation permet une prolongation significative de la durée de vie des produits
- L'inconvénient majeur de l'utilisation de sel nitrite et/ou de nitrates est la formation de Composés N-nitrosés qui sont toxiques. [25]

I.6.5. Toxicologie des nitrates et nitrite dans l'alimentation

Lors de la digestion, les ions nitrites réagissent avec les acides aminés issus des protéines pour former des nitrosamines. Or quatre de ces substances sont classées cancérogènes probables (avec, en particulier, un risque accru supposé de cancer du côlon). Leur usage intentionnel est donc fortement restreint. Les ions nitrites peuvent également réagir avec le fer pour former du fer nitrosylé, lui aussi promoteur du cancer du côlon. L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses) confirme qu'il existe bien une association entre le risque de cancer colorectal et l'exposition aux nitrites et/ou aux nitrates, via la consommation de charcuteries. [26,27]

Les nitrites empêchent l'hémoglobine des globules rouges de transporter de l'oxygène vers les organes. Ils peuvent donc être à l'origine de méthémoglobinémie. Cette pathologie peut se traduire par une cyanose, par une coloration bleutée de la peau et même provoquer l'asphyxie. Une consommation importante de nitrites très régulière peut conduire à des essoufflements, des nausées, une baisse de tension, des vertiges, des maux de tête, etc....[26,27]

*Ces dangers apparaissent la plupart du temps quand il y a une consommation importante d'aliments en comportant.

I.6.6. Réglementation en matière d'utilisation des nitrates et nitrites

I.6.6.1 Dosage recommandé de sel nitrite

À très forte dose, ces produits peuvent être dangereux pour la santé; Il est donc important de les utiliser convenablement et de bien respecter le dosage recommandé.

Dans les charcuteries industrielles, le seuil maximum autorisé en Europe est de 150 mg/kg de nitrite, en France, le code des usages limite l'apport à 120 mg/kg. [28]

Dans le cas des nitrites, la Dose Journalière Admissible pour un homme, Selon les autorités de santé, est de 0,07 mg par kg de poids corporel et par jour.[29]

I.6.6.2. Cas de la Commission du Codex Alimentarius

La Commission du Codex Alimentarius (CAC) a classé les nitrates et les nitrites dans le groupe des conservateurs et il leur est attribué un numéro SIN comme l'indique le tableau N°2., et à travers le Comité mixte FAO/OMS :

*Le niveau maximal autorisé pour les nitrates est de 420 mg/kg dans la viande, la volaille transformée (pièces entières et morceaux) et de 130 mg/kg dans la viande transformée et les poissons transformés

*Les niveaux admissibles de nitrates (utilisés comme une source de nitrite) dans les produits de viande et de volaille se situent entre 250 et 500 mg/kg.

Tableau 2: Système International de Numérotation des nitrates et des nitrites selon (Codex Alimentarius (1989).[30]

No. de SIN	Nom de l'additif	Fonction technologique
249	Nitrite de sodium	Conservateur et fixateur de couleur
250	Nitrite de potassium	Conservateur et fixateur de couleur
251	Nitrate de sodium	Conservateur et fixateur de couleur
252	Nitrate de potassium	Conservateur et fixateur de couleur

I.6.6.3. Cas des pays du Maghreb

Des pays du Maghreb se sont dotés de textes autorisant l'utilisation des **nitrates** et des **nitrites** dans les produits à base de viande.

En Algérie, l'utilisation de ces substances dans les produits carnés est régie par l'**Arrêté du 9 juin 2004**, modifiant et complétant l'arrêté du 26 juillet 2000 relatif aux règles applicables à la composition et à la mise à la consommation des produits carnés cuits. [31]

Les **doses maximales autorisées** des nitrates et des nitrites dans les produits carnés sont indiquées dans le tableau suivant:

Tableau 3: Doses maximales autorisées des nitrates et nitrites dans les produits à base de viande.[32]

Dénomination des additifs	Doses maximales autorisées	Utilisation autorisée
Nitrite de sodium	150 mg/kg seul ou 120 mg/kg (en mélange avec	Pâtés de viande

Dénomination des additifs	Doses maximales autorisées	Utilisation autorisée
	des nitrates alcalins)	
Nitrate de sodium	500 mg/kg ou 100 mg/kg (en cas de mélange avec nitrite de sodium)	Pâtés de viande

CHAPITRE II. HIBISCUS SABDARIFFA : UNE PLANTE AUX MULTIPLES VERTUS

II.1. La famille des Malvacées : description botanique

Les *Malvaceae* représentent une grande famille de plantes à fleurs qui contient 244 genres et 4225 espèces différentes, dont fait partie l'hibiscus. On les retrouve partout dans le monde, à l'exception des régions froides, mais surtout dans les régions tropicales d'Amérique du Sud, elle est représentée plus minoritairement dans les régions tempérées, particulièrement autour de la Méditerranée. [33]

❖ **Botanique :** Les *Malvaceae* sont des arbustes ou herbacées, grimpantes, généralement à poils touffus ou étoilés. Feuilles alternes, simples, palmatilobées, nettement palmatinervées, entières à dentelées ou crénelées ; pétiole généralement pulviné aux deux extrémités. Inflorescences axillaires, terminales ou opposées aux feuilles, souvent composées de grappes en cyme. Sépales généralement au nombre de cinq, libres ou soudés. Pétales aussi nombreux que sépales, de formes libres ou soudés à la base. La majorité des espèces se fait polliniser par des insectes. [34]

II.2. Classification et phylogénie

La classification des *Malvaceae* pose de nombreux problèmes et les opinions divergent quant à la délimitation des genres et des tribus. La plupart des systèmes modernes reconnaissent cinq tribus, comme l'illustre la figure suivante : [34,35]

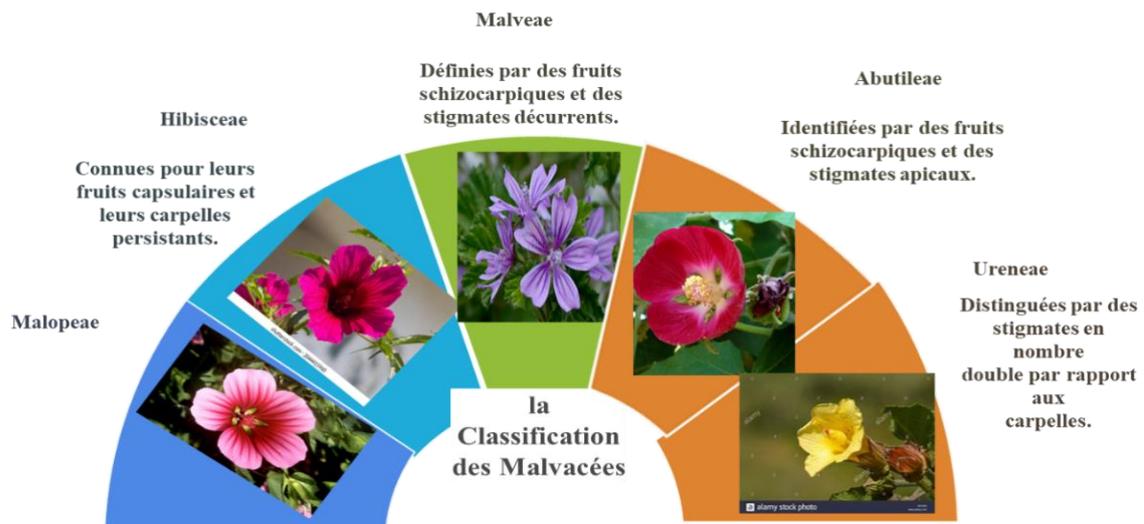


Figure 4: Classification de la famille des Malvaceae. [34,35]

II.3 L'espèce *Hibiscus sabdariffa* L

II.3.1. Généralités

L'Hibiscus sabdariffa, également connu sous les noms de karkadé, bissap, oseille de Guinée ou thé rose, est une plante appartenant à la famille des Malvacées, reconnue pour ses fleurs ornementales comme celles de la mauve ou de la rose trémière. Originnaire d'Afrique (notamment d'Angola et de Guinée), cette plante est aujourd'hui cultivée à travers plusieurs continents, dont l'Asie, l'Europe et l'Amérique du Sud.

Traditionnellement, l'Hibiscus est très apprécié en Afrique subsaharienne sous forme de boisson rafraîchissante appelée « bissap » ou « karkadé », selon les régions. Les calices séchés servent à la préparation de compotes, sauces, confitures, sirops et infusions, consommées sous forme d'infusion chaudes ou froides pour leurs vertus hypotensives et hypolipidémiantes. [35]

II.3.2. Description botanique

Hibiscus sabdariffa est une plante herbacée annuelle ou pérenne de courte vie, à tiges dressées plus ou moins ramifiées, de couleur rougeâtre atteignant plus de 2 m de haut. Les feuilles sont simples, alternes, pétiolées, à limbes de forme et de dimensions variables à 3 à 5 nervures palmées, moins lancéolées, à bord denté, pourvues, sur la face inférieure, d'une grosse glande près de la base de la nervure médiane. Les fleurs sont solitaires et axillaires, pentamères, à calice profondément divisé en 5 lobes, plus ou moins accrescents et charnus chez le fruit, à corolle jaune de 4 à 5 cm de long, tachetée de pourpre à la base. Les fruits sont des capsules sphéro-coniques, plus courtes que le calice. La graine est réniforme, brun foncé atteignant 7 mm de long. [36]

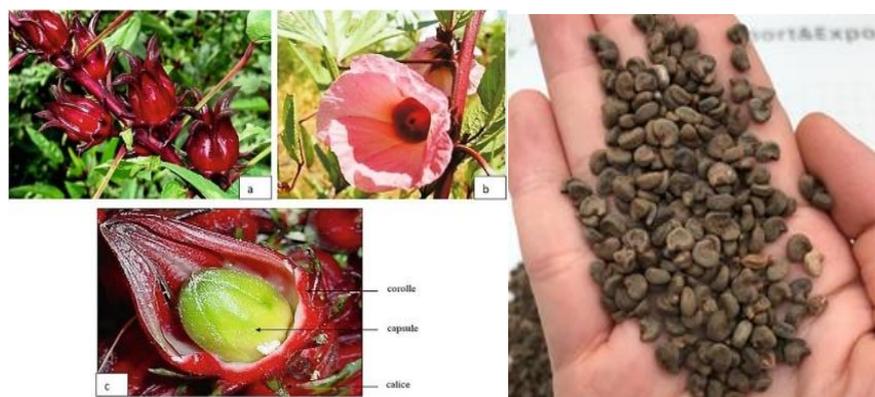


Figure 5: Hibiscus sabdariffa, variété sabdariffa : (a) tige, feuilles et calices de la variété Koor , (b) fleur ; (c) fruit et calice (d) graine de la variété Koor à 120 jours de culture.[36,37]

II.3.3. Origine et répartition géographique

Hibiscus sabdariffa est une plante originaire des régions tropicales d'Afrique, plus précisément du Soudan, où elle aurait été domestiquée dès 4000 av. J.-C.

Le groupe Sabdariffa s'est diffusé dès le XVIIe siècle vers l'Asie et les Amériques. Quant au groupe Altissima, destiné à la production de fibres, il est resté longtemps méconnu en dehors de l'Afrique jusqu'à l'envoi de graines aux Philippines en 1914.

Aujourd'hui, Hibiscus sabdariffa est largement cultivé dans les zones tropicales et subtropicales à travers le monde, sa capacité à s'adapter lui a permis de prospérer dans une gamme de zones climatiques au-delà de son habitat natif, entraînant sa naturalisation dans de nombreuses de ces régions (voir figureN°6) .[38]

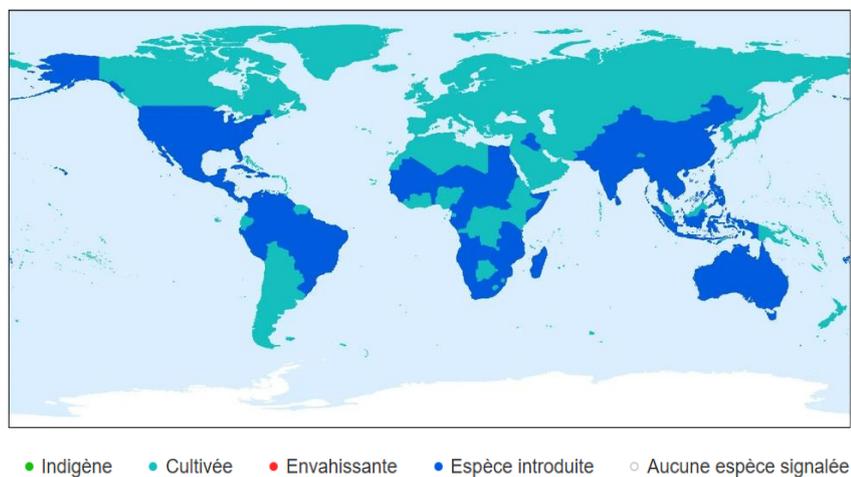


Figure 6: Répartition géographique de *l'hibiscus sabdariffa*. [39]

II.3.3.1. L'écologie de culture

Les exigences climatiques de la culture de la roselle pendant la période de croissance sont des températures mensuelles moyennes de 25 à 30°C, des précipitations de 140 à 270 mm par mois et une humidité de l'air élevée (> 70 %). Bien que la culture nécessite des précipitations abondantes pendant la période végétative pour un rendement maximal en fibres, la roselle est également cultivée dans les zones à faibles précipitations mensuelles, car elle est connue pour sa résistance à la sécheresse une fois établie. Une période plus sèche est également nécessaire pour la floraison et la production de graines. [40]

II.3.4. Classification botanique de l'espèce *Hibiscus sabdariffa*

Selon la taxonomie l'espèce *Hibiscus sabdariffa* peut être classée comme suit :

Tableau 4: classification botanique de l'espèce *Hibiscus sabdariffa*. [41]

Niveau taxonomique	Classification
Phylum	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphyte
Sous-embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédone
Sous-classe	Dialypétale
Ordre	Malvales
Famille	Malvacées
Genre	Guimauve
Série	Thalamiflore
Espèce	<i>Hibiscus sabdariffa</i> (oseille de Guinée)

II.3.5. Composition chimique

Selon Isabelle Briennon (2024), L'Hibiscus contient des composants assez caractéristiques de l'arbuste à savoir :

- Polyphénols : tannins, flavonoïdes notamment les flavones, dérivés hétérosidiques de la gossypétine, anthocyanosides
- Des acides organiques (jusqu'à 30 %) comme l'acide ascorbique (vitamine C) uniquement dans la plante est fraîche, l'acide alhydroxycitrique, l'acide citrique, l'acide malique, l'acide oxalique et l'acide tartrique aux effets laxatifs,
- Des phytostérols qui diminuent le cholestérol, des alcaloïdes et des terpénoïdes,
- Des polysaccharides tels que mucilages, pectines qui peuvent agir comme probiotiques et qui expliquent un effet laxatif doux de l'Hibiscus,
- Des minéraux avec le calcium, le phosphore, le fer, le sodium et le potassium.[42,43]

- Les calices d'Hibiscus sabdariffa, principale partie utilisée de la plante, Ils sont particulièrement riches en acides organiques, avec une dominance de l'acide succinique et de l'acide oxalique, représentant ensemble 76 % des acides totaux. Les sucres présents sont essentiellement le glucose (majoritaire), le fructose et le saccharose.
- On y trouve également des caroténoïdes comme le β -carotène et le lycopène, des mucilages, des pectines, ainsi que tous les acides aminés essentiels, ce qui renforce leur intérêt nutritionnel. Plus de 37 composés volatils y ont été identifiés, parmi lesquels le 1-hexanol, le limonène et le linalool.
- Les calices offrent **une bonne teneur en minéraux essentiels (calcium, potassium, fer, cuivre, manganèse, zinc)** tout en restant en dessous des seuils de toxicité définis par l'OMS, à l'exception de certaines cultures qui présentent des traces de métaux lourds comme le plomb ou le nickel. (Composition détaillée voir annexe N°). [44,45,46]

II.3.6. Les bienfaits de l'hibiscus sabdariffa

Selon Gipsy Dauge(2023) L'Hibiscus sabdariffa joue un rôle prépondérant dans les médecines locales. Globalement (Inde, Afrique, Mexique) :utilisent les infusions issues des feuilles ou des calices pour leurs propriétés diurétiques, cholérétiques, fébrifuges et hypotensives, agissant sur la viscosité sanguine et favorisant le péristaltisme intestinal. Les africains l'utilisent pour les maux de gorge, la toux, les troubles génitaux, tandis que la pulpe de feuille, aux propriétés émoullientes, est employée pour soigner les plaies externes et les abcès ;

En Égypte, les préparations à base de calices sont utilisées pour traiter des affections cardiaques et nerveuses, ainsi que pour stimuler la diurèse ;

Au Guatemala, elle est utilisée pour atténuer les effets de l'ivresse ;

Au Brésil, les racines sont réputées posséder des propriétés stomachiques et émoullientes. En médecine populaire chinoise.

- ✓ Les calices et calicules de la fleur d'Hibiscus sont reconnus par la pharmacopée française (liste A) pour leur usage traditionnel. La Commission E du ministère de la Santé allemand mentionne l'Hibiscus pour la perte d'appétit, les troubles gastriques, son effet laxatif doux, diurétique et pour les troubles circulatoires, bien qu'elle ne le reconnaisse pas comme un agent thérapeutique basé sur des preuves scientifiques rigoureuses.[47]

II.3.7. Indications et utilisations

Hibiscus sabdariffa. Lest utilisé pour ses calices, feuilles et graines.

❖ Utilisations alimentaires

Les calices, du fait de leur concentration élevée en acides organiques, pectines, vitamine C et surtout en anthocyanes, constituent la partie de la plante la plus utilisée. Ils interviennent, dans la production de boissons en Afrique et en Asie. Cette boisson est connue selon le pays sous plusieurs appellations : Bissap au Sénégal, Da bilenni au Mali, en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso, Boisson des pharaons en Egypte et Thé de Karkadé au Soudan. Ils sont aussi utilisés comme confitures, gelées, boissons froides, aromatisant et colorant.

En Allemagne, les calices rouges sont de plus en plus utilisés comme colorants naturels dans la confiserie sous forme de filtrat concentré ou de poudre séchée.

Les colorants de *Hibiscus sabdariffa* sont préférés à ceux de la betterave, d'un rouge profond, ou à ceux du raisin, moins éclatant, ou encore à ceux de la cochenille qui sont tropchers.[37,48]

❖ Utilisations médicales :

L'espèce *Hibiscus* pour ses vertus thérapeutiques amincissantes, tonifiantes, anti-spasmes gastrointestinaux, anti-hypertension et diurétique a attiré l'attention de beaucoup de chercheurs dans le domaine pharmaceutique. Les études récentes ont investigué l'effet de l'incorporation de l'*Hibiscus* dans la formulation des sirops, des tisanes préparées et même en cosmétique pour la formulation des pommades et des crèmes.[37,48]

CHAPITRE III: *BETA VULGARIS* : PIGMENTS ET BIOACTIFS NATURELS

III.1. La famille Amaranthacées

La betterave (*Béta vulgaris subsp. vulgaris*) plante à racine charnue appartient à la famille des Amaranthacées, bien qu'elle ait été longtemps associée aux Chénopodiacées. Elle est largement cultivée pour être une source importante de sucre, comme légume ou bien encore comme fourrage pour le bétail.[49]

Les plantes autrefois regroupées sous la famille des Chénopodiacées sont particulièrement adaptées aux sols riches en minéraux. Aujourd'hui intégrées à la famille des Amaranthacées, ces espèces se développent dans des milieux souvent arides.[50]



Figure 7: *Béta vulgaris*. [51]

III.1.1. Classification et phylogénie

Le tableau ci-dessous montre la classification botanique de la betterave.

Tableau 5 : Catégories et classification de betterave. [52,53]

Catégorie	Classification
Clade 4	Angiospermes
Clade 3	Dicotylédones vraies
Ordre APN	Caryophyllales
Famille APN	Amaranthaceae
Genre	<i>Beta</i>
Espèce	<i>Beta vulgaris</i> L.

III.2. L'espèce Betavulgaris

La betterave rouge Beta est une sous-espèce de la famille des Chénopodiacée et selon la classification phylogénique APG : la famille des Amaranthaceae. L'espèce Beta vulgaris L. inclut aussi la bette ou poirée, qui était auparavant considérée comme une espèce distincte (Beta cicla.L.) [54]

L'espèce Beta vulgaris comprend trois sous-types :

- Beta vulgaris L., sous-genre adanensis (nom botanique : Pamukcu ex Aellen), identifié par Ford-Lloyd et J.T.Williams
- Beta vulgaris L., sous-espèce maritima(L.) Arcang.
- Beta vulgaris L., sous-espèce vulgaris :

*La betterave cultivée fait partie de la sous-espèce Beta vulgarisL.subsp.vulgaris.[55]

III.2.1. Description botanique

La betterave rouge (Beta vulgarissubsp. vulgaris) est une plante bisannuelle de la famille des Amaranthacées, cultivée pour ses racines charnues. Lors de sa première année de croissance, elle forme une rosette de feuilles basales, tandis que la seconde année, elle développe une tige florale ramifiée, portant de petites fleurs verdâtres pollinisées par le vent. Sa racine, généralement ronde, conique ou aplatie, doit sa couleur rouge intense aux bêtalaines, des pigments aux propriétés antioxydantes. [56]

La betterave se décline en plusieurs types selon son usage : les betteraves potagères, consommées crues ou cuites, les betteraves sucrières, riches en saccharose et destinées à l'industrie du sucre, ainsi que les betteraves fourragères, utilisées pour l'alimentation animale.

III.2.2. Origine et répartition géographique

Le nom botanique de la betterave, Beta vulgaris L., révèle en fait ses origines. Elle partage bel et bien un ancêtre commun avec la blette : Beta vulgaris L. subsp. maritima. Il s'agit d'une plante sauvage que l'on rencontre sur le littoral européen.[57]

Beta vulgarissubsp.maritime se développent principalement le long des côtes marines et était apte à supporter simultanément les périodes de sécheresse extrême et les niveaux élevés de salinité dans leur environnement naturel. Il semble que la consommation de la betterave maritime remonte à l'époque antique dans l'alimentation des humains. On trouve les premières traces de l'utilisation de

cette plante dès la préhistoire où ses feuilles étaient cueillies et consommées crues ou utilisées comme légume potager. [58]

Des preuves archéologiques indiquent que la betterave maritime était récoltée et utilisée depuis le Mésolithique jusqu'à l'époque gréco-romaine, en Europe, en Asie et en Afrique. Son origine géographique reste débattue, mais plusieurs auteurs, dont De Candolle, situent son berceau en Europe et autour du bassin méditerranéen, en raison de la présence de nombreuses espèces sauvages du genre *Beta*. Des études récentes confirment cette hypothèse, soulignant la diversité génétique de la betterave maritime dans les régions méditerranéennes.[59,60,61]

III.2.3. Différentes variétés de betterave rouge

La betterave rouge se présente sous de nombreuses variétés adaptées à différents usages alimentaires et industriels. Parmi les variétés héritées du passé figurent la Crapaudine et la Noire plate d'Égypte qui sont connues pour leur saveur riche et leur capacité à résister aux climats chauds. [62]

D'un autre côté les hybrides comme Kestrel (F01), Pablo (F01), se distinguent par leur résistance accrue et leur chair sucrée. [63] La Figure (N°8) illustre les différentes variétés de betterave rouge .

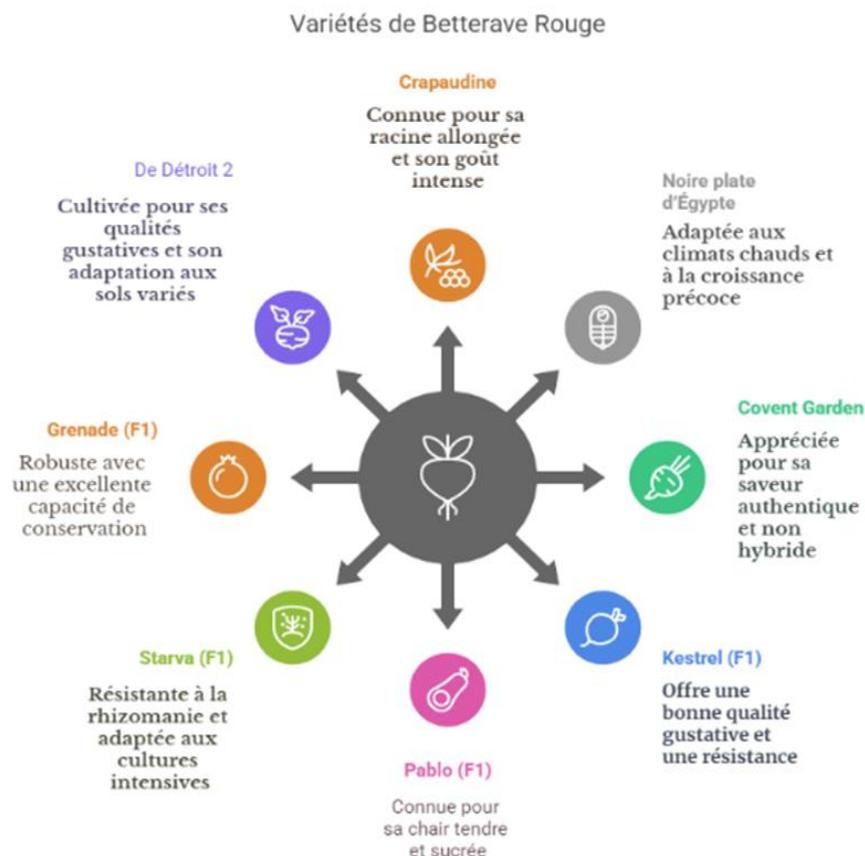


Figure 8: Variétés de betterave rouge.[63,64]

III.2.4. Valeurs nutritionnelles et composition chimique

La betterave rouge est très populaire en raison de ses bienfaits pour la santé et de sa richesse en antioxydants et en nutriments essentiels qui lui confèrent des propriétés protectrices et énergisantes. L'ensemble des informations concernant les composants chimiques et les apports nutritionnels de la betterave rouge est répertorié dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6:Composition chimique et les valeurs nutritionnelles moyennes de la betterave rouge.[65.66]

Catégorie	Composant	Valeur	Composantchimiques	Valeur
Pigments bioactifs	Bétabétaïnes (bétanine, vulgaxanthine)	291 mg/100 g	Calories	43 kcal
	Flavonoïdes	Présents	Glucides	8-10 g
	Acidesphénoliques	Présents	Protéines	1,61 g
	Nitrates	150 mg	Lipides	0,17 g
			Saccharose	6-8 g
Minéraux	Potassium	325 mg	Fibresalimentaires	2-3 g
	Sodium	78 mg	Phosphore	30-40 mg
	Zinc	0,35 mg		
	Phosphore	30-40 mg	Magnésium	20-25 mg
	Magnésium	20-25 mg		
	Calcium	10-20 mg	Calcium	10-20 mg
Vitamines	Fer	0,8 mg	Fer	0,8 mg
	Vitamine B9 (acidefolique)	80-100 µg	Vitamine C	4-8 mg
			Vitamine B6	0,067 mg
		Vitamine B2	0,04 mg	

III.2.6. Les bienfait de la betterave rouge

La betterave rouge est un aliment aux multiples vertus pour la santé. Elle contient des nitrates qui, grâce à l'action des bactéries buccales, se transforment en nitrites. Ces derniers favorisent la vasodilatation et fluidifient le sang, améliorant la circulation, notamment dans certaines zones du cerveau moins irriguées avec l'âge, ce qui pourrait contribuer à préserver les fonctions cognitives et à réduire les risques de démence [56].Riche en fer et en acide folique, la betterave aide à lutter contre l'anémie et la fatigue [56].Ses antioxydants protègent les cellules contre le stress oxydatif et le vieillissement prématuré. Elle soutient également la digestion et la détoxification hépatique

[67].Toutefois, sa consommation est déconseillée en cas de troubles rénaux à cause de sa forte teneur en minéraux [67].En plus de ses usages alimentaires, elle est utilisée pour produire du bioéthanol, comme colorant naturel [49].et dans la phyto-remédiation grâce à certaines espèces capables de dépolluer les sols [50]. Autres bienfaits sont présentés dans la figure en-dessous ;

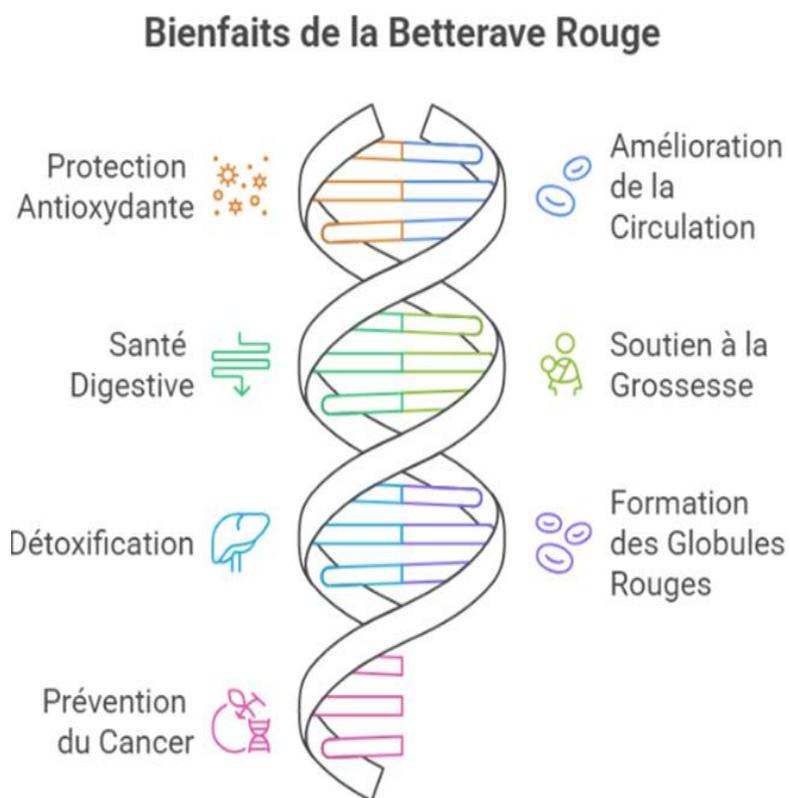


Figure 9: Bienfaits de la betterave rouge.[68]

Partie Expérimentale

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

I.1. Matériel :

I.1.1. Matériel biologique :

Le matériel biologique utilisé dans ce travail correspond aux ingrédients de base servant à la formulation de pâté de volaille sans nitrite. Il s'agit de matières premières d'origine agroalimentaire sélectionnées pour leur qualité et leur disponibilité locale. Les principaux éléments utilisés sont :

- Viande de poulet
- Oignons
- Ail
- Carottes
- Épices (poivre noir, feuilles de laurier, mélange des épices de poulet.)
- Matière grasse (huile végétale)
- Ainsi que les poudres de plantes utilisées (hibiscus sabdariffa et betterave).

I.1.2. Matériel non biologique :

Le matériel non biologique regroupe l'ensemble des réactifs chimiques, équipements de laboratoire, ustensiles, verrerie, instruments de mesure nécessaires aux différentes étapes de la formulation, de l'analyse et de l'évaluation des échantillons étudiés.

a. Matériel de formulation et d'analyse

- Hachoir à viande
- Balance de précision
- pH-mètre
- Spectrophotomètre UV-Visible
- Agitateurs magnétiques
- Vortex

Partie Expérimentale

- Barreaux magnétiques
- Filtre papier

b. Verrerie de laboratoire

- Béchers
- Erlenmeyers
- Tubes à essai
- Entonnoirs
- Spatules
- Pipettes graduées et micropipettes
- Coupelle

c. Réactifs et solvants

- DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)
- Na_2CO_3 (carbonate de sodium)
- Réactif de Folin-Ciocalteu
- Acide gallique (standard pour dosage des polyphénols totaux)
- Méthanol
- Eau distillée

II. Méthodes

II.1. Objectif expérimental

Cette étude vise la formulation d'un pâté de volaille sans nitrites, en remplaçant totalement les nitrites par des substances naturelles aux propriétés colorantes et antioxydantes, principalement Hibiscus sabdariffa (carcadé) et la betterave rouge.

Un suivi de la stabilité physico-chimique a été effectué afin d'évaluer l'efficacité de cette substitution au cours du temps. Un test organoleptique est réalisé pour la sélection de l'échantillon optimal et jugée le plus acceptable par les dégustateurs.

II.2. Plan d'expérience

Un plan d'expérience factoriel complet a été appliqué, avec une variation d'un seul facteur : la concentration en poudre d'hibiscus (carcadé) ; la teneur en poudre de betterave a été prise comme un deuxième facteur fixe.

- La durée de réalisation de ce travail était de 4 mois entre l'optimisation de la formulation et l'étude de sa stabilité.
- L'ensemble des tests physico-chimiques ont été réalisés au niveau de laboratoire de recherche (300) de département d'agronomie.
- Les tests microbiologique ont été effectués au niveau de laboratoire de microbiologie (ALTESS LAB).

II.2.1. Axes de recherche

✚ Nous avons basé notre conception expérimentale sur quatre axes :

1. Axe formulation.
2. Axe stabilité physicochimique.
3. Axe stabilité de la qualité oxydative à travers le suivi de l'activité antioxydante de carcadé
4. Axe stabilisation de la coloration du pâté formulé par la poudre de betterave .

Cette démarche expérimentale a permis de comparer l'effet de la poudre de carcadé sur la stabilité et la qualité du pâté de volaille. **(Voir annexe 1 et 2)**

II.3. Procès de formulation du pâté de volaille sans nitrites

Le procédé de formulation du pâté de volaille a été inspiré des étapes couramment utilisées dans l'industrie charcutière, avec une adaptation aux contraintes du laboratoire.

Il comprend plusieurs étapes clés, allant de la réception des matières premières jusqu'au conditionnement final, dans le but d'assurer une formulation homogène, stable, et conforme aux exigences sanitaires, le tout sans recours aux nitrites.

II.3.1. Matrice du plan d'expérience

Le tableau suivant (N°07) englobe tout le détail sur les niveaux de facteurs étudiés dans le cadre de cette recherche :

Tableau 7:Matrice du plan d'expérience.

Facteur	Niveau de concentration en % (g/g)		
C	0.5	1	1.5
B	QS	QS	QS

C : carcadé_ B : betterave

II.3.2. Réception des matières premières

Les matières premières utilisées comprennent :

Matières biologiques : viande de poulet, carottes, oignons, ail, sel, épices, poudre de carcadé (Hibiscus sabdariffa), poudre de betterave.

Additifs technologiques : carraghénane, farine, bouillon de poulet (ajouté en faible quantité pour faciliter l'homogénéisation).

Les ingrédients sont contrôlés à la réception avant utilisation.

II.3.3. Mélange des ingrédients

Tous les ingrédients sont pesés selon les proportions définies par le plan de formulation. La viande de poulet hachée est mélangée avec les légumes finement coupés (carottes, oignons, ail), les épices, les poudres végétales (carcadé et betterave), le sel, la farine, le carraghénane, ainsi qu'une petite quantité de bouillon de volaille. Ce mélange est préalablement homogénéisé à l'aide d'un agitateur.

II.3.4 Broyage et homogénéisation

Le mélange obtenu est ensuite broyé à l'aide d'un hachoir pour assurer une pâte homogène et lisse. Ce broyage permet une meilleure répartition des composants fonctionnels et une texture uniforme du pâté.

II.3.5 Cuisson

Le mélange homogène est cuit à la vapeur avec un barème (T° 100, temps 1H.30 min) permettant la coagulation des protéines, l'activation des agents texturants (farine, carraghénane), et la destruction des micro-organismes pathogènes.

II.3.6 Remplissage à chaud et refroidissement

Le produit cuit est immédiatement rempli à chaud dans des contenants stériles, puis soumis à un refroidissement rapide (choc thermique). Cette étape est essentielle pour assurer la stabilisation microbologique du pâté de volaille, en limitant le développement microbien post-traitement.

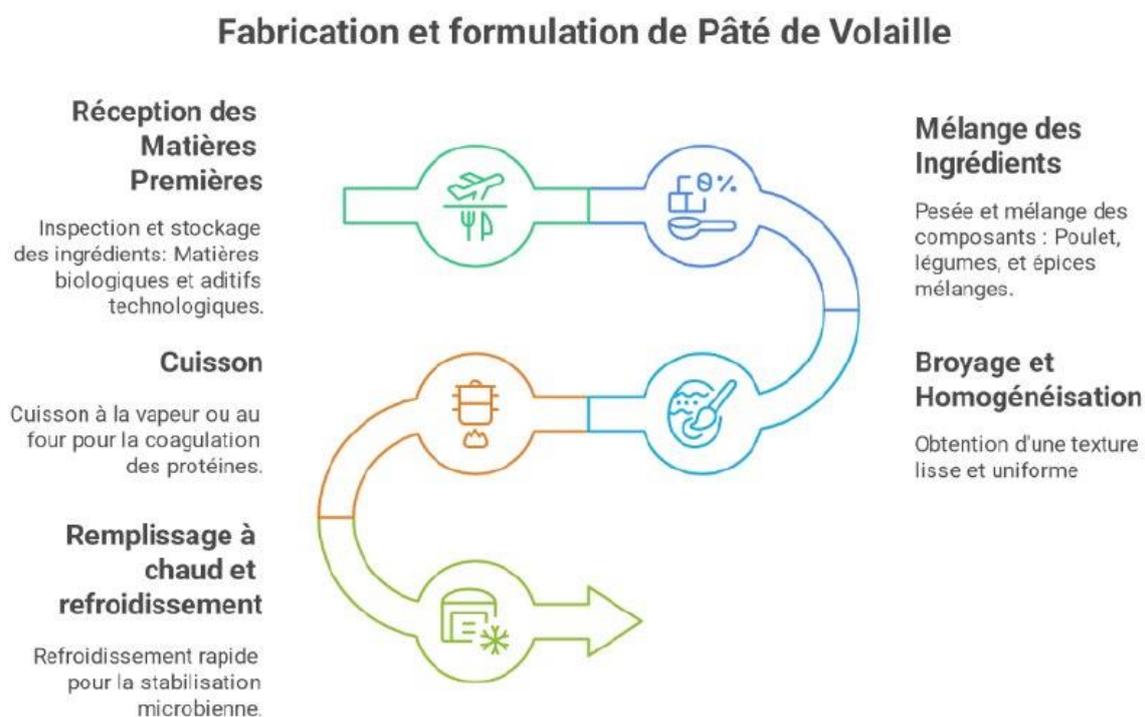


Figure 10: Étapes de fabrication de pâté de volaille sans nitrites.

II.4. Contrôle des matières premières

- ✓ Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les trois matières premières principales suivantes :
 - Viande de poulet
 - Poudre d'hibiscus
 - Poudre de betterave
- ✓ Un contrôle microbiologique de la viande de poulet a été réalisé selon le JORA (2017)

Les tests effectués sont représentés dans le tableau figurant dans la page suivante.

Tableau 8: Testes de contrôle des matières premières.

Analyses	Viande de poulet	Poudre d'hibiscus	Poudre de betterave
pH	+	+	+
Activitéantioxydante (DPPH)	-	+	+
Polyphénolstotaux	-	+	+
Teneur en humidité	+	+	+
Contrôle microbiologique	+	-	-
Teneur en cendres	+	+	+

(+) : analyse effectuée (-) : analyse non effectuée

II.5. Protocoles expérimentaux

II.5.1 Détermination de pH

- pH. des poudre végétales (Hibiscus et betterave) :

Le test a été effectué selon **AOAC (2005)**.

Le pH a été mesuré pour les poudres végétales (hibiscus et betterave) selon le protocole suivant :

Préparation de l'échantillon : 2 g d'échantillons sont dilués dans 100 ml d'eau distillée.

Agitation : La solution est homogénéisée pendant quelques minutes.

Mesure : Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre calibré.[69]

- pH. de la viande de poulet

Le test a été effectué selon **AOAC (1995)**.

Le pH a été mesuré pour la viande de poulet selon le protocole suivant :

Préparation de l'échantillon : 5 g de viande de poulet homogénéisée sont dilués dans 50mL d'eau distillée.

Agitation : Agiter le mélange pendant 1 à 2 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique

Mesure : Mesurer le pH à l'aide d'un pH-mètre calibré.[70]

II.5.2 Teneur en humidité

Le teste a été effectué selon **AOAC (2000)**.

La teneur en humidité d'un échantillon correspond à la quantité d'eau qu'il contient. Elle est déterminée par dessiccation, c'est-à-dire en chauffant l'échantillon à 105 °C jusqu'à perte de masse constante.

a) Protocole opératoire

- Peser une capsule vide et propre (notée P₀).
- Ajouter environ 5 g d'échantillon homogène (poulet ou poudre de plante), puis peser à nouveau (notée P₁).
- Placer la capsule contenant l'échantillon dans l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- Retirer la capsule, la placer dans un dessiccateur pour refroidir 15 à 30 minutes, puis peser (notée P₂) (**voir annexe 3**). [71]

b) Calcul de la teneur en humidité

- **Teneur en humidité (%) = $(P_1 - P_2 / P_1 - P_0) * 100$**

Où :

P0 : masse de la capsule vide

P1 : masse de la capsule + échantillon avant dessiccation

P2 : masse de la capsule + échantillon sec après dessiccation[71]

II.5.3. Teneur en cendres

Le teste a été effectué selon **AOAC (1995)**

La détermination de la teneur en cendres de la viande de poulet est réalisée selon le protocole suivant :

- Prélèvement d'environ 5 g de l'échantillon homogénéisé.
- Pesée de l'échantillon dans un creuset en porcelaine préalablement taré.
- Placement du creuset dans un four à mufle.
- Chauffage progressif jusqu'à 550 °C.
- Maintien à 550 °C pendant 4 heures pour calcination complète.
- Refroidissement du creuset dans un dessiccateur pour éviter l'absorption d'humidité.
- Pesée du creuset avec les cendres résiduelles.[72]

Calcul de la teneur en cendres (%) selon la formule :

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = \frac{M3 - M1}{M2 - M1} \times 100$$

Avec :

M1 : masse du creuset vide (g)

M2: masse du creuset + échantillon avant calcination (g)

M3: masse du creuset + cendres après calcination (g)[72]

II.5.4. Dosage de l'Activité antioxydante par la méthode de DPPH

Cette mesure permet d'évaluer le pouvoir antioxydant des poudres végétales en utilisant le radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).

Le Protocole de dosage a été réalisé selon *Nabi, I., Nait Bachir, Y., Djellouli, S., Smain, M., & Hadj-Ziane-Zafour, A, (2023)*. [73]

a) Préparation des extraits :

Cette étape a été effectuée selon avec petite modification :

- 0.1 g de poudre de plante est mélangé à 10 ml de méthanol.
- Le mélange est agité pendant 1h30.
- L'extrait est ensuite filtré à l'aide de papier filtre.[74]

b) Préparation de la solution de DPPH :

Dissolution de 40mg de DPPH dans 100 ml de méthanol (**voir annexe 4**).

c) Réaction :

- 3 ml de la solution de DPPH sont ajoutés à 1 ml d'extrait de plante.
- Un blanc (témoin) est préparé avec 3 ml de DPPH + 1 ml de méthanol.
- Après 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide du spectrophotomètre.
 - Le test a été effectué en triple pour chaque échantillon.[74]

d) Calcul :

L'activité antioxydante est calculée par la formule :

$$AA\% = (A_0 - A / A_0) * 100$$

Où : A₀ : absorbance du témoin (DPPH + méthanol)

A : absorbance de l'échantillon (DPPH + extrait)

II.5.5. Dosage des polyphénols totaux par la méthode Folin–Ciocalteu

Cette méthode permet d'estimer la teneur en composés phénoliques des extraits végétaux à travers un dosage spectrophotométrique. La présence des polyphénols est repérée par un virage de couleur de folincioalceudu jaune vers le bleu.

a) Préparation de l'extrait : l'extraction des polyphénols des poudres d'hibiscus et de betterave a été réalisé selon *Ngondo, B. P., Mpika, J., & Mbon, N. C. A. (2023)*.

- 0,1 g de poudre est extrait dans 10 ml de méthanol.
- Agitation pendant 1h minutes, puis filtration.
- Dilution de l'extrait à 1/4 (2 ml d'extrait + 8 ml d'eau distillée).[75]

b) Préparation du mélange réactionnel :

Dans un tube à essai :

- 0,2 ml d'extrait dilué
- 1,8 ml d'eau distillée
- 1,8 ml de réactif de Folin–Ciocalteu dilué → Attente de 5 minutes
- 0,2 ml de carbonate de sodium à 7,5 % → Agitation avec un vortex
- Le test a été effectué en triple pour chaque échantillon (**voir annexe 5**).[75]

c) Incubation :

- 1 heure à température ambiante à l'abri de la lumière.

d) Lecture :

- Absorbance mesurée à 725 nm à l'aide du spectrophotomètre.
- Les résultats sont exprimés en équivalent d'acide gallique.

II.6. Étude de stabilité de produit fini :

II.6.1. Stabilité physicochimique :

La stabilité a été contrôlée une fois par semaine pendant 1 mois, ainsi que la formulation maximale et la moyenne, sauf le taux de cendres qui a été fait le 1er jour de stockage seulement.

Les changements des paramètres Physico-chimiques (ph, humidité, activité antioxydante) ont été évalués en triple à température ambiante en suivant les mêmes protocoles décrits précédemment dans la partie des analyses physicochimiques de la matière première.

II.6.2. Stabilité microbiologique :

La stabilité microbiologique de la formulation optimale seulement a été contrôlée le 14^{-ème} et le 24^{-ème} jour de stockage au niveau de laboratoire de contrôle de qualité et de conformité privé situé à la rue Zabana en face l'hôpital Frantz Fanon.

- Ou on a cherché après les germes suivants selon les protocoles décrits dans le journal officiel Algérien version 2017 :
- Germe aérobies
- *Escherichia coli*
- Staphylocoques a coagulase
- Anaérobies sulfito-réducteurs
- *Bacillus cereus*
- *Salmonella*
- *Listeria monocytogenes*

Nous présentons ci-dessous les protocoles utilisés pour la recherche de chaque germe analysé, conformément aux normes en vigueur:

1. Germes aérobies totaux :

But : dénombrer les bactéries aérobies présentes.

Procédure :

Homogénéiser 25 g d'échantillon dans 225 mL de tampon.

Réaliser des dilutions en série.

Pour chaque dilution, ensemer 1 mL (ou 0,1 mL) sur gélose Plate Count Agar.

Incuber à 35 °C pendant 48 h.

Compter les colonies (15–300 colonies par plaque).

Norme AOAC ou ISO – méthode de comptage standard.

2. Escherichia coli :

But : détection et/ou dénombrement.

Procédure (BAM Chapitre 4 / AOAC 966.24) :

1. Homogénéisation et dilutions dans un tampon.
2. Enrichissement en milieu EC (44,5 °C/24–48 h).
3. Inoculation sur gélose sélective (EMB, Chromocult, Petrifilm).
4. Incubation 24 h à 35 °C.
5. Colonies suspectes (ex. bleu métallique sur EMB, bleu/rouge sur Chromocult).
6. Confirmations IMViC ou MUG.

Méthodes alternatives validées : membrane filtration, Petrifilm etc.

3. Staphylocoques à coagulase positive (S. aureus):

But : dénombrement et confirmation de *S. aureus*.

Procédure (FDA BAM Chapitre 12 / AOAC) :

1. Homogénéisation et dilution de l'échantillon.
2. Inoculation sur gélose Baird-Parker (+ tellurite + œuf).
3. Incubation à 35 °C pendant 24–48 h.
4. Apparition de colonies noires avec halos clairs.
5. Prélever colonies suspectes et réaliser le test de coagulase (plasma + clotting).
6. Dénombrement : uniquement coagulase-positives.

Alternatives rapides (Petrifilm, RAPID'S taph, kits PCR) validées .

4. Anaérobies sulfite-réducteurs (Clostridium spp.):

But : détection de *Clostridium* sulfite-réducteurs (ex. *C. perfringens*).

Procédure type :

1. Enrichissement en milieu spécifique (ténase ou SPS).

2. Incubation en anaérobiose à 37 °C (24–48 h).
3. Ensemencement sur gélose taurocholate-peptone-agar.
4. Recherche de colonies avec halo et test de production de sulfure (noir).

5. *Bacillus cereus*:

But : dénombrement.

Procédure standard :

1. Homogénéisation, dilutions.
2. Ensemencement sur agar MYP (manitol-yolk-polymyxine).
3. Incubation 30 °C pendant 24–48 h.
4. Colonies roses avec halo clair (lysine protease).

6. *Salmonella* :

But : détection (présence/absence).

Procédure (BAM Chapitre 5 / ISO 6579) :

1. Enrichissement non sélectif (peptone water, 37 °C/18–24 h).
2. Enrichissement sélectif (Rappaport-Vassiliadis, selenite cystine).
3. Ensemencement sur gélose SS, XLD.
4. Incubation 24 h à 37 °C.
5. Colonies suspectes noir/rouge-pâle (H₂S).
6. Confirmation : tests biochimiques (TSI, LIA), agglutination sérologique.

7. *Listeria monocytogenes* :

But :

détection (présence/absence ou dénombrement).

Procédure (ISO 11290 / BAM Chapitre 10) :

1. Enrichissement primaire (demi-Fraser, 30 °C/24 h).
2. Enrichissement secondaire (Fraser, 37 °C/48 h).
3. Ensemencement sur gélose sélective (Oxford, Palcam).
4. Incubation 24–48 h à 35 °C.
5. Colonies typiques : noires avec halo (xylanase).
6. Confirmation par tests biochimiques ou PCR.

II.7. Teste organoleptique

Une analyse sensorielle hédonique a été menée au niveau de l'université, les maisons des étudiants (Ahlem et Abdessalam) sur trois formulations de pâté de volaille sans nitrite (P1, P2, P3) contenant diverses teneurs en poudre de carcassé et puis de betterave. Âgés de 5 à 60 ans, les 30 dégustateurs non-fumeurs comme en bonne santé (dont 10 spécialistes en contrôle qualité) ont évalué les échantillons, stockés vers 2°C et garantis sûrs par des contrôles microbiologiques initiaux. Ces panélistes ont noté alors la couleur, puis l'odeur, après le goût, ensuite la texture et enfin l'arôme. Les mêmes experts ont noté l'acceptabilité globale sur une échelle de 1 à 10 (1-3 : Mauvais, 4-5 : Acceptable, 6-7 : Bonne, 8-10 : Très bonne). La formulation optimale sélectionnée a ensuite fait l'objet d'une étude de stabilité sur une durée d'un mois. (voir annexe 7, 8 et 9)

II.8. Valeur nutritionnelle

La détermination de la valeur nutritionnelle du produit développé constitue une étape essentielle afin d'évaluer ses apports en macronutriments et micronutriments. Dans cette étude, plusieurs paramètres ont été analysés, notamment la teneur en protéines, lipides, glucides, vitamines et sels minéraux.

La valeur nutritionnelle de pâté de volaille a été réalisée au niveau de laboratoire de contrôle alimentaire ALTESS.

Tableau 9 : La détermination de la valeur nutritionnelle du produit développé.

Nutriment	Méthode d'analyse	Référence
Protéines	Méthode de Kjeldahl	[76]
Lipides	Extraction Soxhlet	[77]
Glucides	Calcul par différence	[78]
Sels minéraux	Incineration à haute température	[79]
Vitamines	Titration à l'iode / HPLC	[80]

Nous avons utilisé quelques protocoles simples et reconnus afin d'analyser la valeur nutritionnelle des échantillons de pâté. Ces méthodes ont permis de déterminer leur teneur en protéines, lipides,

glucides, sels minéraux et vitamines , dans le but d'obtenir des résultats fiables et utiles pour cette étude.

1. Dosage des Protéines – (Méthode de Kjeldahl Modifiée)

Matériel nécessaire :

Échantillon de pâté (1 g), H_2SO_4 concentré, NaOH 40 %, indicateur phénolphtaléine, HCl 0.1 M, distillateur simple.

Étapes :

a. Digestion :

Mélanger 1 g d'échantillon avec 10 mL d' H_2SO_4 + catalyseur ($CuSO_4$).

Chauffer à 420°C pendant 60 min (jusqu'à obtention d'un liquide vert clair).

b. Distillation :

Refroidir le mélange.

Ajouter 10 mL de NaOH 40 %.

Distiller l'ammoniac dans 10 mL d'acide borique 4 % avec indicateur.

c. Titrage :

Titrer avec HCl 0.1 M jusqu'à disparition de la couleur verte/bleue.

2. Dosage des Lipides – (Méthode de Soxhlet Simplifiée)

Matériel nécessaire :

Soxhlet, cartouche cellulose, ballon, éther de pétrole, balance.

Étapes :

a. Préparation de l'échantillon :

Déshydrater 5 g d'échantillon (étuve à 105°C pendant 4 h).

Placer dans une cartouche.

b. Extraction :

Monter l'appareil (ballon vide pesé + éther de pétrole).

Chauffer pendant 6 h (6 cycles/h).

c. Récupération des lipides :

Évaporer le solvant (bain-marie).

Sécher les lipides à 105°C pendant 30 min.

3. Dosage des Glucides –(Calcul par Différence)

Prérequis :

Résultats des protéines, lipides, humidité, et cendres.

Étapes :

a. Mesure de l'humidité :

Peser 5 g d'échantillon.

Sécher à 105°C pendant 24 h.

Repenser.

b. Mesure des cendres :

Voir section suivante.

4. Teneur en Sels Minéraux –(Dosage des Cendres Totales)

Matériel nécessaire :

Creuset, four à moufle.

Étapes :

1. Peser un creuset vide.

Partie Expérimentale

2. Ajouter 5 g d'échantillon et peser à nouveau.
3. Calciner au four à 550°C pendant 4 h (jusqu'à obtention d'une poudre blanche ou grisâtre).
4. Refroidir dans un dessiccateur et repeser.

5. Dosage de la Vitamine C – (Par Titration au DCPIP)

Matériel nécessaire :

Burette, DCPIP (2,6-dichlorophénolindophénol), acide oxalique.

Étapes :

a. Extraction :

Broyer 10 g de pâté avec 50 mL d'acide oxalique 0.4 %.

Filtrer.

b. Titration :

Prélever 1 mL de filtrat + 10 mL d'eau distillée.

Titration avec DCPIP 0.1 % jusqu'à apparition d'une couleur rose persistante pendant 15 secondes.

Résultats et Discussion

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction

L'étude a été menée sur une formulation d'un pâté de volaille sans nitrites, à base de poudre de plantes (*hibiscussabdariffa* et poudre de betterave).

La sélection de la formulation optimale pour l'expérimentation s'est basée sur les résultats de tests organoleptiques.

L'ensemble des résultats obtenus par le contrôle physico-chimique des matières premières et du produit fini (des trois formulations), le contrôle microbiologique, ainsi que la valeur nutritionnelle seront présentés et interprétés dans la partie suivante :

III .1. Étude de qualité physicochimique :

III.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure ci-dessous représente les moyennes de résultats de pH des matières premières obtenus par le test en triplicata.

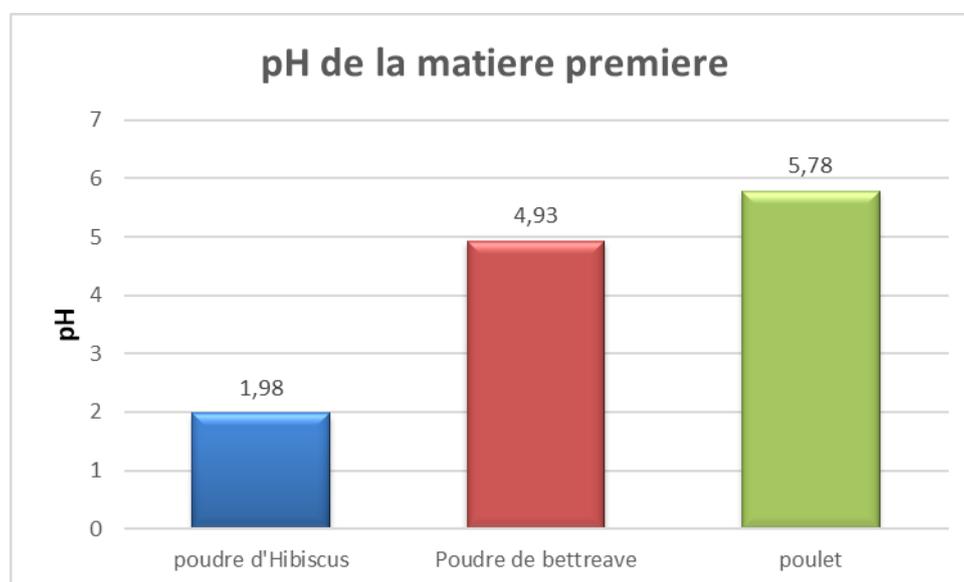


Figure 11: Résultats de pH des matières premières.

D'après l'histogramme, la valeur de pH de la poudre d'hibiscus montre une moyenne de (1,98), qui se concorde aux résultats de **M'be, C. U., Scher, J., Gaiani, C., Amani, N. G., & Burgain, J, (2023). [81] (1-3)**, qui mentionne que les anthocyanes sont plus stables à pH très acide. Concernant la poudre

RÉSULTATS ET DISCUSSION

de betterave la moyenne du pH été de (4.93), cette valeur est corrélée aux résultats de *Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., Panghal, A., & Sangwan, S, (2019)*. [82] qui indique un pH entre 4 et 5.

Par rapport au poulet, on a une moyenne d'un Ph de 5.78, conforme aux resultat de *Bhawana, I., Malik, A., Raposo, A., Singh, S., Yadav, S., Zandonadi, R. P., Lho, L. H., Han, H., & Thakur, N, (2023)*. , qui indiqués un pH de (5,70–5,96). [83]

III.1.2. Humidité

La figure N° 12 montre les valeurs de pourcentage d'humidité des matières premières

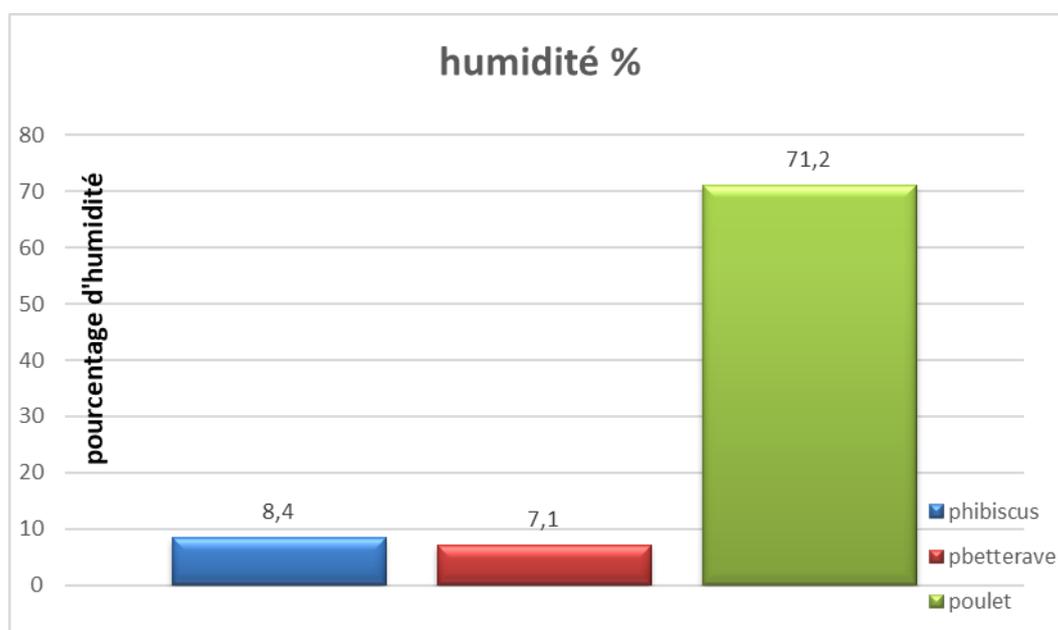


Figure 12: Résultats de pourcentage d'humidité des matières premières.

D'après l'histogramme, le pourcentage d'humidité pour la poudre d'hibiscus est de **8.4 %**, qui est dans la plage optimale rapportée par *Akinmoladun, F. O. et al. (2015)*. [84]. Où la poudre de roselle est généralement stabilisée entre 7% et 9%.

Concernant la poudre de betterave, le pourcentage d'humidité était de **7.1%**, conforme à celui rapporté par *Castañeda-Ovando, A. et al, (2014)*. où une humidité de 6.5% à 8% a été obtenue.[85]

Ces poucentage d'humidité des poudres de plantes utilisées se concordent aux données de la littérature qui privilège une teneur d'humidité inferieur à 10% pour une meilleure stabilité et conservation.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Par rapport aux viandes de poulet, un pourcentage de 71.2% est obtenue, conforme à celui de *Lawrie, R. A., & Ledward, D. A, (2006)*. où un pourcentage de 67% à 76% été obtenue confirmant la fraîcheur de la matière première.[86]

III.1.3. Taux de cendres

La figure représente les résultats des taux de cendres des échantillons de matières premières analysés

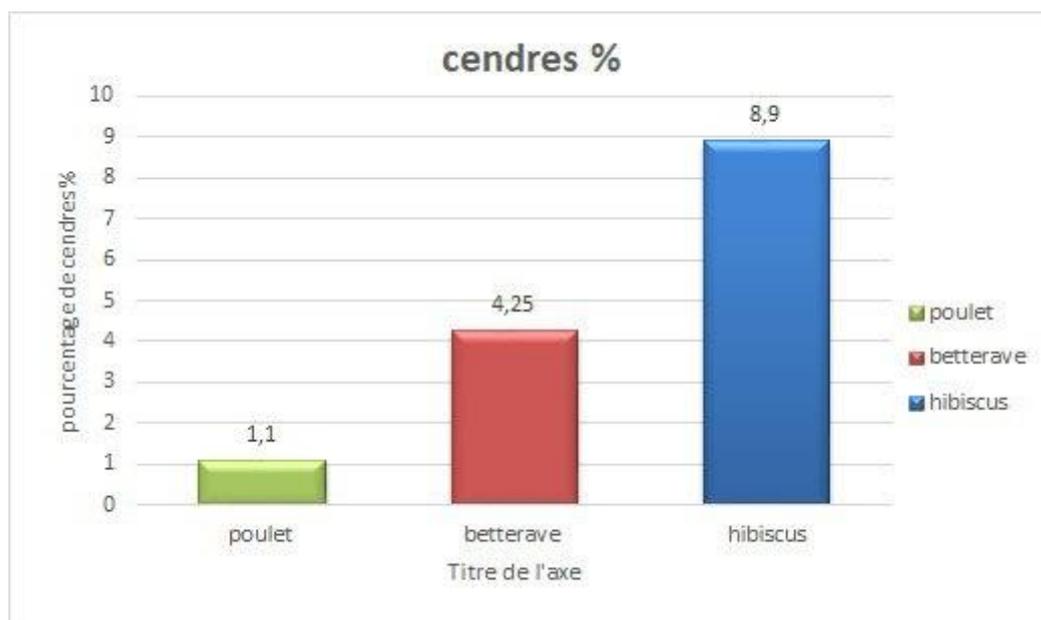


Figure 13: Résultats des taux de cendres des échantillons de matières premières.

D'après l'histogramme, le taux de cendre dans la viande de poulet est de 1.10 % qui est conforme aux résultats de *Benlarbi, M., Bourekoua, H., & Zidoune, M. N, (2023)Benlarbi, M., Bourekoua, H., & Zidoune, M. N. (2023)*. Ayant obtenus un taux de cendre entre 1,02 % et 1,28 % [87] . La teneur en cendres mesurée dans notre poudre de betterave (4,25 %) se situe dans la fourchette des valeurs rapportées dans la littérature. En effet, *Luckymicha et al, (2020) [95]*. ont rapporté une teneur de 3,57 %, tandis que *Tiwari et al, (2022) [96]*. ont observé jusqu'à 8,06 % selon les méthodes de séchage utilisées. En ce qui concerne la poudre de carcadé, notre valeur obtenue (8,90 %) est comparable à celles rapportées par *Araujo et al, (2021) [97]*. qui varient de 6,96 à 9,34 %. Ces données confirment la richesse minérale de ces deux poudres, ce qui justifie leur intérêt nutritionnel et technologique en tant que substituts partiels aux additifs traditionnels.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Poudre de betterave (*Beta vulgaris*) :

→ Teneur en cendres = 4,25 %

Poudre de carcadé (*Hibiscus sabdariffa*) :

→ Teneur en cendres = 8,90 %

III.1.4. Activité antioxydante et polyphénols totaux

Cette figure présente l'activité antioxydante et la teneur des polyphénols totaux dans les poudres de plantes (*hibiscus sabdariffa* et betterave)

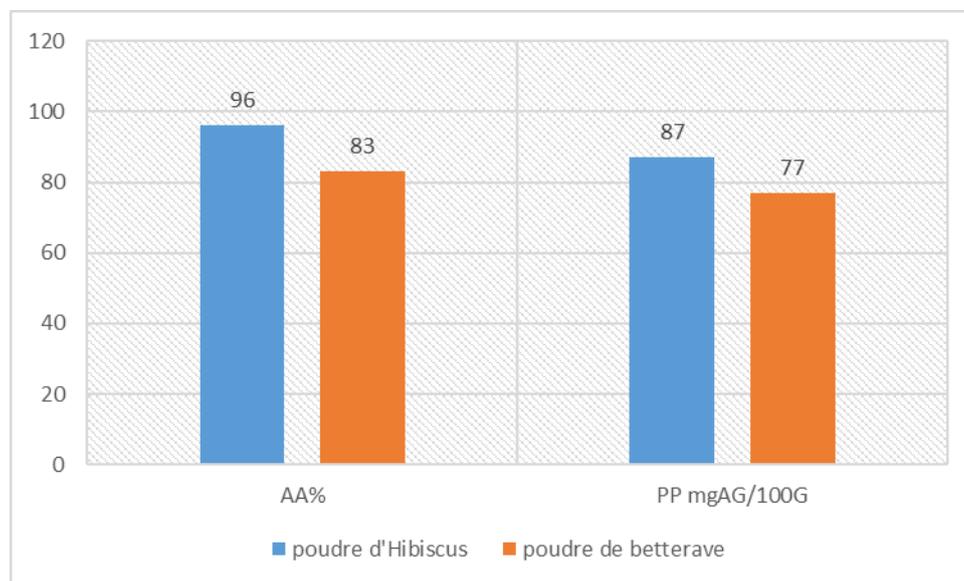


Figure 14: Résultats de l'activité antioxydante et des polyphénols totaux des poudres de plantes.

L'activité antioxydante mesurée par DPPH a révélé une valeur très élevée pour la poudre d'hibiscus *sabdariffa* (96 %), et la poudre de betterave (83 %). Ces résultats confirment le fort pouvoir antioxydant des deux poudres de plantes utilisées dans la formulation, ce qui est en accord avec les travaux de **Nguyen, Q.-D., Dang, T.-T., Nguyen, T.-V.-L., Nguyen, T.-T.-D. & Nguyen, N.-N, (2022).** [88]. pour l'hibiscus (jusqu'à 90 %) et de **Janiszewska-Turak, E., Kofakowska, W., Pobiega, K., & Gramza-Michałowska, A, (2021).** [89]. pour la betterave (70–85 %).

La richesse en **anthocyanes** chez l'hibiscus et en **bétalaines** chez la betterave explique ces activités. L'hibiscus montre ici une efficacité supérieure, ce qui pourrait être lié à une **meilleure préservation des composés actifs lors du séchage** ou à une **plus forte concentration en phénols**.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

De plus, la lecture de l'histogramme relatif à l'indice des polyphénols totaux montre également une contribution significative à l'activité antioxydante, en particulier chez l'hibiscus, qui présente une concentration polyphénolique nettement supérieure (87%) et pour la betterave (77%) Cela suggère que les composés phénoliques jouent un rôle synergique avec les pigments antioxydants dans la protection contre l'oxydation.

L'hibiscus montre ici une efficacité antioxydante légèrement supérieure, ce qui pourrait s'expliquer par une meilleure stabilité de ses composés bioactifs au séchage ou par une concentration initiale plus élevée en phénols totaux.

Ces résultats soulignent ainsi l'intérêt technologique de ces poudres comme agents antioxydants naturels dans les formulations alimentaires, avec un double rôle : améliorer la stabilité oxydative et renforcer la qualité nutritionnelle des produits.

III.2. Étude de stabilité physicochimique

L'étude de stabilité du pâté de volaille enrichi en poudres végétales a montré une évolution modérée mais significative des paramètres physicochimiques (activité antioxydante, pH et humidité) durant le stockage à 4 °C pendant 28 jours.

III.2.1. Suivi de l'activité antioxydante

La figure suivante montre la courbe de suivi de l'activité antioxydante des trois formulations de pâté de volaille sans nitrite (p1 : 0.5g, p2 : 1g, p3 : 1.5g) pendant 28 jours à 4°C :

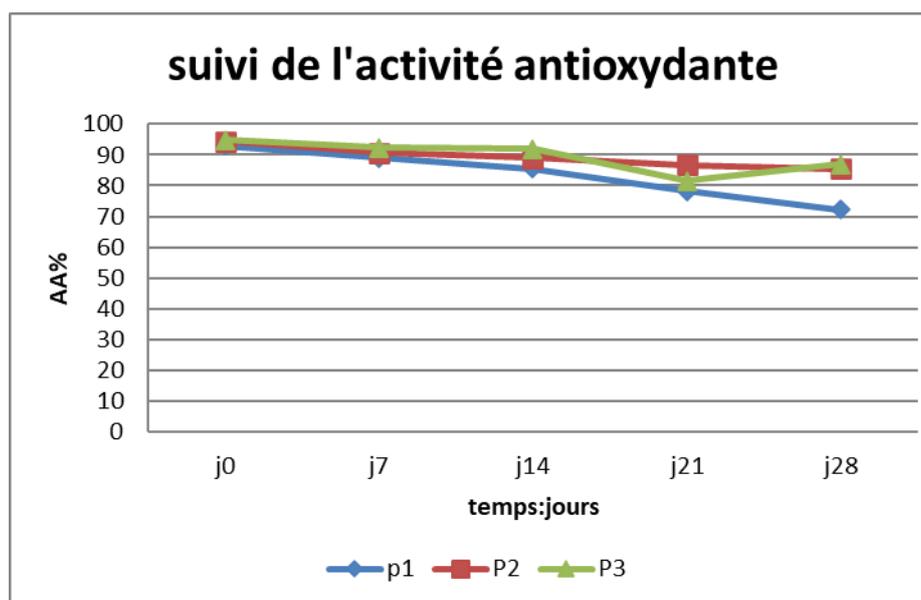


Figure 15: Suivi de l'activité antioxydante de pâté de volaille pendant 28 jours.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

D'après le graphique, L'activité antioxydante diminue légèrement avec le temps pour les trois échantillons, ce qui est typique des produits soumis au vieillissement ou à la conservation.

- **Formulation P1** (0.5% poudre d'hibiscus), L'activité antioxydante, mesurée par la méthode DPPH, a progressivement diminué de 93.05% à J0 à 72.29% à J28. Cette perte peut être attribuée à l'oxydation naturelle des composés phénoliques et anthocyaniques présents dans les poudres d'hibiscus et de betterave, comme l'ont rapporté Malgré cette baisse, l'activité reste élevée à J28, ce qui témoigne de la bonne stabilité antioxydante du produit. [90]
- **Formulation P2** (1% poudre hibiscus), L'activité antioxydante a chuté de **94,40 %** à **85,44 %** à J28, avec une stabilité légèrement meilleure que l'échantillon optimal. Cette meilleure rétention à J28 pourrait être due à une concentration plus faible en antioxydants, donc moins de substrat à oxyder, ce qui ralentit la vitesse de dégradation (principe de saturation inverse).
- **Formulation p3** : Cet échantillon a montré la meilleure stabilité antioxydante, passant de **94,76 %** à J0 à **86,85 %** à J28. Cette performance pourrait être liée à une teneur plus élevée en composés phénoliques, renforçant le pouvoir de piégeage des radicaux libres et limitant l'oxydation globale du produit.

Malgré la diminution observée dans tous les échantillons, les trois formulations maintiennent des niveaux d'activité antioxydante élevés jusqu'à J28 ($\geq 72\%$), ce qui garantit une bonne protection contre l'oxydation lipidique. Ces résultats sont compatibles avec ceux de **Janiszewska-Turak, E., Kolakowska, W., Pobiega, K., & Gramza-Michałowska, A, (2021) [91]**. qui ont démontré que les extraits végétaux riches en bêtaïnes et anthocyanes permettent de stabiliser les produits carnés enrichis.

Globalement, on observe que l'augmentation de la concentration en poudre d'hibiscus améliore la stabilité et l'intensité de l'activité antioxydante, bien que même la plus faible dose (P1) conserve une efficacité significative jusqu'à 28 jours. Cette corrélation entre la concentration en hibiscus et le pourcentage de l'activité antioxydante a été aussi mentionnée par **Alejandro MR et al. (2016) et Pascal, N. B. et al. (2023) [98,99]**

RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.2.2. Suivi de pH (potentiel d'Hydrogène)

La figure suivante montre le suivi de Ph des trois formulation de pâté de volaille sans nitrite (p1 : 0.5g, p2 : 1g , p3 : 1.5g) pendant 28 jours , le pH a été mesurer à température ambiante (20°C) au cours des 28 jours de stockage.

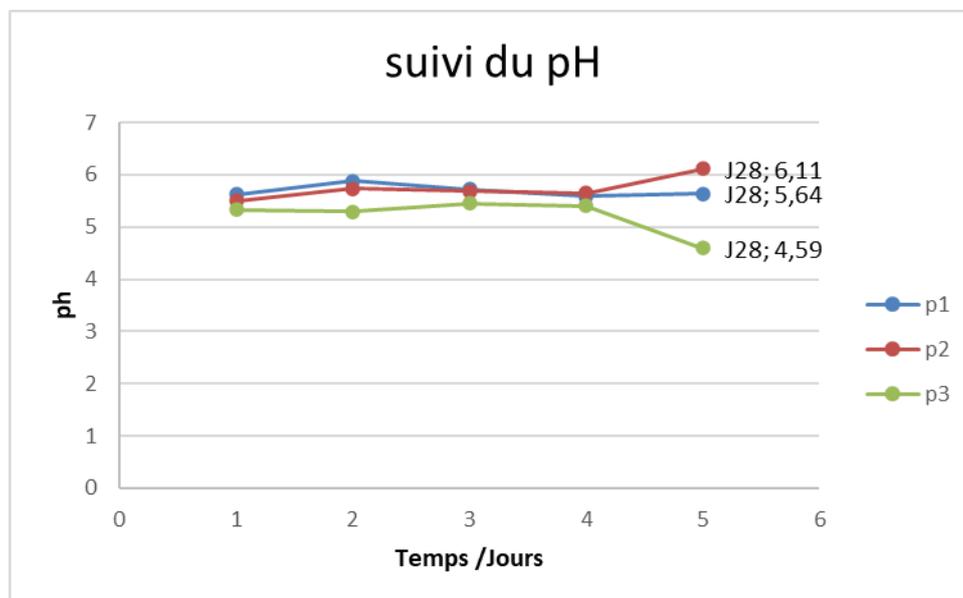


Figure 16: Suivi de Ph de pâté de volaille pendant 28 jours.

Le suivi du pH a révélé des comportements contrastés selon les échantillons avec un écart type modéré de j0 à j28 (0,14 à 0,77), ce qui témoigne d'une bonne stabilité physicochimique. P1 est resté stable (5,62 à 5,64) . P2 a vu son pH augmenter de 5,50 à 6,11, dépassant ainsi le seuil réglementaire de 6,0 fixé par l'arrêté algérien du 16/01/2018 (IANOR NA 44201) et les recommandations du **Codex Alimentarius**, ce qui peut signaler une dégradation enzymatique ou microbienne. À l'inverse, P3 a subi une acidification (5,33 à 4,59), probablement liée à la forte concentration en acides organiques issus de l'hibiscus.[90]

Ainsi, P1 est la formulation la plus stable et conforme, aussi bien techniquement que réglementairement.

III.2.3. Suivi de l'Humidité

La figure suivante montre la courbe de suivi de pourcentage d'humidité des trois formulation de pâté de volaille sans nitrite au cours de temps (28jours) , par dessiccation .

RÉSULTATS ET DISCUSSION

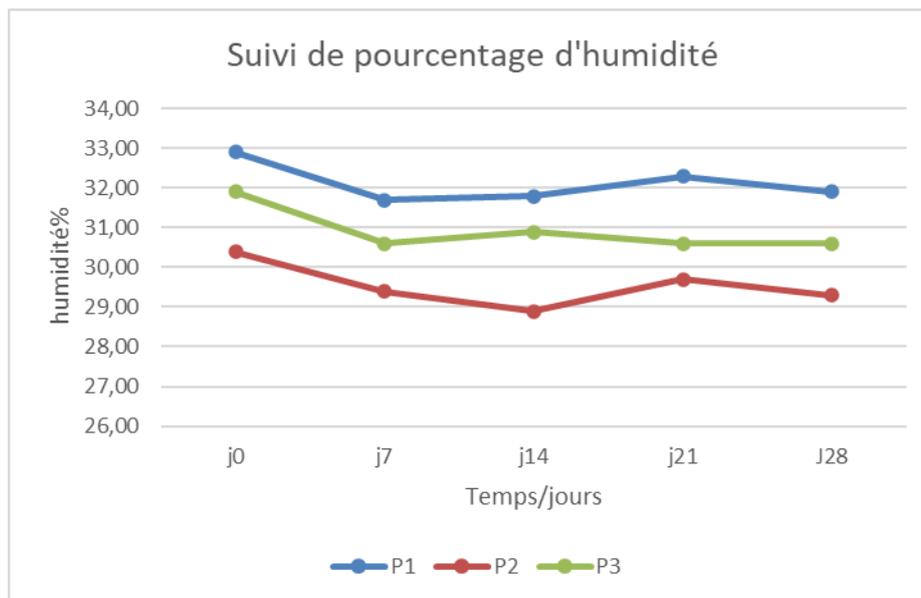


Figure 17: suivi de pourcentage d'humidité de pâté de volaille sans nitrite.

Les mesures d'humidité effectuées pendant les 28 jours de conservation des trois formulations de pâté de volaille sans nitrite (nommées P1,P2 et P3), présentent des variations modérées et bien maîtrisées allant de 28.9 % à 32.9 %. Ces fluctuations se situent dans les normes définies par la réglementation (**NF V04-207**) ainsi que les directives du Codex Alimentarius(**norme CXS 100-1981**), garantissant ainsi la stabilité microbiologique et la qualité sensorielle du produit. La première formulation se distingue clairement par une régulation plus uniforme de l'humidité : après une diminution initiale de l'humidité (de 32.9 % à Jour 0 à 31.7 % à Jour 7), on observe une légère augmentation jusqu'à 32.3 % à Jour 21 puis une stabilisation à 31.9 % à Jour 28. Cette évolution suggère une répartition efficace de l'eau dans la structure globale du produit alimentaire et reflète une bonne harmonie entre les protéines utilisées en tant qu'agents texturants et les autres composants présents.

En comparaison des formulations p2 et p3, on observe des profils de récupération qui évoluent différemment : un rétablissement progressif pour P2 et une stabilisation plus rapide pour p3, bien que cette dernière présente une amplitude de variation légèrement plus prononcée. Cela renforce l'aspect techniquement pertinent de la formulation p1 qui apparaît comme la plus adaptée en termes de gestion de l'humidité - un critère crucial dans le cadre des formulations sans nitrites.

III.3. Stabilité microbiologique

Les figures suivantes montrent les résultats de suivi microbiologique de (j14 et j28) réalisés au niveau de laboratoire de contrôle de qualité et de conformité « ATLAS » situé à la rue Zabana en face l'hôpital Frantz Fanon :

Le suivi microbiologique réalisé exclusivement sur la formulation optimale (P1) au cours des 28 jours de conservation à 4 °C a permis de vérifier la sécurité sanitaire du produit.

L'analyse a révélé l'absence totale des germes pathogènes recherchés à tous les temps d'analyse (J14 à J28), à savoir :

- *Escherichia coli* (réf. : **ISO 7251 :2005**),
- Staphylocoques à coagulase positive (réf. : **NA 15164**),
- Anaérobies sulfitoréducteurs (réf. : **NA 15176**),
- *Bacillus cereus* (réf. : **ISO 7932**),
- *Salmonella* spp. (réf. : **NA 1203**),
- *Listeria monocytogenes* (réf. : **ISO 11290**).

Cette absence de pathogènes témoigne d'un bon niveau d'hygiène, d'un traitement thermique efficace, et d'un conditionnement maîtrisé. Elle est également renforcée par la présence de composés antimicrobiens naturels dans la poudre d'hibiscus utilisée dans la formulation, comme le soulignent plusieurs études ayant démontré les propriétés antibactériennes de cette plante.[92,93]

Concernant les germes aérobies mésophiles à 30 °C, une présence modérée a été notée à J14 (10^4 UFC/g), suivie d'une forte réduction à J28 (10 UFC/g). Ces résultats restent largement inférieurs à la limite réglementaire fixée à 10^6 UFC/g par la norme algérienne **NA 1207**, et traduisent une bonne stabilité microbiologique globale du produit.

Ces résultats confirment que la formulation optimale (P1) est microbiologiquement sûre et conforme aux normes en vigueur, tout au long de sa durée de conservation. L'absence de pathogènes, associée à un taux très bas de flore mésophile, garantit un haut niveau de qualité sanitaire, en accord avec les exigences du Codex Alimentarius et de la réglementation algérienne.

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons de pâté de volaille sans nitrite aux jours 14 et 28, en comparaison avec les limites réglementaires définies par les normes en vigueur.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 10: Résultats des analyses microbiologiques du pâté de volaille sans nitrite.

Germes recherchés	Unité	Norme limite	Méthode/Référence	Conformité	Résultats Jour 14	Résultats Jour 28
Germes aérobies totaux à 30 °C	UFC/g	$\leq 10^6$	NA 1207	Conforme	10^4	Absence
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	≤ 10	ISO 7251:2005	Conforme	Absence	Absence
Staphylocoques à coagulase positive	UFC/g	$\leq 10^2$	NA 15164	Conforme	Absence	Absence
Anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/g	≤ 50	NA 15176	Conforme	Absence	Absence
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	$\leq 10^2$	ISO 7932	Conforme	Absence	Absence
<i>Salmonella spp.</i>	UFC/25 g	Absence	NA 6579	Conforme	Absence	Absence
<i>Listeria monocytogenes</i>	UFC/g	100	ISO 11290	Conforme	Absence	Absence

III.4. Résultats de test organoleptique

La figure suivante montre les résultats de test organoleptique des trois formulations de pâté de volaille de 30 dégustateurs.

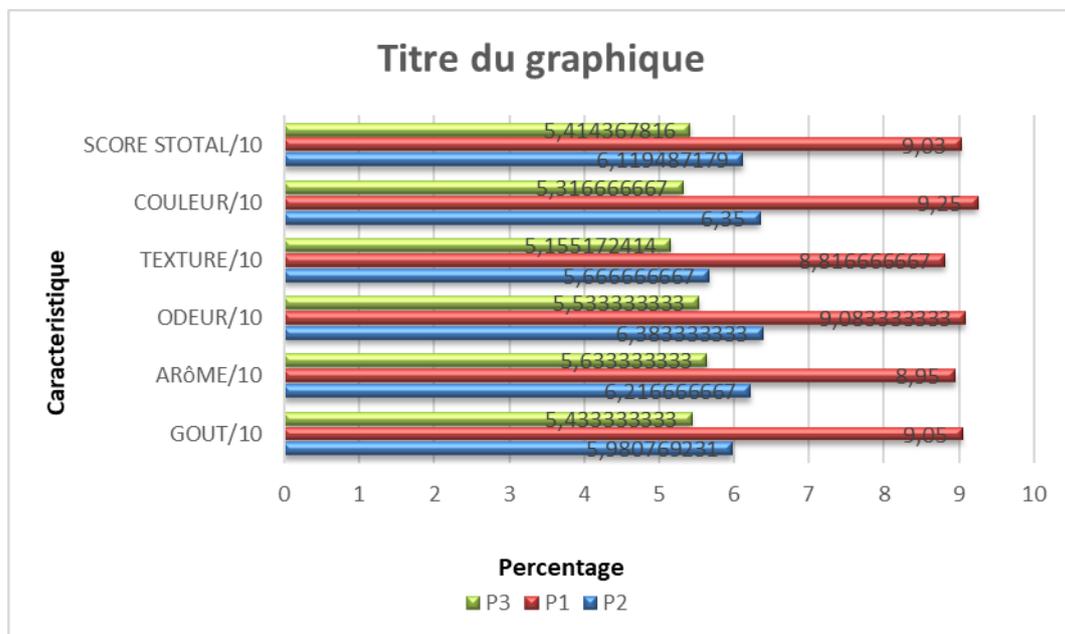


Figure 18: Les résultats de test organoleptique des trois formulations de pâté de volaille de 30 dégustateurs.

La comparaison sensorielle des trois formulations (nommées P1,P2 et P3), révèle des différences significatives en termes de qualité perçue par les consommateurs. La formulation P1 obtient les scores les plus élevés pour tous les critères évalués - goût (évalué à 9,03 sur 10), couleur (évaluée à 9,25 sur 10), odeur (notée à 9.08 sur 10), arôme (notée à 8,95 sur 10), et texture (notée à 8,81 sur10) - résultant en un score global de 9,03. Ces conclusions indiquent une acceptabilité organoleptique remarquable, démontrant une bonne harmonie entre les ingrédients malgré l'absence de nitrites. En comparant les deux formulations P2 et P3 dans l'ensemble des critères évalués observent une légère baisse des scores obtenus avec des valeurs moyennes inférieures à 6,5 pour presque tous les critères

RÉSULTATS ET DISCUSSION

examinés - obtenant ainsi un score total de 6,11 pour P2 et 5,41 pour P3 dans cet ensemble de critères d'analyse des paroles francophones inhabituelles.

À un niveau scientifique, les conclusions de l'étude soutiennent que la proposition P1 se révèle être la plus adaptée d'un point de vue sensoriel, correspondant davantage aux attentes des consommateurs tout en respectant les contraintes technologiques associées à l'élimination des nitrites.

Conclusion

CONCLUSION

À l'issue de ce travail, nous avons pu démontrer qu'il est techniquement envisageable de formuler un pâté de volaille totalement exempt de nitrites, en utilisant des poudres végétales telles que l'hibiscus et la betterave.

Les analyses réalisées ont mis en évidence une bonne stabilité physico-chimique, une activité antioxydante élevée, ainsi qu'un profil nutritionnel intéressant, avec une charge microbienne conforme aux normes tout au long des 28 jours de suivi.

De plus, les tests sensoriels ont montré une coloration attractive et appréciée, confirmant le potentiel de ces poudres végétales comme substituts naturels aux nitrites.

Toutefois, ce travail a également révélé une légère faiblesse de la texture, que nous n'avons pas pu totalement maîtriser dans le cadre de ce projet, principalement en raison du manque de moyens industriels adaptés (machines de coupe sous vide, homogénéisateurs spécifiques, etc.).



Annexes 1: Matières premières : (a) poudre de carcadé ; (b) poudre de bettrave ; (c) ingrédients de bases.



Annexes 2: Produits finis.



Annexes 3: Test d'humidité : étuvage des échantillons et Dessiccation.



Annexes 4: le radicale libre DPPH.



Annexes 5: Préparation des mélanges réactionnels de polyphénols extraits de poudres de plantes.



Annexes 6 : Cendre de pâté de volaille après calcination.

A handwritten sensory evaluation sheet on a grid. The columns are labeled: 'Dégustation', 'Apparence', 'Odeur', 'Goût', 'Texture', 'Aroma', and 'Sensibilité'. There are two rows of samples, each labeled 'Dégustation' with a circled number (1 and 2). The sheet contains some handwritten notes and a red horizontal line across the middle.

Annexes 6: Fiche d'évaluation sensorielle.



Annexes 7: les trois échantillons de produit fini le jour de l'analyse sensorielle.



Annexes 8: l'échantillon optimale sélectionné par l'analyse sensorielle.

ALTESSE LAB LABORATOIRE DE CONTRÔLE DE QUALITÉ & DE CONFORMITÉ
 Tél / Fax : 025 23 81 02 / Mobile : 0541 48 54 77
 Email : altesselab@gmail.com
 Adresse : Rue Zabana en face l'hôpital Frantz fanon - BLIDA

Blida le : 25.05.2025

Bulletin d'analyse microbiologique

Numéro d'inscription au laboratoire : R 85 b25
 Client : GAMOUDA ABDELSALEM /OUCHAOUA AHLEM
 Adresse : Blida
 Nature de produit : pâté
 Catégorie : Charcuteries cuites avec féculents
 Quantité : 1 échantillon
 Date de fabrication : 18.05.2025 Date d'expiration :
 Numéro de lot :/
 Echantillon reçu / prélevé le : 18.05.2025 analysé le : 18.05.2025

Germes recherchés	Unité	Resultats	Norme	Références
Germes aérobies à 30 °C	UFC/g	10	10 ⁶	NA 1207
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	Absence	10	ISO 7251 :2005
Staphylocoques à coagulase +	UFC/g	Absence	10 ²	NA 15164
Anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/g	Absence	50	NA 15176
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	Absence	10 ⁷	ISO 7932
<i>Salmonella</i>	UFC/25g	Absence	Absence	NA 1203
<i>Listeria monocytogenes</i>	UFC/g	Absence	100	ISO 11290

Conformité :
 Qualité microbiologique Satisfaisante selon JORA N° 39 du 02/07/2017

Responsable du laboratoire
 Décision N°023 du 14/10/2015 NIF : 28310380216013000000 RC N° 4076309/A14 AL : 0205050133
 RIB : 04 0119 4000016780 24
 Le résultat du présent bulletin d'analyse ne concerne que les échantillons soumis à l'analyse (norme 17025).

ALTESSE LAB LABORATOIRE DE CONTRÔLE DE QUALITÉ & DE CONFORMITÉ
 Tél / Fax : 025 23 81 02 / Mobile : 0541 48 54 77
 Email : altesselab@gmail.com
 Adresse : Rue Zabana en face l'hôpital Frantz fanon - BLIDA

Blida le : 15.05.2025

Bulletin d'analyse microbiologique

Numéro d'inscription au laboratoire : R 74b/25
 Client : GAMOUDA ABDELSALEM /OUCHAOUA AHLEM
 Adresse : Blida
 Nature de produit : pâté
 Catégorie : Charcuteries cuites avec féculents
 Quantité : 1 échantillon
 Date de fabrication : 08.05.2025 Date d'expiration :
 Numéro de lot :/
 Echantillon reçu / prélevé le : 08.05.2025 analysé le : 08.05.2025

Germes recherchés	Unité	Resultats	Norme	Références
Germes aérobies à 30 °C	UFC/g	10 ¹	10 ⁶	NA 1207
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	Absence	10	ISO 7251 :2005
Staphylocoques à coagulase +	UFC/g	Absence	10 ²	NA 15164
Anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/g	Absence	50	NA 15176
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	Absence	10 ⁷	ISO 7932
<i>Salmonella</i>	UFC/25g	Absence	Absence	NA 1203
<i>Listeria monocytogenes</i>	UFC/g	Absence	100	ISO 11290

Conformité :
 Qualité microbiologique Satisfaisante selon JORA N° 39 du 02/07/2017

Responsable du laboratoire
 Décision N°023 du 14/10/2015 NIF : 28310380216013000000 RC N° 4076309/A14 AL : 0205050133
 RIB : 04 0119 4000016780 24
 Le résultat du présent bulletin d'analyse ne concerne que les échantillons soumis à l'analyse (norme 17025).

Annexes 9: les résultats de suivi microbiologique de (j14 et j28) .

Annexes 11 : Les résultats de la valeur nutritionnelle de pâté de volaille sans nitrite pour la formulation optimale.

Analyse	Résultat obtenu	Référence méthodologique	Norme / Référence attendue	Conformité / Interprétation
Protéines (%)	10,58 ± 0,12	AOAC 981.10	≥ 10 % (produit carné maigre)	Conforme, bon apport protéique
Lipides (%)	14,50 ± 0,20	AOAC 991.36 (Soxhlet)	10–20 % (produits charcutiers)	Conforme, taux modéré
Glucides (%)	3,40 ± 0,10	Dubois et al., 1956	2–5 % (dérivés carnés)	Conforme, faible teneur (intérêt diététique)
Sels minéraux (%)	1,85 ± 0,05	AOAC 923.03 (cendres totales)	≤ 2 % (Codex Alimentarius)	Conforme, faible charge minérale
Vitamine C (mg/100 g)	18,60 ± 1,00	Méthode DCPIP	15–25 mg/100 g (source enrichie)	Conforme, bon pouvoir antioxydant
Vitamine E (mg/100 g)	3,25 ± 0,25	Méthode spectro (hexane)	2–5 mg/100 g (source enrichie)	Conforme, valeur antioxydante satisfaisante

Bibliographie

1. Rédaction, L. (2023, 14 juin). Tout savoir sur la charcuterie : définition et origine. .
2. McNamee, & Lewis, G. (2022, 13 décembre). Charcuterie | Definition, Ingredients, Types, & Uses. Encyclopedia Britannica. .
3. JEUSSET, Jean-Pierre et JEUSSET, Michel, 2008. Art et Techniques de la Charcuterie Moderne. 2 vol. France : Éditions Jérôme Vilette. 800 p. ISBN 978-2-86547-032-1. .
4. Beatrice Venturini ,2021. Nouvelles tendances en charcuterie : l'innovation rencontre la tradition. EHL Insights. .
5. SOLIGNAT, Georges et MANGIN, Pascal,2003.Produits de charcuterie - Procédés de transformation. In : Techniques de l'Ingénieur. .
6. CIRAD,2003. Transformation des produits carnés (viande, produits de la pêche et de l'aquaculture). CIRAD,p 74-77. .
7. Raheliarisoa H. (2006). Projet d'implantation d'une unité de charcuterie à Mahabo Andoharanofotsy. Faculté de Droit, d'Economie, de Gestion et de Sociologie.Madagascar, Université d'Antananarivo. Maîtrise en gestion : 95p. .
8. Gonzalez, F. (s. d.-b). Charcuterie : origine, composition et classification. .
9. Solignat, G. (2004). Produits de charcuterie – Ingrédients et additifs : Eau et sel. Techniques de l'Ingénieur, F6502 V 1 . .
10. Spinnler, H.-E. (1998). Technologies de transformation des produits agroalimentaires. Techniques de l'Ingénieur, F 1 170.
11. Olivares, A., Navarro, J. L., Salvador, A., & Flores, M. (2010). Acceptabilité sensorielle des saucisses fermentées lentement en fonction de la teneur en matières grasses et du temps d'affinage. Meat Science, 86, 251-257. .
12. Lorenzo J.M., Franco D., 2012. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufacture of dry-cured foal sausage Lipolysis, proteolysis and sensory properties. Meat Science 92, 704-714. .

13. . François. (2025, 4 mars). Les additifs dans la charcuterie industrielle : que faut-il savoir ? Chavassieux. .
14. B. P. collaborateur de la FRC (Sophie Michaud Gigon), 1^{er} septembre 2015. Ces substances qui modifient la viande. FRC. .
15. Ouali A., Herrera-Mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A., Aubry L. et Sentandreu M.A. (2006) Revoir la conversion du muscle en viande et les mécanismes sous-jacents. *Meat Science* 74, 44-58. . .
16. La charcuterie de la belle Provence collection dirigée par Jean-claude Frantz. .
17. Rédaction, L. (2023b, juin 21). Techniques de décongélation pour viande sous vide. *Umvie*. .
18. Qualités des viandes et viandes de qualité – Bio Linéaires, 2020, 24 janvier | le magazine professionnel des points de ventes bio, biodynamiques et diététiques. .
19. Clinquart et al, CESAM, 26 mai 2000. Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins A - L'élevage du Blanc Bleu belge. .
20. Honikel, K. O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78(1–2), 68–76.
21. Ivan Ivanov et al. (2024). Le nitrite de sodium (E250) et le zinc comme modulateurs des propriétés biomécaniques du sang dans le sport. *Journal des sciences appliquées au sport*, Volume 1, pages 91 à 101.
22. Binkerd, E. F., & Kolari, O. E. (1975). L'histoire et l'utilisation du nitrate et du nitrite dans la salaison de la viande. *Toxicologie alimentaire et cosmétique*, 13(6), 655–661.
23. 24Gerald O. Hustad ,1973, Effet du nitrite de sodium et du nitrate de sodium sur la production de toxine botulique et la formation de nitrosamines dans les saucisses de Vienne, Vol. 26, n° 1.
24. shahidi et hong, 1991, évaluation du malonaldéhyde comme marqueur de rancidité oxydative dans les produits carnés.
25. Hustad, G. O. (1973). Fonctionnalité du nitrite dans les viandes salées. Dans *Actes du Symposium sur le nitrite dans les produits carnés* (pp. 25–36).

26. Rossana Roila et al. (novembre 2018). Contribution des légumes et de la viande transformée à l'apport alimentaire en nitrate et nitrite dans la population italienne : seuil de sécurité pour la viande transformée et rôle controversé des légumes.
27. Alan Finan et al. (octobre 1998). Méthémoglobinémie associée au nitrite de sodium chez trois frères et sœurs.
28. le Règlement (CE) n° 1333/2008, Official Journal of the European Union.
29. 27FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. (2017). Additifs alimentaires – Discussion sur les nitrates et nitrites (CX/FA 17/49/11). 49e session du Comité du Codex sur les additifs alimentaires (CCFA), Macao, Chine.
30. Codex Alimentarius Commission (CAC). (2021). General Standard for Food Additives (GSFA) – CODEX STAN 192-1995.
31. République Algérienne Démocratique et Populaire. Arrêté du 9 juin 2004 modifiant et complétant l'arrêté du 26 juillet 2000 relatif aux règles applicables à la composition et à la mise à la consommation des produits carnés cuits. . s.l. : Journal Officiel de la République Algérienne, n° 44, 14 juillet 2004..
32. Algérie. Ministère du commerce ,2004.
33. Berry, P. E. (n.d.), Malvaceae, Encyclopædia Britannica. .
34. Raj, S.P., Solomon, P.R., Thangaraj, B. (2022). Malvaceae. In: Biodiesel from Flowering Plants.
35. Isabelle Briennon 28/04/2025, Les bienfaits de l'hibiscus. Pharma GDD.
36. Thomas Le Bourgeois, Randriamampianina Jean Augustin, Hibiscus sabdariffa L., WIKTROP - Identification et Connaissance des Adventices Tropicales et Méditerranéennes.
37. Mady Cisse et al... , 2009, La production du bissap (Hibiscus sabdariffa L.) au Sénégal , vol. 64.
38. Shamsuddin Ahmad et Van der Vossen, HAM, 2003. Hibiscus sabdariffa L.. Dans : Brink, M et Escobin, RP (éditeurs) : Plant Resources of South-East Asia n° 17 : Plantes à fibres. Fondation PROSEA, Bogor, Indonésie.
39. répartition géographique de l'hibiscus sabdariffa. .

40. 39Shamsuddin Ahmad et Van der Vossen, HAM, 2003. Hibiscus sabdariffaL.. Dans : Brink, M et Escobin, RP (éditeurs) : Plant Resources of South-East Asia n° 17 : Plantes à fibres. Fondation PROSEA, Bogor, Indonésie.).
41. anonyme .
42. Isabelle Briennon, mis à jour le 13/05/2025, publié le 29/03/2024, Les bienfaits de l'Hibiscus ,pharma-gdd.
43. 42Mady CISSE et al.. ,2008 ,Le bissap (Hibiscus sabdariffa L.) : composition et principales utilisations.
44. Morton J.F., Roselle, in: Dowling C.F. (Ed),Fruits of warm climates, Media, Inc., Greensborough, USA, 1987, pp. 281–286.
45. Kerharo J., Adam J.G., La pharmacopée sénégalaise traditionnelle – Plantes médicinales et toxiques, Vigot Frères, Paris, France, 1974.
46. Bloomfield N., Tobago, 1976 . Preparation of sorrel ketchup from the red calyces of the roselle fruit H. sabdariffa), Res. Proj. Rep., Food Sci. Technol. Unit, Fac. Eng., Univ. West Indies, St. Augustine, Trinidad.
47. Isabelle Briennon, mis à jour le 13/05/2025, publié le 29/03/2024, Les bienfaits de l'Hibiscus , pharma-gdd.
48. Majid Jalalyazdi et al .. , 2019 Jul-Sep , Effect of hibiscus sabdariffa on blood pressure in patients with stage 1 hypertension.
49. Vasilica Popescu, Alexandra Cristina Blaga, Melinda Pruneanu et Irina Niculina Cristian, 9 novembre 2021. «Chimie verte dans l'extraction de colorants naturels à partir de déchets alimentaires colorés, pour la teinture de mat », Polymers, vol. 13, no 22..
50. Jardin, A. (s. d.). Famille des Chénopodiacées / Chenopodiaceae. aujardin.info .
51. Bloomfield N., Tobago, 1976 . Preparation of sorrel ketchup from the red calyces of the roselle fruit H. sabdariffa), Res. Proj. Rep., Food Sci. Technol. Unit, Fac. Eng., Univ. West Indies, St. Augustine, Trinidad.
52. Le Potager de mes (nos) Rêves. (2020b, février 2). Betteraves et blettes cultivées (Beta vulgaris) subsp. vulgaris. Le Potager de Mes (Nos) Rêves. .

53. Boutique Végétale. (2025, 27 mars). Graines de Beta vulgaris - Betterave ronde « De Chioggia » rouge - Boutique Végétale. .
54. Inventaire National du Patrimoine Naturel. (s. d.). Beta vulgaris L., 1753 - Betterave commune, Bette, Betterave à sucre, Betterage fourragère, Betterave rouge, Betterave sucrière, Poirée.
55. USDA-ARS,2022. [Département de l'Agriculture des États-Unis - Service de Recherche Agricole]. Réseau d'Information sur les Ressources Génétiques (GRIN - Taxonomie Nationale). .
56. Betteraves rouges :: Plantes sauvages, botanique, jardin et potager. (n.d.-a).
57. Gerbeaud. (2022, 25 octobre). Betterave. .
58. Von Boguslawski, E. (1984). Histoire de la betterave (Beta) en tant que plante cultivée jusqu'au début du XIXe siècle. Institut de recherche sur la betterave sucrière, Göttingen, Berlin, Allemagne.
59. Kubiak-Martens, L. (1999).La composante végétale de l'alimentation sur le site mésolithique tardif (Ertebølle) de Tybrind Vig, Danemark.
60. De Candolle, A. (1884) Der Ursprung der Culturpflanzen. Brockhaus, Lipsia, Germany. .
61. De Bock, T.S. (1986) August. The genus Beta: domestication, taxonomy and interspecific hybridization for plant breeding. In International Symposium on Taxonomy of Cultivated Plants. Acta Hort, 182, pp. 335–344. .
62. Abe, J., H. Yoshikawa et C,1986. Tsuda. Barrières reproductives chez la betterave sucrière et ses parents sauvages de la section. .
63. Betterave rouge - Société Nationale d' & # 039 ; Horticulture de France. (2020, 16 septembre). Société Nationale D'Horticulture de France. .
64. Betterave - Définition et explications. (s. d.). Techno-Science.net. .
65. Le Figaro Santé. (s. d.-b). Betterave : valeurs nutritionnelles et caractéristiques. .
66. Patrick. (2023, 17 octobre). La betterave, pour une santé colorée ; ! Nutriting. .
67. Bredesen, D. D. (2022). La fin de la maladie d'Alzheimer. Le programme.Mexique : Penguin Random House Grupo Editorial México.

68. Mignonac, A., & Mignonac, A. (2025c, avril 10). Betterave : bienfaits, apports nutritionnels et recettes. Doctissimo. .
69. AOAC (2005). Méthode officielle 943.02 – Concentration en ions hydrogène (pH) des soupes. Dans : Méthodes officielles d'analyse (18^e éd.). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, États-Unis.
70. AOAC (1995). Méthode officielle 981.12 – pH de la viande et des produits carnés. Dans : Méthodes officielles d'analyse (16^e éd.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, États-Unis.
71. AOAC (2000). Méthode officielle 925.10 – Teneur en eau dans la viande. Dans : Méthodes officielles d'analyse de l'AOAC International, 17^e éd. Gaithersburg, MD, États-Unis : Association of Official Analytical Chemists.
72. AOAC (1995). Méthodes officielles d'analyse, 16^e éd. Méthode 923.03 : Cendres dans la viande. AOAC (1995). Méthodes officielles d'analyse, 16^e éd. Méthode 923.03 : Cendres dans la viande.
73. Nabi, I., Nait Bachir, Y., Djellouli, S., Smain, M., & Hadj-Ziane-Zafour, A. (2023). Effet antidiabétique in vivo et potentiel antioxydant de la Stevia rebaudiana associée à la gomme de tragacanthé dans un nectar d'orange. s.l. : Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 49, Article 102804..
74. Antarkar, S., Sharma, A., Bhargava, A., Gupta, H., Tomar, R., & Srivastava, S. (2019). Évaluation physico-chimique et nutritionnelle de biscuits avec différents niveaux de substitution par de la poudre d'églantier et d'hibiscus. s.l. : Archives of Current Research International, 17..
75. Ngondo, B. P., Mpika, J., & Mbon, N. C. A. (2023). Activité antioxydante des composés phénoliques d'Hibiscus sabdariffa du Congo. Revue africaine de recherche agricole (African Journal of Agricultural Research), 11, 1056–1068.
76. AOAC (2005). Méthode officielle 981.10 – Cendres dans la viande. Dans : Méthodes officielles d'analyse (18^e éd.). Gaithersburg, MD : Association of Official Analytical Chemists.
77. AOAC (2005). Méthode officielle 960.39 – Matières grasses (brutes) dans la viande. Dans : Méthodes officielles d'analyse (18^e éd.). Gaithersburg, MD : Association of Official Analytical Chemists.

78. Commission du Codex Alimentarius (CAC),(1995).Norme générale pour les contaminants et les toxines présents dans les aliments et les aliments pour animaux – CODEX STAN 193-1995. FAO/OMS.
79. AOAC (2005). Méthode officielle 923.03 – Cendres dans la farine.Dans : Méthodes officielles d'analyse (18^e éd.). Gaithersburg, MD : Association of Official Analytical Chemists.
80. AOAC (2005). Méthode officielle 967.21 – Teneur en eau dans la viande et les produits carnés (séchage au four à 95–100 °C).Dans : Méthodes officielles d'analyse (18^e éd.). Gaithersburg, MD : Association of Official Analytical Chemists.
81. M'be, C. U., Scher, J., Gaiani, C., Amani, N. G., & Burgain, J. (2023). Impact of processing and physicochemical parameters on Hibiscus sabdariffa calyxes biomolecules and antioxidant activity: From powder production to reconstitution. *Foods*, 12(16), 2984.
82. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., Panghal, A., & Sangwan, S. (2019).Boissons fonctionnelles mélangées à la betterave (Beta vulgaris) : propriétés physico-chimiques, composés bioactifs et potentiel antioxydant. *Revue de la mesure et de la caractérisation des aliments*, 13, 346–356..
83. Bhawana, I., Malik, A., Raposo, A., Singh, S., Yadav, S., Zandonadi, R. P., Lho, L. H., Han, H., & Thakur, N. (2023).Qualité physico-chimique, sensorielle et microbiologique de la viande de poulet crue : . une étude exploratoire dans la ville de Hisar, Haryana, Inde. : s.n. *Frontiers in Nutrition*, volume 10, article n° 1184005.
84. Akinmoladun, F. O. et al. (2015).Effet des méthodes de séchage sur la qualité et la durée de conservation des calices séchés d'oseille de Guinée (Hibiscus sabdariffa L.). *Revue internationale de recherche en alimentation (International Food Research Journal)*, : s.n. 22(1), 290–295..
85. Castañeda-Ovando, A. et al. (2014).Effet du procédé de séchage sur la stabilité des bétacyanines et la capacité antioxydante de la poudre de betterave rouge (Beta vulgaris). s.l. : *Aliments d'origine végétale pour la nutrition humaine (Plant Foods for Human Nutrition)*, . 69(3), 261–267..
86. Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006).La science de la viande selon Lawrie (7^e édition). Cambridge, Royaume-Uni : Woodhead Publishing.

87. Benlarbi, M., Bourekoua, H., & Zidoune, M. N. (2023). Formulation et évaluation de la qualité d'un pâté de poulet enrichi en graines de lin et en son d'avoine. s.l. : Journal de la transformation et de la conservation des aliments (Journal of Food Processing and Preservation), 47(5), e17434..
88. Nguyen, Q.-D., Dang, T.-T., Nguyen, T.-V.-L., Nguyen, T.-T.-D. & Nguyen, N.-N.(2022). Microencapsulation des anthocyanines de l'oseille de Guinée (Hibiscus sabdariffa L.) : Effets des conditions de séchage sur certaines propriétés physicochimiques et les activités antioxydantes de la poudre obtenue par séchage par atomisation. s.l. : Food Science & Nutrition, 10(5), 191–203..
89. Janiszewska-Turak, E., Kołakowska, W., Pobiega, K., & Gramza-Michałowska, A. (2021). Influence du type de séchage de certains résidus de légumes fermentés sur les colorants naturels et la concentration de bactéries lactiques. s.l. : Applied Sciences, 11(17), Article 7784..
90. Nguyen, Q.-D., Dang, T.-T., Nguyen, T.-V.-L., Nguyen, T.-T.-D. & Nguyen, N.-N. (2022). Microencapsulation des anthocyanines de l'oseille de Guinée (Hibiscus sabdariffa L.) : effets des conditions de séchage sur certaines propriétés physicochimiques et les activités antioxydantes de la poudre obtenue par séchage par pulvérisation. s.l. : Food Science & Nutrition, 10(5), 191–203..
91. Janiszewska-Turak, E., Kołakowska, W., Pobiega, K., & Gramza-Michałowska, A. (2021). Influence du type de séchage de résidus de certains légumes fermentés sur les colorants naturels et la concentration en bactéries lactiques. s.l. : Applied Sciences, 11(17), 7864..
92. Sindi, J. M., Umar, I. A., & Inuwa, H. M. (2011). Effet bénéfique de l'extrait de calices d'Hibiscus sabdariffa chez des rats diabétiques induits à l'alloxane : activités hypoglycémiantes et hypolipidémiantes. s.l. : Journal of Medicinal Plant Research, 5(11), 2182–2186..
93. Olaleye, M. T. (2007). Cytotoxicité et activité antibactérienne de l'extrait méthanolique d'Hibiscus sabdariffa. s.l. : Journal of Medicinal Plants Research, 1(1), 9–13..
94. Binkerd, E. F. & Kolari, O. E. (1975). L'histoire et l'utilisation du nitrate et du nitrite dans la salaison de la viande. Toxicologie alimentaire et cosmétique, 13(6), 655–661.
95. Luckymicha, O. N., Bassey, A. I., & Bassey, E. A. (2020). Nutritional composition, functional and organoleptic properties of beetroot (Beta vulgaris) incorporated cakes. MyFoodResearch, 7(3), 36-42.

96. Tiwari, B. K., et al. (2022). Solar drying of beetroot (*Beta vulgaris* L.) flakes: Effect on physicochemical and nutritional quality. *International Journal of Innovative Research in Technology*, 8(5), 102-107.
97. Araujo, Q. R., Rodriguez-Amaya, D. B., & Oyarzun, J. (2021). Influence of different drying methods on the chemical composition and antioxidant capacity of *Hibiscus sabdariffa* calyces. *Crop Journal*, 15(3), 325-333.
98. Alejandro MR, Ricardo PS, José LRC, Lilia SP, María RM, Mercedes GR, Norma RD (2016). Organic manures improved the phenolic content, antioxidant capacity and soluble solids in pepper. *Food and Nutrition Sciences* 7(2):1401-1413.
99. Pascal, N. B., Joseph, M., & Attibayeba, M. N. C. (2023). Antioxidant activity of phenolic compounds in *Hibiscus sabdariffa* fr

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAADDAHLEBLIDA 1



Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département d'Agro-alimentaire

Mémoire de Master

Option : Agroalimentaire et contrôle de qualité

**Développement de Charcuterie Sans Nitrite : Application de Poudres
de Plantes comme Colorants Naturels et Étude de la Qualité**

Réalisé par :

OuchaouaAhlem

GamoudaAbdessalam

Devant le jury:

Dr ABDELLAOUI Z.

MCB, U.S.D.B

Présidente

Dr OUZERDINNE W.

MCB, U.S.D.B

Examinatrice

Dr NABI I.

MAB, U.S.D.B

Promotrice

A red handwritten signature, possibly reading 'AB', is located in the lower-left area of the page.