



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique.
Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Faculté des Sciences de la nature et de la vie.

Département des sciences agronomiques.

Spécialité : production animale

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème :

**Impact de la congélation sur la qualité de la viande de poulet
fermier et poulet de chair**

Présentée par :

Ladjal yassmine

Belaouedj Mokhtaria

Soutenu publiquement, Le 30 septembre 2026

Devant le jury :

M. BENABDELMOUMENE Djilali.	Professeur (UNIV. Mostaganem)	Président
Mme .HENNI Nassiba.	MAA (UNIV. Mostaganem)	Examineur
Mme. SOLTANI Fatiha.	MAA (UNIV. Mostaganem)	Directeur de mémoire
M.BENGUENOUNA Noureddine	Docteur (UNIV. Mostaganem)	Co-Directeur de memo

Année universitaire : 2025–2026

Remerciements:

Avant tout, nous adressons nos sincères remerciements à Dieu Tout-Puissant, qui nous a accordé la santé, la patience et la volonté nécessaires à la réalisation de ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrante, **Mme Soltani Fatiha**, pour son encadrement, ses conseils, ses orientations, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à **M. Benabdelmoumene Djilali**, Directeur du Laboratoire de Physiologie Animale Appliquée, pour son aide, ses conseils, sa disponibilité et pour nous avoir permis de bénéficier des moyens disponibles au sein du laboratoire.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à **Mme Henni Nassiba** d'avoir accepté d'évaluer notre travail. Nous lui exprimons également toute notre gratitude pour ses précieuses orientations ainsi que pour sa disponibilité constante tout au long de notre parcours de Master.*

*Nous remercions également **M. Ben Guenouna Nour Eddine** pour ses précieux conseils, ses orientations et son soutien tout au long de notre parcours scientifique.*

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à l'ensemble des enseignants du Département de Production Animale, ainsi qu'aux techniciens et personnels du laboratoire, pour leur contribution à notre formation et leur aide dans la réalisation de ce travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements à nos amis et nos collègues pour leur soutien et leurs encouragements.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à notre chère famille, en particulier à nos parents, pour leur soutien inconditionnel, leur patience, leurs encouragements et leur présence à nos côtés durant toutes les étapes de notre parcours.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, nous adressons nos sincères remerciements et notre profonde considération.

Belaouedj Mokhtaria

Ladjal yassmine

Dédicace

Au nom d'Allah, le Clément, le Miséricordieux.

Louange à Allah qui m'a donné la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie le fruit de ce travail à ma chère mère, source de tendresse, d'amour et de soutien, qui a toujours été à mes côtés.

À mon père, que Dieu ait son âme, qui a quitté mes yeux mais qui reste à jamais présent dans mon cœur et dans mes prières. Que Dieu lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis.

À tous les membres de ma famille, pour leur soutien, leurs encouragements et leur présence tout au long de mon parcours universitaire.

À ma collègue dans la réalisation de ce mémoire, Ladjal Yassmine, avec qui j'ai partagé les efforts, les difficultés et les moments de ce travail. Merci pour sa collaboration et son soutien qui nous ont permis d'aller jusqu'au bout de ce projet.

*À tous mes collègues de la promotion production animal *2025/2026*, avec qui j'ai partagé des années d'études et de beaux souvenirs qui resteront gravés dans ma mémoire.*

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à mon parcours et à la réalisation de ce travail, je dédie ce mémoire avec toute ma gratitude et mon affection.

Belaouedj Mokhtaria

Dédicace

À moi-même, tout d'abord, je dédie cette première réalisation, en reconnaissance de tous les efforts fournis et de chaque étape parcourue jusqu'à atteindre ce moment.

À mes chers parents, mon premier soutien et la source de mon amour et de ma force, ainsi qu'à mes frères et ma sœur, qui ont fait partie des plus beaux moments de mon parcours.

À mon amie et coéquipière dans ce travail, Belaouedj Mokhtaria, qui a partagé avec moi les détails de ce parcours, avec ses difficultés et ses joies, et qui a vécu cette expérience à mes côtés, étape après étape ; sa présence à mes côtés a fait partie intégrante de cette réussite.

*À mes amis, qui ont rendu ce chemin plus léger et plus agréable par leur présence et leur soutien.
À mes chers enseignants, qui ont laissé une empreinte dans mon parcours par leur savoir et leurs conseils.*

Et à une personne dont la présence a été particulière tout au long de ce parcours, qui a cru en moi et m'a encouragée dans les moments où j'avais besoin de quelqu'un à mes côtés ; son soutien restera pour moi inoubliable.

À toutes les personnes qui ont fait partie de ce parcours, je dédie le fruit de ce travail avec amour et gratitude.

Ladjal yassmine

Résumé:

L'évaluation de l'incorporation de phytobiotiques, sous forme de poudres de feuilles d'eucalyptus, de rhizomes de curcuma et d'écorces de grenade, à des taux de 1 %, 3 % et 5 % dans l'alimentation du poulet fermier et du poulet de chair, met en lumière des profils de réponse contrastés selon les paramètres anatomiques, viscéraux et physico-chimiques étudiés. Concernant le développement squelettique et musculaire, l'analyse de la variance (ANOVA) révèle une grande stabilité globale : les masses musculaires des cuisses, du muscle pectoral, ainsi que le poids du cou et de l'aile droite ne montrent aucune modification statistiquement significative par rapport au lot témoin, traduisant l'innocuité de ces additifs sur la musculature des cuisses et pectoraux, bien qu'une légère variation soit enregistrée pour l'aile gauche. Au niveau viscéral, les poids absolus du foie, de l'intestin et du cœur demeurent homogènes, confirmant l'absence de toxicité ou de surcharge métabolique, tandis qu'une modification hautement significative est mise en évidence pour le dépôt de matière grasse et le poids du gésier, témoignant d'une adaptation mécanique face à la texture fibreuse des poudres végétales. Par ailleurs, l'étude physico-chimique post-congélation démontre que les principes actifs influencent de manière prononcée le profil acido-basique, le taux de matière sèche (MS %), et la Capacité de Rétention d'Eau (CRE). Chez le poulet fermier, l'eucalyptus induit une augmentation dose-dépendante de la matière sèche traduisant une action protectrice des polyphénols sur les protéines myofibrillaires, tandis que le curcuma montre un effet de seuil stabilisant à 5 %. En revanche, chez le poulet de chair, des concentrations élevées de curcuma et l'eucalyptus provoquent une chute marquée de la matière sèche et altèrent profondément le réseau protéique. L'écorce de grenade assure quant à elle une relative stabilité de la matière sèche et de la rétention hydrique chez les deux souches grâce à l'action de ses tanins.

Enfin, l'analyse des taux de perte à la décongélation (exsudat), oscillant , souligne que des doses inadaptées perturbent l'intégrité tissulaire et l'équilibre hydrique, confirmant ainsi l'impératif d'un dosage phytogénique rigoureusement maîtrisé pour optimiser la conservation et la qualité technologique de la viande de volaille.

Mots-clés : Poulet fermier, Poulet de chair, Phytobiotiques, Congélation, Capacité de rétention d'eau.

Abstract

The evaluation of the incorporation of phytobiotics—in the form of eucalyptus leaf powder, turmeric rhizome powder, and pomegranate peel powder—at inclusion levels of 1%, 3%, and 5% in the diets of free-range broilers (*poulet fermier*) and commercial broilers (*poulet de chair*) reveals contrasting response profiles depending on the anatomical, visceral, and physicochemical parameters studied.

Regarding skeletal and muscular development, analysis of variance (ANOVA) demonstrates high overall stability: the muscle masses of the thighs and pectoralis major, as well as the weights of the neck and right wing, show no statistically significant changes compared to the control group, reflecting the safety of these feed additives on thigh and breast musculature, although a slight variation was recorded for the left wing. At the visceral level, the absolute weights of the liver, intestine, and heart remain homogeneous, confirming the absence of toxicity or metabolic overload, whereas a highly significant modification is observed in abdominal fat deposition and gizzard weight, witnessing a mechanical adaptation to the fibrous texture of the plant powders.

Furthermore, the post-freezing physicochemical study shows that the bioactive compounds markedly influence the acid-base profile, dry matter content (DM %), and water-holding capacity (WHC). In free-range broilers, eucalyptus induces a dose-dependent increase in dry matter, reflecting a protective effect of polyphenols on myofibrillar proteins, while turmeric exhibits a stabilizing threshold effect at 5%. Conversely, in commercial broilers, high concentrations of turmeric and eucalyptus cause a sharp drop in dry matter and profoundly alter the protein matrix. Pomegranate peel ensures relative stability in dry matter and water retention across both strains through the action of its tannins. Finally, the analysis of thaw drip loss (exudate) underscores that unadjusted doses disrupt tissue integrity and water balance, thereby confirming the imperative of rigorously controlled phytogenic dosing to optimize the preservation and technological quality of poultry meat.

Keywords: Local chicken, Broiler chicken, Phytobiotics, Freezing, Water Retention Capacity

:الملخص:

تُظهر تقييمات إدراج النباتات الطبية (الفيتوبايوتيك) — على شكل مسحوق أوراق الكافور (الأوكالبتوس)، ودرنات الكركم، وقشور الرمان — بنسب 1% و3% و5% في تغذية الدجاج الريفي (الفلاحي) ودجاج التسمين، بروفيلات استجابة متباينة باختلاف المعايير التشريحية، الأحشائية، والفيزيوكيميائية المدروسة.

عن استقرار عام كبير: حيث لم تسجل الكتلة العضلية (ANOVA) فيما يتعلق بالتطور الهيكلي والعضلي، يكشف تحليل التباين للأفخاذ والعضلة الصدرية، وكذا وزن الرقبة والجناح الأيمن، أي تغير معنوي إحصائيًا مقارنة بمجموعة الشاهد، مما يعكس سلامة هذه الإضافات على عضلات الأفخاذ والصدر، رغم تسجيل تغير طفيف بالنسبة للجناح الأيسر. أما على المستوى الأحشائي، فقد ظلت الأوزان المطلقة للكتبد، الأمعاء، والقلب القلبي متجانسة، مما يؤكد غياب السمية أو الإجهاد الأيضي، في حين تم تسجيل تغير عالي المعنوية في ترسب الدهون الحشوية ووزن القانصة، وهو ما يشهد على التكيف الميكانيكي للطيور مع البنية الأليافية للمساحيق النباتية.

من جهة أخرى، أظهرت الدراسة الفيزيوكيميائية بعد التجميد أن المبادئ الفعالة تؤثر بشكل ملحوظ على البروفيل الحمضي- فعند الدجاج الريفي، يؤدي الأوكالبتوس إلى زيادة المادة (CRE)، وقدرة الاحتفاظ بالماء (MS %) القاعدي، نسبة المادة الجافة الجافة بطريقة معتمدة على الجرعة، مما يعكس التأثير الوافي للبولي فينولات على البروتينات الليفية العضلية، بينما يظهر الكركم تأثير حديًا موازنًا عند التركيز 5%. في المقابل، تسبب التراكيز العالية من الكركم والأوكالبتوس لدى دجاج التسمين انخفاضًا حادًا في نسبة المادة الجافة وتغيرًا عميقًا في الشبكة البروتينية. أما قشور الرمان، فتكفل استقرارًا نسبيًا للمادة الجافة والاحتفاظ المائي لدى السلالتين بفضل تأثير التانينات. أخيرًا، يؤكد تحليل معدلات الفقد عند إزالة التجميد (الضحض/الإفرازات المائية) أن الجرعات غير الضابطة تؤدي إلى اضطراب السلامة النسيجية والتوازن المائي، مما يبرز الضرورة القصوى للتحكم الدقيق في معايرة الإضافات النباتية للرفع من جودة الحفظ

، الكلمات الدالة:

دجاج محلي، دجاج التسمين، مضافات نباتية، تجميد، قدرة الاحتفاظ بالماء

Liste des abréviations :

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

°C : degrés Celsius (température).

BSA : Bovine Sérum Albumine.

MM : Matière minérale.

MO : Matière organiques

MS:Matière sèche

P:perte à décongélation

MG:Matière grasse

%:pourcentage

°C : degrés Celsius (température).

PH : Potentiel d'hydrogène.

g:gramme

P1: poids de l'échantillon à l'état congelé (g)

P2: poids de l'échantillon après décongélation et absorption du liquide de surface

CRE:Capacité de Rétention d'Eau

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Coq sauvage (<i>Gallus gallus</i>) (Manyelo et al., 2020)	03
Figure 02 : Arbre et feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Vuong et al., 2015)	06
Figure 03 : Rhizomes primaires et secondaires de <i>Curcuma longa</i> (Jourdan, 2015)	09
Figure 04 : Grenadier (<i>Punica granatum</i> L.) (Wang et al., 2018)	11
Figure 06 : Creusets contenant les échantillons de viande lors du séchage (Photo réelle) ...	29
Figure 07 : Four à moufle (Photo réelle)	29
Figure 08 : L'appareil d'extraction Soxhlet (Photo réelle)	31
Figure 09 : Rotavapor (Photo réelle)	32
Figure 10 : pH mètre	33
Figure 11 : Spectrophotomètre (Photos réel)	34
Figure 12 : Viande de poulet avant décongélation (photo réelle)	35
Figure 13 : Effet des additifs sur le poids du cou et les ailes D et G en (g)	38
Figure 14 : Effet des additifs sur le poids des organes et des tissus adipeux chez les poulets fermiers	40
Figure 15 : Effet des additifs sur le poids des muscles de la cuisse (D,G) et du muscle pectoral en gramme	57
Figure 16: Effet des différents traitements sur la matière sèche (MS %) de la viande de poulet chair	61

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale	01
Partie bibliographie	02
Chapitre 01 : Généralités sur la poule locale	03
1.1. Définition de la poule locale	03
1.2. Origine et historique de la poule locale	03
1.3. Système d'élevage de la poule locale	04
1.4. Importance économique et social de la poule locale	04
1.4.1. Importance économique	04
1.4.2. Importance sociale	05
Chapitre 02 : Généralités sur les additifs	06
1. Eucalyptus	06
2. Définition de l'eucalyptus	07
1.2. Position systématique de Eucalyptus	07
1.3. Répartition géographique de l'Eucalyptus	07
1.4. Composition chimique de l'Eucalyptus	08
1.5. Utilisations de l'Eucalyptus	08
3. Rhizome de Curcuma	08
2.1. Définition du curcuma	08

2.2. Classification	08
2.3. Description botanique du curcuma	09
2.3.1. Le rhizome	09
2.3.2. Les feuilles	09
2.3.3. Les fleurs	09
2.4. Utilisations du curcuma	09
2.5. Composition chimique du curcuma	10
4. Grenade	11
3.1. Historique de la grenade	11
3.2. Description botanique de la grenade (<i>Punica granatum</i> L.)	11
3.3. Classification de la grenade	12
3.4. Applications alimentaires de la grenade	12
3.4.1. Utilisations médicinales de la grenade	12
3.4.2. Utilisations cosmétiques de la grenade	12
3.5. Composition chimique des différents organes du grenadier	13
3.5.1. Les feuilles	13
3.5.2. Les fleurs	13
3.5.3. Le fruit	13
 Chapitre 03 : Poulet de chair	 14
1. Définition	15
2. Anatomie du poulet (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	15
2.1. Anatomie externe	15
2.2. Anatomie interne	15
3. Classification taxonomique du poulet de chair	16
4. Les facteurs d'ambiance	16
4.1. Température	16
4.2. Ventilation	17

4.2.1. Definition	17
4.2.2. Le rôle	17
4.2.3. L'objectif principal de la ventilation	17
4.2.3.1. Ventilation statique ou naturelle	18
4.2.3.2. Ventilation dynamique	18
4.3. Hygrométrie	18
4.4. Lumière	18
4.5. La phase d'élevage du poulet de chair	19
4.5.1. La phase de démarrage	19
4.5.2. La phase de croissance	19
4.5.3. La phase de finition	19
4.6. Modes d'élevage du poulet de chair	19
4.6.1. L'élevage au sol du poulet de chair	19
4.6.2. Élevage des poulets de chair en batteries de cages	20
4.7. Programme d'alimentation du poulet de chair	20
 Chapitre 04 : Congélation	 22
 1. Généralités sur la viande blanche	 23
1.1. Définition de la viande	23
1.2. Composition chimique de la viande de poulet	23
1.3. Qualité sanitaire de la viande de poulet	23
1.4. Qualité commerciale de la viande de poulet	23
1.5. Qualité nutritionnelle de la viande de poulet	24
1.6. Conservation de la viande de poulet	24
2. Définition de la congélation	25
2.1. Les étapes du mécanisme de congélation	25
2.1.1. Stade de pré-refroidissement (Pré-refroidissement)	25
2.1.2. Stade de nucléation ou de recalescence (Nucléation / Recalescence)	25

2.1.3. Stade de solidification (Solidification)	25
2.1.4. Stade de refroidissement profond (Refroidissement profond)	25
3. Effet de la congélation sur les propriétés physiques	25
3.1. La couleur	25
3.2. Texture	26
3.3. Capacité de Rétention d'Eau	26
4. Effet de la congélation sur les propriétés sensorielles	26
4.1. Le goût	26
4.2. L'odeur	26
4.3. Apparence	27
 Partie expérimentale : Matériel et méthodes	 28
 1. Détermination de la matière sèche	 29
1.1. Principe	29
1.2. Protocole	29
2. Détermination de la matière minérale	30
2.1. Principe	30
2.2. Protocole	30
3. Détermination matière organique	30
3.1. Principe	30
4. Détermination matière grasse	30
4.1. Principe du dosage des lipides	31
4.2. Protocole	31
4.2.1. Préparation de l'échantillon	31
4.2.2. Mise en place de l'extraction	31
4.2.3. Principe de l'extraction	31
4.2.4. Récupération de l'extrait	32
5. Détermination du pH	33

5.1. Principe	33
5.2. Protocole	33
6. Détermination de la teneur en protéines	33
6.1. Principe de la méthode de Lowry	33
6.2. Protocole	33
6.2.1. Préparation des échantillons	34
6.2.2. Dosage des protéines	34
7. Détermination de la perte de poids après décongélation	35
7.1. Principe	35
7.2. Protocole	35
Résultats et discussion	36
1. Effet des additifs sur le poids du cou et les ailes droites et gauche	37
2. Effet des additifs sur le poids des organes et des tissus adipeux	39
3. Effet des additifs sur le poids des muscles de la cuisse (droite et gauche) et du muscle pectoral	43
4. Effet de la congélation sur le pH	45
5. Effet des Additifs Phytogéniques et congélation sur la poulet Fermier	46
6. Discussion Comparative : Poule Fermière vs Poulet de Chair	46
7. Impact Global de la Congélation sur le pH	47
Résultats du pH du Poulet de Chair (Après Congélation)	47
Discussion Comparative : Poulet Fermier vs Poulet de Chair	48
8. Effet de la congélation sur la Matière Sèche (MS %)	48
9. Capacité de rétention d'eau (CRE).....	
Conclusion générale	54
Les Références bibliographiques	

Introduction Générale:

Depuis les origines de l'humanité, les produits carnés occupent une place centrale dans les habitudes alimentaires et les systèmes de subsistance des populations. Au fil des évolutions sociétales, la viande s'est affirmée non seulement comme un marqueur nutritionnel de premier plan, mais aussi comme une source incontournable de macronutriments et de micronutriments biodisponibles, fournissant des protéines de haute valeur biologique indispensables à l'équilibre nutritionnel de l'homme.

Dans le secteur de l'élevage, l'aviculture joue un rôle socio-économique et alimentaire majeur à l'échelle mondiale. Les volailles se distinguent par leur capacité à fournir rapidement des ressources alimentaires et financières, en particulier dans les systèmes de production traditionnels et familiaux qui soutiennent la sécurité alimentaire des ménages ruraux (Gueye, 2000 ; Sonaiya & Swan, 2004). Sur le plan qualitatif, la viande de volaille est particulièrement appréciée pour son profil nutritionnel favorable, caractérisé par un bon rapport entre sa richesse protéique et une teneur modérée en lipides par rapport aux autres viandes de boucherie.

Toutefois, les caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles de cette viande ne sont pas figées. Elles dépendent étroitement du génotype des animaux (comme la distinction entre le poulet de chair standard et la poule locale ou fermière), du mode d'élevage et des stratégies alimentaires adoptées. À ce titre, l'incorporation d'additifs phytogéniques naturels dans l'alimentation avicole tels que la poudre de rhizome de curcuma (*Curcuma longa*), la poudre de feuilles d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et la poudre d'écorce de grenade (*Punica granatum*) constitue une approche innovante visant à améliorer la qualité intrinsèque de la viande et ses propriétés antioxydantes. Par ailleurs, les opérations technologiques post-mortem, en particulier la congélation, représentent des étapes déterminantes susceptibles d'influencer la stabilité de la viande, ses aptitudes technologiques et ses qualités sensorielles au cours du stockage.

C'est précisément dans ce contexte scientifique et technique que s'inscrit notre travail de recherche. L'objectif principal est d'évaluer l'impact de la congélation sur la qualité de la viande de poulet fermier ayant bénéficié d'une supplémentation phytogénique tout en dressant une comparaison rigoureuse avec les caractéristiques d'un poulet de chair conventionnel.

Pour structurer notre démarche, le présent mémoire s'articule autour des parties suivantes :

Une partie bibliographique, divisée en plusieurs chapitres, dressant un état de l'art sur l'aviculture, les additifs phytogéniques et les paramètres de qualité de la viande de volaille.

Une partie expérimentale, décrivant la méthodologie suivie pour l'analyse des échantillons congelés, les examens physico-chimiques et le traitement statistique des données.

Une partie consacrée aux résultats et à leur discussion, mettant en perspective nos observations au regard de la littérature scientifique.

Partie
bibliographie

Chapitre 01

Généralités sur la poule locale

1.1. Définition de la poule locale:

La poule domestique (*Gallus domesticus*) une espèce domestique reconnue pour sa capacité d'adaptation aux conditions environnementales difficiles. Elle est élevée selon divers systèmes, notamment en plein air et en agriculture biologique. On la connaît sous différents noms : poule traditionnelle, poule fourragère, poule de basse-cour, poule de village ou poule familiale.(Manyelo et al, 2020).

1.2.Origine et historique de la poule locale:

Issue du processus de domestication du coq sauvage rouge (*Gallus gallus*), reconnu comme son principal ancêtre, la poule locale trouve ses racines historiques en Asie du Sud-Est, où les données génétiques situent les premiers foyers de domestication il y a environ 8 000 à 9 500 ans. Par la suite, les mouvements migratoires et les routes commerciales ont favorisé sa diffusion progressive vers l'Europe, l'Afrique et le reste du monde.

Au fil des siècles, sa confrontation aux divers climats et aux modes d'élevage traditionnels a façonné sa robustesse. Cette longue sélection naturelle et empirique lui confère aujourd'hui une excellente tolérance aux aléas environnementaux, aux variations de rations alimentaires ainsi qu'aux pressions pathogènes. Elle constitue ainsi une ressource génétique d'une grande valeur de par sa variabilité phénotypique et sa propension à s'épanouir dans des systèmes extensifs (Lawal & Hanotte, 2021).



Figure01:Coq sauvage(*Gallus gallus*) (Manyelo et al. 2020)

1.3.Système d'élevage de la poule locale

La poule locale est généralement élevée dans des systèmes extensifs ou semi-intensifs. Dans le système extensif, les volailles sont élevées en liberté autour des habitations et trouvent une grande partie de leur alimentation par la recherche naturelle de nourriture. Ce mode d'élevage nécessite peu d'investissements mais reste exposé aux maladies, aux prédateurs et aux variations des ressources alimentaires. Le système semi-intensif associe la divagation contrôlée à un apport complémentaire d'aliments et à de meilleures pratiques sanitaires. Ce type d'élevage permet d'améliorer les performances de production tout en conservant l'adaptation de la poule locale aux conditions (**Chaiban et al, 2020**)

1.4.Importance économique et social de la poule locale

1.4.1.Importance économique

- . La poule locale constitue une source importante de revenus pour les ménages ruraux et contribue à l'amélioration de leurs conditions de vie.
- . L'élevage et la commercialisation des poulets locaux permettent d'obtenir rapidement des ressources financières en cas de besoin.
- . Les revenus générés par la vente des poulets locaux servent à couvrir diverses dépenses familiales, notamment l'alimentation, l'habillement, la scolarisation et les soins de santé.
- . Cette activité favorise également l'épargne et renforce la stabilité économique des familles rurales.

1.4.2.Importance sociale

- .La poule locale joue un rôle important dans le renforcement de la sécurité alimentaire des ménages grâce à l'apport de protéines animales.
- . Elle contribue à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales et participe à la réduction de la pauvreté.
- .Elle représente un moyen de subsistance essentiel pour de nombreuses familles vivant en milieu rural.
- . Son élevage participe au développement socio-économique des communautés rurales en facilitant la satisfaction des besoins fondamentaux des ménages.(**Nahimana et al., 2018**)

Chapitre02:

Généralités sur les additifs

01.Eucalyptus:

1.Définition de l'eucalyptus

Le genre *Eucalyptus* appartient à la famille des Myrtacées et comprend environ 800 espèces. Bien que la majorité de ces espèces soit originaire d'Australie, elles se sont aujourd'hui naturalisées et répandues à travers le monde. Sur le plan étymologique, le terme *Eucalyptus* signifie « bien couvert », en référence à l'opercule (ou calypstre) qui recouvre et protège les boutons floraux, constituant l'une des caractéristiques morphologiques déterminantes de ce genre (Vuong et al., 2015).

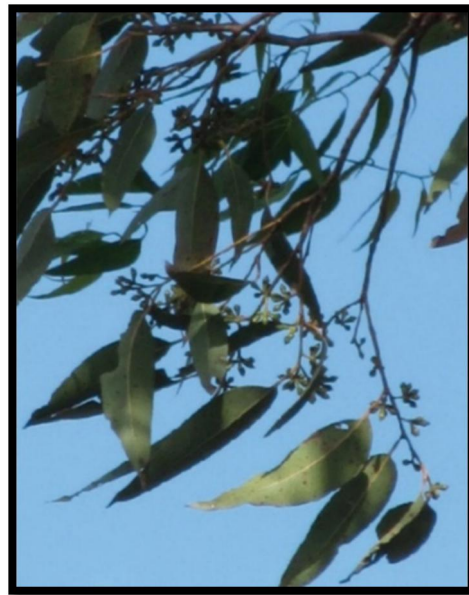


Figure02 : Arbre et feuilles d'eucalyptus *Eucalyptus globulus*, (Vuong et al. (2015)

1.2.Position systématique de Eucalyptus:

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

1.3.Répartition géographique de l'Eucalyptus:

Le genre *Eucalyptus* est principalement présent dans l'hémisphère sud. Il est largement représenté en Australie, où se concentre la majorité de ses espèces. Quelques espèces se rencontrent également dans certaines régions voisines de l'Asie du Sud-Est, notamment en Indonésie, au Timor oriental et en Papouasie–Nouvelle-Guinée. En Australie, les eucalyptus occupent une grande variété de milieux forestiers et de formations boisées, particulièrement dans les zones non arides. En revanche, leur présence demeure limitée dans les forêts tropicales humides ainsi que dans les régions désertiques de l'intérieur du continent. Les formes arbustives de type *mallee* sont surtout observées dans les zones méridionales caractérisées par un climat plus sec. (González-Orozco et al, 2013).

1.4.Composition chimique de l'Eucalyptus:

La composition chimique de l'*Eucalyptus* est caractérisée par la présence de nombreux composés naturels, principalement des terpènes et des terpénoïdes. Les feuilles renferment également des monoterpènes oxygénés, des sesquiterpènes, des diterpènes, ainsi que des composés aromatiques et aliphatiques de faible masse moléculaire. Parmi les constituants les plus fréquemment identifiés figurent le 1,8-cinéole, l' α -pinène, le limonène, le p-cymène, l' α -phellandrène, le γ -terpinène, le citronellal, le citronellol, le linalol, l' α -terpinéol et le spathulénol. La nature et les proportions de ces composés varient selon l'espèce d'*Eucalyptus*, les conditions environnementales, la région géographique de culture ainsi que le stade de développement de la plante. Cette variabilité chimique est à l'origine des différentes propriétés biologiques et applications industrielles associées aux espèces d'*Eucalyptus*. (Barbosa et al, 2016).

1.5.Utilisations de l'Eucalyptus:

- Utilisé comme antiseptique dans la médecine traditionnelle.
- Employé pour soulager les affections des voies respiratoires supérieures.
- Utilisé dans le traitement du rhume, de la grippe et de la toux par inhalation de la vapeur obtenue après ébullition des feuilles.
- Contribue à la décongestion des voies respiratoires et au soulagement de la bronchite.
- Utilisé pour atténuer les symptômes de l'asthme et de la sinusite.
- Employé pour améliorer le bien-être durant la période post-partum.
- Les bains de pieds contenant des feuilles d'*Eucalyptus* sont utilisés pour soulager les douleurs des pieds.
- L'huile obtenue à partir des feuilles est appliquée localement pour réduire certaines douleurs.
- Les feuilles mélangées à l'huile d'olive sont utilisées traditionnellement pour traiter les verrues. (Kinel et Ercetin, 2024).

2.Rhizome de Curcuma

2.1.Définition du curcuma:

Le curcuma est une plante tropicale issue du rhizome séché de *Curcuma longa* L., largement répandue en Asie du Sud et du Sud-Ouest. Utilisé depuis des siècles en cuisine et en médecine, il est une épice courante dans de nombreux plats et possède des vertus thérapeutiques en médecine traditionnelle. Des études récentes indiquent qu'il contient des composés bioactifs, notamment la curcumine, qui présente des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires, ce qui suscite un intérêt croissant dans la recherche médicale et pharmaceutique. (Wu & Tong, 2023).

2.2.Classification:

Règne: Plantae

Division: Magnoliophyta

Classe: Liliopsida

Ordre : Zingiberales

Famille: Zingiberaceae

Genre: *Curcuma*

Espèce: *curcuma longa* L.(Royal Botanic Gardens, Kew, 2026).

2.3.Description botanique du curcuma:

Le genre *Curcuma* appartient à la famille du gingembre (Zingiberaceae) et comprend des plantes herbacées annuelles ou vivaces à rhizomes. Il fait également partie de la tribu des Zingibereae, et l'espèce *Curcuma longa* est la plus importante et la plus connue, commercialisée sous le nom de curcuma. Le rhizome. (Kaliyadasa & Samarasinghe, 2019)

2.3.1.Le rhizome:

Distinctes Celui qui est commercialisé correspond au rhizome primaire, de forme ovale, oblongue ou piriforme, communément surnommé « ampoule » ou curcum « rond » Les rhizomes secondaires, quant à eux, présentent une forme plus cylindrique, mesurent entre 4 et 7 cm de long pour une largeur allant de 1 à 1,5 cm, et sont appelés « doigts ». Leur aspect extérieur est jaunâtre à brun-jaunâtre, tandis que leur intérieur varie du jaune au jaune-orange. Ces rhizomes dégagent une odeur aromatique et offrent une saveur chaude, légèrement amère (Jourdan, 2015).

2.3.2. Les feuilles :

Les feuilles sont larges, allongées et de couleur verte. Elles se développent directement à partir du rhizome et participent à la photosynthèse nécessaire à la croissance de la plante (Demmar & Khelaifa, 2021).

Figure 3 : Rhizomes primaires et secondaires de *Curcuma longa* (Jourdan, 2015).

2.3.3. Les fleurs :

Généralement de couleur jaune à rose selon la variété, sont regroupées en inflorescences terminales portées par une tige florale distincte (Jourdain, 2015)

2.4.Utilisations du curcuma:

- Réduction des processus inflammatoires.
- Lutte contre le stress oxydatif grâce à son pouvoir antioxydant.

- Aide au contrôle de la glycémie chez les personnes diabétiques.
- Protection du foie contre certaines substances toxiques.
- Contribution à la prévention des maladies cardiovasculaires.
- Soutien du système digestif et amélioration de certains troubles gastro-intestinaux.
- Soulagement de certains troubles respiratoires, notamment l'asthme et la bronchite.
- Protection du système nerveux et soutien des fonctions cognitives.
- Activité anticancéreuse par l'inhibition de la prolifération cellulaire.
- Réduction des réactions allergiques.
- Utilisation dans la prise en charge de certaines affections cutanées et infections fongiques.
- Amélioration des symptômes du syndrome du côlon irritable.
- Aide au traitement de la dyspepsie et des ulcères gastriques.
- Effets bénéfiques dans certains états dépressifs. **(Fuloria et al., 2022)**

.Protection de la peau contre les dommages causés par les rayons ultraviolets et réduction du photo vieillissement.

.Contribution à la diminution des rides et des signes du vieillissement cutané grâce à son activité antioxydante.

.Amélioration de l'élasticité de la peau par la préservation des fibres de collagène et d'élastine.

.Réduction des hyperpigmentations et des taches cutanées induites par l'exposition solaire.

.Amélioration de l'éclat et de l'apparence générale de la peau.

.Atténuation des inflammations cutanées grâce à ses propriétés anti-inflammatoires.

.Aide au traitement des peaux à tendance acnéique en raison de son activité antimicrobienne.

.Favorisation de la régénération cutanée et de la réparation des tissus.



.Protection des cellules de la peau contre le stress oxydatif et les radicaux libres.

.Utilisation dans la formulation de produits dermocosmétiques destinés aux peaux sensibles ou endommagées. **(Kryst, 2023)**

Figure 03 : Rhizomes primaires et secondaires de *Curcuma longa* (Jourdan, 2015)

2.5.Composition chimique du curcuma:

Le rhizome de *Curcuma longa* présente une composition chimique complexe et variée qui lui confère ses nombreuses propriétés biologiques. Il renferme des macronutriments tels que les glucides, les protéines et les lipides, ainsi que plusieurs micronutriments essentiels, notamment les vitamines C, B1, B2 et B3. Il constitue également une source importante de minéraux comme le potassium, le calcium, le fer et le sodium.

Les principaux composés bioactifs du curcuma sont les curcuminoïdes, une famille de polyphénols dont la curcumine représente le constituant majoritaire. D'autres dérivés, tels que la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine, sont également présents en quantités variables. Ces substances sont reconnues pour leurs activités antioxydantes et leurs effets bénéfiques sur la santé.

Par ailleurs, le curcuma contient des huiles essentielles riches en terpènes, notamment des monoterpènes, des sesquiterpènes et des diterpènes, responsables de son arôme caractéristique. D'autres composés phénoliques, tels que la vanilline, l'acide vanillique et l'acide férulique, ont également été identifiés dans le rhizome. Enfin, certains stérols végétaux, comme le β -sitostérol et le stigmastérol, participent à la richesse chimique de cette plante largement utilisée dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. (Zagórska et al., 2023)

3. Grenade

3.1. Historique de la grenade :

La grenade (*Punica granatum L.*) est considérée comme l'un des plus anciens fruits connus de l'humanité. Son origine se situe dans les régions s'étendant de l'Iran et du Turkménistan jusqu'au nord de l'Inde, avant de se répandre dans le bassin méditerranéen et au Moyen-Orient. Cultivée et utilisée dès l'Antiquité par plusieurs civilisations (notamment les Perses, les Égyptiens et les Grecs), des découvertes archéologiques ont mis en évidence la présence de restes de grenade datant de l'âge du Bronze, témoignant de son utilisation depuis plusieurs millénaires.

Dans l'Égypte ancienne, ce fruit était consommé et occupait une place symbolique dans certaines croyances liées à la vie après la mort. Au fil du temps, la grenade est devenue un symbole de fertilité, de prospérité et d'abondance dans de nombreuses cultures, l'origine de son nom étant liée aux termes anciens désignant un fruit riche en graines (Wang et al., 2018 ; Boncuk, 2014).



Figure 04 : Grenadier (*Punica granatum L.*) (Wang et al., 2018)

3.2. Description botanique de la grenade (*Punica granatum L.*) :

Le grenadier est un arbuste ou un petit arbre pouvant atteindre 6 à 10 mètres de hauteur. Il se caractérise par de nombreuses branches, des épines et une longévité remarquable. Ses feuilles, de texture coriace, sont opposées ou groupées par fascicules, de forme oblongue-lancéolée, mesurant de 1 à 10 centimètres de long.

Le grenadier fleurit en produisant des fleurs éclatantes, isolées ou groupées à l'extrémité des pousses. D'un diamètre d'environ 3 centimètres, elles possèdent un calice tubulaire rouge et charnu composé de 5 à 8 sépales, ainsi que de 3 à sept pétales ridés de couleur variable (du rouge vif au blanc) entourant de nombreuses étamines.

Le fruit, la grenade, est de forme presque ronde, surmonté à sa base par un calice persistant et proéminent. Son diamètre varie généralement entre 6 et 12 centimètres. Son écorce épaisse et coriace présente des teintes jaunes, rosées, rouges ou pourpres. L'intérieur est divisé par des cloisons membraneuses et un tissu spongieux blanc en loges remplies d'arilles juteux et acidulés (le tégument). Chaque arille enveloppe une graine anguleuse (molle ou dure), l'ensemble des graines représentant environ la moitié du poids total du fruit (**Holland et al., 2009**).

3.3. Classification de la grenade:

Le grenadier, *Punica granatum* a été identifié et intégré dans la classification de Linné en 1753. (**Miloud, 2019**)

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Punicaceae (Lythraceae)

Genre : Punica

Espèce : Punica granatum L

3.4. Applications alimentaires de la grenade:

.Utilisation dans les produits laitiers

.Conservateur naturel grâce à ses propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

. Incorporation dans les emballages alimentaires comestibles.

. Amélioration de la conservation des viandes et des produits de la mer.

. Utilisation dans les produits de boulangerie pour enrichir leur valeur nutritionnelle. (**Kandyli et Kokkinomagoulos, 2020**).

3.4.1. Utilisations médicinales de la grenade:

Activité antioxydante et anti-inflammatoire

Prévention de certaines maladies cardiovasculaires.

Effet anticancéreux potentiel.

Aide dans la prise en charge du diabète.

Protection des reins et du système nerveux.

Amélioration de la santé bucco-dentaire.

Soulagement de certains troubles digestifs.. (Suthar, 2022).

3.4.2.Utilisations cosmétiques de la grenade:

Protection de la peau contre le vieillissement prématuré.

Amélioration de l'hydratation et de l'élasticité cutanée.

Protection contre les rayons ultraviolets (UV).

Réduction des taches pigmentaires.

Accélération de la cicatrisation et de la régénération de la peau.

Préservation du collagène et de la fermeté cutanée. (Pérez-Ramírez et al., 2026).

3.5.Composition chimique des différents organes du grenadier:

Les diverses méthodes d'analyse chimique permettent aux chercheurs d'examiner et de déterminer avec précision la composition des différents organes du grenadier:

3.5.1.Les feuilles:

Les feuilles de grenade (*Punica granatum* L.) contiennent de nombreux composés phénoliques bioactifs, notamment des tanins, en particulier les ellagitannins (ellagitannins), ainsi que l'acide ellagique et ses dérivés, et des flavonoïdes tels que l'apigénine et la lutéoline. Les tanins constituent les composés chimiques dominants de ces feuilles, ce qui leur confère une forte activité antioxydante et les rend prometteuses pour des applications alimentaires et pharmaceutiques. (Yu et al., 2021).

3.5.2.Les fleurs:

Les études portant sur la composition chimique des fleurs de grenadier (*Punica granatum* L.) ont montré qu'elles sont riches en plusieurs composés bioactifs. Parmi les principaux constituants figurent les acides phénoliques, notamment l'acide gallique et l'acide ellagique, ainsi que les flavonoïdes, les anthocyanes et les tanins. Les fleurs contiennent également des triterpènes tels que l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acide maslinique et l'acide asiatique, ainsi que certains stérols végétaux. L'ensemble de ces composés contribue aux propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des fleurs de grenadier. (Bekir et al., 2013)

3.5.3.Le fruit:

La grenade est riche en sucres naturels (glucose et fructose), en acides organiques, principalement l'acide citrique, ainsi qu'en vitamine C. Elle contient également de nombreux

composés antioxydants, notamment les polyphénols, les flavonoïdes et les anthocyanes. Les écorces sont particulièrement riches en composés phénoliques, tandis que les graines renferment des huiles riches en acide punicoïque, un acide gras bénéfique pour la santé. La grenade apporte aussi plusieurs minéraux essentiels tels que le potassium, le magnésium, le fer et le zinc, ce qui lui confère une importante valeur nutritionnelle et fonctionnelle. **(Montefusco et al., 2021).**

Chapitre 03:

Poulet de chair

1. Définition:

La poule est un oiseau domestique dont l'origine remonte aux forêts de l'Asie du Sud-Est. Elle appartient à l'espèce *Gallus gallus* de l'ordre des Galliformes.

Elle préfère les endroits ombragés et évite l'exposition directe aux rayons du soleil ainsi qu'aux fortes chaleurs. Domestiquée depuis l'Antiquité, elle s'est bien adaptée à la vie aux côtés de l'homme et constitue l'une des principales volailles d'élevage grâce à sa facilité d'élevage et à sa capacité d'adaptation. Sa viande est appréciée pour sa saveur et sa valeur nutritive, ce qui la rend adaptée à toutes les catégories de consommateurs, y compris les malades et les convalescents(Koyabizo,Ahonziala 2009).

2.Anatomie du poulet (Gallus gallus domesticus) :

2.1.Anatomie externe :

Le corps du poulet présente plusieurs structures externes essentielles, notamment la crête, les caroncules, le bec, les yeux, les ailes, la queue, les pattes et les plumes. Les plumes recouvrent la majeure partie du corps et jouent principalement un rôle dans l'isolation thermique et la protection de l'oiseau. La crête et les caroncules, riches en vaisseaux sanguins, participent à la régulation de la température corporelle et peuvent également constituer des indicateurs de l'état de santé et de la maturité sexuelle. Le bec, principalement constitué de kératine, intervient dans la préhension et l'ingestion des aliments, le nettoyage des plumes ainsi que dans la défense. Les membres postérieurs comprennent la cuisse, la jambe, le jarret et le pied, tandis que les ergots, particulièrement développés chez le coq, jouent un rôle dans la défense et l'établissement de la dominance au sein du groupe. Enfin, la glande uropygienne, située à la base de la queue, sécrète une substance huileuse qui contribue à l'entretien et à l'imperméabilisation des plumes.(Agriculture Institute, 2025)

2.2.Anatomie interne :

L'anatomie interne du poulet comprend plusieurs systèmes essentiels au maintien des fonctions vitales, notamment les systèmes squelettique, musculaire, digestif et respiratoire. Le squelette aviaire est léger, résistant et caractérisé par la présence de certains os pneumatiques reliés au système respiratoire. Le système musculaire est particulièrement développé au niveau des muscles pectoraux, notamment chez les poulets de chair, ce qui contribue à l'importante production de viande.

Le système digestif est spécialisé dans la digestion rapide et efficace des aliments. Il comprend notamment le bec, l'œsophage, le jabot, le proventricule, le gésier, l'intestin grêle, les cæca et le cloaque. Le jabot assure le stockage temporaire des aliments, tandis que le proventricule intervient dans la digestion enzymatique et le gésier assure leur broyage mécanique. L'intestin grêle constitue le principal site d'absorption des nutriments.

Le système respiratoire des oiseaux présente une organisation particulière comprenant les cavités nasales, le larynx, la trachée, la syrinx, les bronches, les poumons et les sacs aériens. Les sacs aériens permettent une circulation unidirectionnelle de l'air à travers les poumons, ce qui assure une ventilation efficace et répond aux besoins métaboliques élevés du poulet. Cette organisation respiratoire contribue ainsi à soutenir la croissance rapide et les importantes performances physiologiques des volailles. .(**Agriculture Institute, 2025**)

3.Classification taxonomique du poulet de chair:

Règne : Animalia

Embranchement : Chordata

Sous-embranchement : Vertebrata

Classe : Aves

Ordre : Galliformes

Famille : Phasianidae

Genre : Gallus

Espèce: Gallus gallus

Sous-espèce : Gallus gallus domesticus (**the editors of Encyclopaedia Britannica, 2024**).

4.Les facteurs d'ambiance

4.1.température:

La maîtrise de la température constitue un élément essentiel dans l'élevage des poussins, particulièrement durant les premiers jours de vie. En effet, le poussin ne devient capable de réguler sa propre température corporelle qu'à partir du cinquième jour et n'acquiert une véritable capacité d'adaptation aux variations thermiques qu'après l'âge de deux semaines. Il convient ainsi de distinguer deux types de températures : la température sous l'éleveuse lorsque les poussins sont au repos, et la température ambiante du bâtiment dans lequel ils évoluent.

En l'absence d'éleveuse, il est recommandé de démarrer l'élevage des poussins à une température avoisinant 29 °C (**Surdeau et Henaff, 1979**).

La température représente l'un des principaux facteurs d'ambiance à considérer en Algérie, notamment en raison des fortes chaleurs enregistrées durant la période estivale.

Bien que la volaille présente une certaine tolérance aux variations thermiques, elle demeure sensible aux changements brusques de température. Lorsque les températures dépassent la zone de confort thermique, la consommation alimentaire diminue, ce qui entraîne une réduction du gain de poids (**Bellaoui, 1990**).

La croissance des poulets commence à être affectée dès que la température dépasse 24 °C. Cette situation s'accompagne d'une augmentation de la fréquence respiratoire ainsi que de la

consommation d'eau. Lorsque la température excède 29 °C, les poulets réduisent davantage leur ingestion d'aliment et recherchent les zones les mieux ventilées.

À l'inverse, lors des périodes de froid, les poulets augmentent sensiblement leur consommation alimentaire afin de compenser les pertes énergétiques liées à la thermorégulation (**Surdeau et Henaff, 1979**).

4.2.Ventilation:

4.2.1.Définition:

La ventilation constitue un facteur essentiel dans l'élevage des volailles. En effet, à poids égal, un oiseau nécessite environ vingt fois plus d'air qu'un mammifère (**Laouer, 1987**).

4.2.2.Le rôle:

Le système de ventilation doit donc assurer un renouvellement rapide et continu de l'air tout en évitant la formation de courants d'air nuisibles aux animaux.

Outre le renouvellement de l'air, la ventilation contribue au maintien d'une température stable à l'intérieur du bâtiment d'élevage. Elle joue également un rôle déterminant dans la préservation de la qualité de la litière en limitant son humidité, ce qui favorise une meilleure santé respiratoire des volailles.

La ventilation permet d'apporter l'oxygène indispensable aux animaux et d'évacuer les gaz nocifs produits dans le bâtiment. Elle participe aussi à l'équilibre thermique en régulant les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

Associée à une bonne isolation, la ventilation contribue efficacement à la réduction de l'humidité ambiante. La vitesse de l'air au niveau du sol doit être adaptée à la température du bâtiment. Ainsi, pour des températures comprises entre 16 et 24 °C, elle ne doit pas dépasser 0,15 m/s. Durant les deux premières semaines de vie des poussins, il est particulièrement important d'éviter les courants d'air, notamment en hiver, car une circulation d'air excessive peut ralentir la croissance, voire provoquer des mortalités.

À partir de l'âge de quatre à cinq semaines, les poulets deviennent plus résistants aux mouvements d'air, mais il est recommandé de ne pas dépasser une vitesse de 0,30 m/s lorsque la température est de 15 °C (**Surdeau et Henaff, 1979**).

4.2.3.L'objectif principal de la ventilation :

Est d'assurer un renouvellement adéquat de l'air dans le bâtiment afin de :

fournir l'oxygène nécessaire aux animaux

éliminer les gaz toxiques issus de l'élevage tels que l'ammoniac, le dioxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène

réduire la concentration des poussières

maintenir des conditions d'ambiance favorables en assurant une température et une hygrométrie adaptées aux besoins des volailles (**Fedida, 1996**).

On distingue généralement deux principaux systèmes de ventilation utilisés dans les bâtiments avicoles.

4.2.3.1. Ventilation statique ou naturelle :

La ventilation naturelle constitue le système de ventilation le plus simple en élevage avicole. Elle repose sur la circulation naturelle de l'air à l'intérieur du bâtiment d'élevage. Le renouvellement de l'air peut s'effectuer verticalement grâce aux fenêtres, tandis que la ventilation horizontale est assurée par des ouvertures ou des trappes aménagées sur les façades du poulailler (**Bellaoui, 1990**).

4.2.3.2. Ventilation dynamique :

La ventilation dynamique, également appelée ventilation mécanique, est considérée comme plus performante que la ventilation naturelle et se révèle particulièrement adaptée aux régions à climat froid (Fernandez et Ruiz Matas, 2003). Ce système repose sur l'utilisation de ventilateurs et, dans certains cas, d'humidificateurs, ce qui entraîne des coûts d'installation et de fonctionnement plus élevés. Toutefois, il assure une efficacité optimale tout au long de l'année et quelles que soient les conditions climatiques (**Bellaoui, 1990**).

L'un des principaux avantages de ce type de ventilation réside dans la possibilité de contrôler avec précision le renouvellement de l'air grâce à la régulation du débit, de la pression et de la vitesse de circulation de l'air. Celui-ci est introduit ou extrait du bâtiment à l'aide de dispositifs de ventilation dont les débits sont préalablement déterminés et maîtrisés. (**Laouer, 1987**)

4.3. hygrométrie:

L'hygrométrie n'agit pas directement sur le comportement des poulets, mais elle peut provoquer des perturbations indirectes lorsqu'elle s'écarte des valeurs recommandées. Selon la plupart des auteurs, un taux d'humidité relative compris entre 55 % et 70 % est considéré comme optimal pour assurer de bonnes conditions d'élevage (SURDEAU et HENAFF, 1979 ; BELLAOUI, 1990 ; FEDIDA, 1996). Toutefois, LAOUE (1987) préconise un intervalle légèrement plus élevé, compris entre 60 % et 80 %. Le maintien de ce taux d'humidité dépend principalement de la maîtrise de la ventilation et de la température à l'intérieur du bâtiment d'élevage.

En période de climat chaud, une humidité relative élevée réduit l'efficacité des mécanismes d'évaporation pulmonaire, limitant ainsi la dissipation de la chaleur corporelle chez les volailles. Cette situation entraîne un stress thermique plus important et une diminution des performances zootechniques par rapport aux élevages maintenus dans un environnement chaud mais à hygrométrie modérée. De même, en climat chaud et humide, les volailles éprouvent davantage de difficultés à évacuer l'excès de chaleur qu'en climat chaud et sec, ce qui affecte négativement leur croissance, leur consommation alimentaire et leurs performances de production. (**Surdeau et Henaff, 1979, p. 155**)

4.4.lumière:

L'éclairage constitue un facteur environnemental essentiel dans l'élevage des poulets de chair, car il influence directement leur croissance, leur comportement, leur bien-être et leurs performances de production. Un programme lumineux adapté, comprenant l'intensité, la durée, la couleur et la longueur d'onde de la lumière, favorise une meilleure consommation alimentaire, améliore l'indice de conversion et contribue au maintien d'un bon état sanitaire. Les poulets possèdent un système visuel particulièrement développé, ce qui les rend très sensibles aux variations de la lumière. Ainsi, une gestion appropriée de l'éclairage permet de réduire le stress, d'améliorer le bien-être des animaux et d'optimiser les performances zootechniques. (Abdel-Moneim et al., 2024).

4.5.La phase d'élevage du poulet de chair:

4.5.1.La phase de démarrage:

La phase de démarrage débute dès la mise en place des poussins et s'étend généralement du 1^{er} au 10^e jour d'âge. Elle constitue une étape déterminante, car les poussins sont encore fragiles et peu capables de réguler leur température corporelle. Durant cette période, il est indispensable d'assurer une température adaptée, une bonne qualité de l'air, un accès permanent à l'eau et à un aliment de démarrage riche en énergie et en protéines. Une conduite correcte pendant cette phase favorise une croissance homogène et réduit les risques de mortalité. (Aviagen, 2022)

4.5.2.La phase de croissance:

La phase de croissance s'étend approximativement du 11^e au 24^e jour. Au cours de cette période, les poulets présentent une augmentation rapide de leur poids et une consommation alimentaire plus importante. Les conditions d'élevage doivent permettre d'assurer un bon développement musculaire grâce à une alimentation équilibrée, une ventilation efficace et une densité d'élevage adaptée. Une bonne gestion de cette phase contribue à améliorer les performances zootechniques des volailles(Aviagen, 2022)

4.5.3.La phase de finition:

La phase de finition commence généralement à partir du 25^e jour et se poursuit jusqu'à l'abattage, qui intervient le plus souvent entre 35 et 42 jours selon la souche et le mode d'élevage. Cette étape a pour objectif de maximiser le gain de poids et d'améliorer la qualité de la carcasse. Les conditions d'élevage doivent être maintenues de manière optimale afin de limiter le stress, préserver l'état sanitaire des animaux et garantir une bonne qualité de la viande. (Aviagen, 2022)

4.6.Modes d'élevage du poulet de chair:

4.6.1.L'élevage au sol du poulet de chair:

L'élevage au sol est le mode de production le plus utilisé en aviculture de chair. Les poulets sont élevés directement sur une litière constituée de matériaux absorbants, tels que les copeaux de

bois, la paille ou les balles de riz. Cette litière permet d'absorber l'humidité, de maintenir le sol propre et d'améliorer le confort des animaux.

Les bâtiments d'élevage doivent offrir des conditions d'ambiance adaptées, notamment une température, une ventilation, une hygrométrie et un éclairage appropriés. Les oiseaux disposent d'un accès permanent à l'aliment et à l'eau grâce à des équipements répartis dans tout le bâtiment. Une gestion rigoureuse de la litière et de l'ambiance contribue à limiter les problèmes sanitaires et à améliorer les performances de croissance des poulets.

Ce système est largement adopté en raison de sa simplicité de mise en œuvre, de son coût relativement faible et de son efficacité pour la production intensive de viande de poulet. **(Bell & Weaver, 2002)**

4.6.2.Élevage des poulets de chair en batteries de cages:

L'élevage des poulets de chair en batteries de cages est un système intensif dans lequel les oiseaux sont logés dans des cages métalliques superposées sur plusieurs niveaux. Ce mode d'élevage a été développé afin d'optimiser l'utilisation de l'espace, de réduire les coûts liés à la litière et de faciliter les opérations de distribution de l'aliment, d'abreuvement et de collecte des volailles. Toutefois, les cages en batterie limitent considérablement les déplacements des poulets et réduisent leur possibilité d'exprimer certains comportements naturels, tels que le grattage du sol, la recherche de nourriture et les bains de poussière. Plusieurs études rapportent également une augmentation des problèmes locomoteurs, une diminution de la solidité des os ainsi qu'une altération du bien-être des animaux. Pour ces raisons, malgré les avantages économiques qu'il peut présenter, ce système fait l'objet de nombreuses critiques en matière de bien-être animal et son utilisation demeure limitée dans plusieurs régions du monde. **(Shields et Greger, 2013)**

4.7.Programme d'alimentation du poulet de chair:

L'alimentation constitue l'un des principaux facteurs qui influencent la croissance et les performances du poulet de chair. Les besoins nutritionnels de l'animal évoluent progressivement avec l'âge. Ainsi, un programme alimentaire peut être divisé en quatre phases durant la période d'élevage, comme indiqué dans l'étude de Hauschild et al (2015).

Première phase : de 1 à 7 jours d'âge une ration présentant un niveau nutritionnel élevé est distribuée afin de répondre aux besoins liés à la croissance rapide du poussin au début de sa vie.

Deuxième phase :de 8 à 21 jours d'âge l'alimentation est adaptée aux besoins nutritionnels du poulet durant la première période de croissance.

Troisième phase :de 22 à 35 jours d'âge les niveaux de certains nutriments diminuent progressivement par rapport aux phases précédentes, en fonction de l'évolution des besoins nutritionnels de l'animal.

Quatrième phase :de 36 à 42 jours d'âge cette période correspond à la phase finale de croissance avant l'abattage. La composition de l'aliment est alors adaptée aux besoins nutritionnels du poulet en fin de cycle d'élevage.

Dans cette étude, quatre aliments ont été utilisés et remplacés au début de chaque période définie : 1–7, 8–21, 22–35 et 36–42 jours d'âge. Les aliments contenaient principalement du maïs, du tourteau de soja, de l'huile de soja, du phosphate bicalcique, du carbonate de calcium, du sel, ainsi que des prémélanges minéraux et vitaminiques et certains acides aminés.

Les niveaux des nutriments ont été ajustés en fonction des besoins nutritionnels des poulets de chair. La formulation des aliments prenait notamment en considération la teneur en protéines brutes, l'énergie métabolisable, le calcium, le phosphore, ainsi que les teneurs en lysine, méthionine, thréonine et tryptophane.(**Hauschild et al., 2015**)

Chapitre04 :

Congèlation

1. Généralités sur la viande blanche

1.1. Définition de la viande :

La viande correspond aux muscles squelettiques et aux tissus qui leur sont associés, provenant des animaux, notamment des volailles, et destinés à la consommation humaine. Ainsi, la viande de poulet désigne les muscles et les tissus associés du poulet utilisés comme aliment pour l'être humain (Seman et al., 2018).

Cette viande de poulet est classée parmi les viandes blanches, car elle provient des muscles squelettiques des volailles. Cette catégorie comprend notamment la viande de poulet et celle de dinde, en particulier la viande de la poitrine, généralement considérée comme une viande blanche (Barr et al., 2025)

1.2.Composition chimique de la viande de poulet:

La viande de poulet est considérée comme un aliment important dans l'alimentation humaine, en raison de sa richesse en plusieurs éléments nutritifs essentiels, notamment l'eau, les protéines, les lipides et les sels minéraux. La proportion de ces constituants varie selon plusieurs facteurs, tels que la souche, l'âge, le régime alimentaire et les conditions d'élevage.

Les principaux constituants de la viande de poulet sont la matière sèche, les protéines brutes, les cendres et les lipides. La matière sèche représente la partie restante de la viande après l'élimination de l'eau. Les protéines constituent des éléments nutritifs essentiels au développement et au renouvellement des tissus de l'organisme. Les cendres correspondent à la teneur en éléments minéraux de la viande, tandis que les lipides fournissent de l'énergie et influencent la saveur ainsi que les propriétés physiques du produit.

La viande de poulet contient également différents acides gras, dont les proportions varient selon le type de poulet, son alimentation et son mode d'élevage. Ainsi, l'étude de la composition chimique de la viande de poulet permet d'évaluer sa valeur nutritionnelle et de comparer ses caractéristiques selon son origine et les conditions de production.(Challioui et al., 2025)

1.3. Qualité sanitaire de la viande de poulet:

La qualité sanitaire de la viande de poulet est liée à sa salubrité et à l'absence de contamination microbiologique pouvant présenter un risque pour la santé du consommateur. La viande peut être contaminée au cours de l'abattage, de la plumaison, de la découpe et de la manipulation, notamment lorsque les règles d'hygiène ne sont pas respectées.

Les principaux microorganismes recherchés sont *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* et les entérobactéries, ainsi que la flore aérobie totale. Ainsi, la surveillance de la contamination microbienne, le respect des règles d'hygiène et la maîtrise des conditions d'abattage et de réfrigération sont essentiels pour préserver la sécurité de la viande de poulet et réduire les risques d'intoxication alimentaire.(Wyink et al., 2025)

1.4.Qualité commerciale de la viande de poulet:

La qualité commerciale de la viande de poulet repose principalement sur les caractéristiques recherchées par les distributeurs et les consommateurs. Elle concerne notamment le poids de l'animal après l'abattage, le rendement de la carcasse et son aspect général. Une carcasse commercialement acceptable doit présenter une apparence régulière et être dépourvue de défauts visibles tels que les égratignures, les lésions cutanées, les ecchymoses, les fractures ou les problèmes de pigmentation de la peau. Le poids d'abattage et le rendement de la carcasse peuvent varier selon la souche, le sexe, l'âge d'abattage et les conditions d'élevage. De plus, le rendement en viande de poitrine constitue un critère important pour les transformateurs, car cette partie possède une valeur économique élevée. Ainsi, les conditions d'alimentation, d'élevage, de transport et d'abattage peuvent influencer directement la qualité commerciale des carcasses de poulet .(Baéza et al., 2022)

1.5.Qualité nutritionnelle de la viande de poulet:

La viande de poulet constitue une source importante de protéines animales. Sa qualité nutritionnelle dépend principalement de sa composition en protéines, en lipides, en acides gras, en acides aminés et en éléments minéraux. Elle contient généralement une proportion intéressante de protéines, indispensables à la croissance et au renouvellement des tissus, ainsi qu'une quantité variable de matières grasses selon le type de poulet et le système d'élevage.

Les lipides présents dans la viande de poulet sont constitués d'acides gras saturés et insaturés. La proportion d'acides gras insaturés, notamment les acides gras essentiels, contribue à sa valeur nutritionnelle. La viande de poulet apporte également plusieurs minéraux, tels que le fer, le magnésium, le potassium, le phosphore, le zinc et le calcium, qui participent au bon fonctionnement de l'organisme.(Gálvez et al., 2020)

1.6Conservation de la viande de poulet:

La viande de poulet est un aliment facilement périssable en raison de sa forte teneur en eau et de son pH relativement élevé. Ces caractéristiques favorisent la multiplication des microorganismes ainsi que les réactions d'oxydation des lipides et des protéines, ce qui peut entraîner une détérioration progressive de sa qualité. Pour limiter ces changements et prolonger sa durée de conservation, différentes méthodes de préservation sont utilisées.

Dans l'étude de Yaghoubi et al. (2021), un enrobage à base de chitosane incorporant différentes concentrations d'huile essentielle d'*Artemisia fragrans* a été appliqué sur des filets de poulet frais. Les échantillons ont été conservés au réfrigérateur à 4 °C pendant 12 jours. Leur qualité a été suivie à travers plusieurs paramètres, notamment le pH, l'oxydation lipidique, la teneur en azote basique volatil total, la couleur, les caractéristiques sensorielles et la croissance microbienne. Les résultats ont montré que cet enrobage permettait de ralentir la multiplication des microorganismes et les réactions chimiques indésirables. Il contribuait ainsi à maintenir la qualité de la viande et à prolonger sa durée de conservation.(Yaghoubi et al., 2021).

2.Définition de la congélation

La congélation est l'une des principales méthodes de conservation des aliments. Elle consiste à abaisser la température du produit à des niveaux suffisamment bas pour ralentir les réactions physiques et biochimiques responsables de son altération. Ce procédé permet ainsi de préserver plus longtemps les qualités sensorielles et la valeur nutritionnelle des aliments par rapport à plusieurs autres techniques de conservation (George, 1993).

2.1.Les étapes du mécanisme de congélation:

Le mécanisme de congélation se déroule en quatre étapes principales

2.1.1. Stade de pré-refroidissement (Pré-refroidissement):

Au cours de cette étape, la température de l'eau diminue progressivement sous l'effet du transfert de chaleur vers le milieu froid, tout en restant à l'état liquide. L'eau peut même atteindre un état de surfusion, où sa température devient inférieure à 0 °C sans se solidifier (Hu et al., 2024).

2.1.2. Stade de nucléation ou de recalescence (Nucléation / Recalescence):

Cette phase débute par la formation des premiers noyaux de glace dans l'eau surfondue. Une partie de l'eau se transforme alors rapidement en glace, ce qui entraîne la libération de chaleur latente et provoque une remontée temporaire de la température vers le point de congélation (Hu et al., 2024).

2.1.3. Stade de solidification (Solidification):

Durant cette étape, la transformation de l'eau liquide en glace se poursuit progressivement. Les cristaux de glace se développent jusqu'à la congélation complète du produit, tandis que la chaleur latente de solidification continue d'être libérée (Hu et al., 2024).

2.1.4. Stade de refroidissement profond (Refroidissement profond):

Après la solidification totale, la température de la glace continue à diminuer progressivement jusqu'à atteindre celle du milieu environnant. Cette étape permet de stabiliser le produit congelé et de favoriser sa conservation pendant le stockage (Hu et al., 2024).

3.Effet de la congélation sur les propriétés physiques:

3.1.La couleur:

La couleur de la viande est l'une des principales caractéristiques physicochimiques utilisées par le consommateur pour évaluer la qualité et la fraîcheur de la viande. L'étude a montré que les opérations de congélation et de décongélation peuvent influencer les paramètres de couleur, notamment la luminosité (L^*), la rougeur (a^*) et la jaunisse (b^*). Toutefois, l'ampleur de ces changements varie selon la souche de poulet ainsi que la méthode de congélation et de décongélation utilisée. Les résultats ont également indiqué que certaines méthodes de congélation

rapide permettent de mieux préserver la couleur de la viande et de la maintenir plus proche de celle de la viande fraîche comparativement à la congélation lente. Ces modifications de couleur sont principalement liées à la dégradation et à l'oxydation de la myoglobine, ainsi qu'à la diminution de l'activité des enzymes impliquées dans le maintien de la stabilité de la couleur, ce qui entraîne des variations de la couleur de la viande au cours du stockage congelé. (Sujiwo et al., 2024).

3.2.Texture:

La congélation influence la texture de la viande par la formation de cristaux de glace à l'intérieur des tissus musculaires. Ces cristaux provoquent des dommages aux fibres musculaires et à la structure cellulaire. Lors de la décongélation, la perte d'eau augmente en raison de l'altération des cellules, ce qui affecte négativement la tendreté et la jutosité de la viande. De plus, la congélation et le stockage à l'état congelé entraînent des modifications des protéines musculaires, pouvant altérer les caractéristiques de texture et accroître la fermeté de la viande. Ces effets deviennent plus marqués lorsque les cycles de congélation-décongélation se répètent ou lorsque la durée de stockage congelé est prolongée (Zhu et al., 2025 ; Zhang et al., 2017).

3.3. Capacité de Rétention d'Eau::

La congélation provoque des modifications de la teneur en eau de la viande en raison de la formation de cristaux de glace à l'intérieur et entre les fibres musculaires. Ces cristaux endommagent la structure tissulaire, ce qui réduit la capacité de rétention d'eau. Lors de la décongélation, une partie de l'eau est libérée sous forme d'exsudat, entraînant une perte d'eau. Cette diminution affecte négativement la qualité de la viande, notamment sa jutosité et certaines de ses propriétés physiques. Ces effets deviennent plus importants lorsque la durée de stockage congelé est prolongée ou lorsque les cycles de congélation-décongélation sont répétés. (Rinwi et al., 2023).

4.Effet de la congélation sur les propriétés sensorielles:

4.1.Le goût:

La congélation et le stockage à l'état congelé peuvent affecter la saveur caractéristique de la viande en raison des modifications qui surviennent dans ses constituants au cours du stockage. Avec le temps, la viande peut perdre une partie de sa saveur naturelle et de sa jutosité à cause de la perte de liquide et de l'oxydation de certains composés responsables de l'arôme. La congélation peut également entraîner une diminution de la qualité gustative et une sensation de sécheresse après la décongélation, en particulier lorsque la durée de stockage est prolongée ou lorsque les cycles de congélation-décongélation sont répétés. L'intensité de ces effets dépend des conditions de congélation et de la méthode de décongélation utilisée (El-Barody et al., 2022).

4.2.L'odeur:

La congélation influence les propriétés sensorielles liées à l'odeur en raison des modifications qui affectent les composés aromatiques volatils durant le stockage à l'état congelé. Elle peut entraîner une diminution de la concentration de certains composés responsables de

l'arôme caractéristique, ce qui provoque une réduction de l'intensité des odeurs naturelles et une altération du profil aromatique du produit. De plus, l'oxydation et d'autres réactions chimiques peuvent modifier la composition de ces substances volatiles, affectant ainsi la qualité de l'odeur et sa perception sensorielle. Ces changements deviennent généralement plus importants lorsque la durée de stockage est prolongée ou lorsque les conditions de congélation sont inadaptées, ce qui peut réduire l'acceptabilité sensorielle du produit. **(Chen et al., 2025).**

4.3.Apparence:

Il a congélation influence l'apparence générale de la viande en raison des modifications qui surviennent dans sa structure interne lors de la formation des cristaux de glace. Ces cristaux peuvent endommager les cellules et les tissus musculaires, ce qui se répercute sur l'aspect extérieur de la viande après la décongélation. De plus, la perte de liquide au cours du stockage congelé ou après la décongélation peut altérer l'apparence naturelle du produit et réduire son attractivité pour le consommateur. Ces effets sont généralement plus marqués lors d'une congélation lente ou d'un stockage prolongé, tandis que la congélation rapide permet de mieux préserver l'apparence de la viande. **Cheng et al., 2017**

Partie expérimentale :

Matériel et méthodes

1.Détermination de la matière sèche:

1.1.Principe:

Cette méthode est basée sur l'élimination de l'eau présente dans l'échantillon en le séchant dans un four à une température spécifique jusqu'à l'obtention d'un poids constant, puis en calculant le pourcentage de matière sèche restante.(**AOAC 2016**)

1.2.Protocole:

La teneur en matière sèche des échantillons de viande a été déterminée par séchage à l'étuve. Les creusets ont été pesés, puis 3 g de viande de poulet local et 3 g de viande de poulet de chair ont été ajoutés. Les échantillons ont ensuite été placés dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures, jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Après séchage, les échantillons ont été refroidis dans un dessiccateur, puis pesés de nouveau afin de calculer leur teneur en matière sèche.

Matière sèche (%) = (Poids sec / Poids frais) × 100



Figure 6 : Creusets contenant les échantillons de viande lors du séchage(Photo réelle)

2.Détermination de la matière minérale:

2.1.Principe:

Le principe de la détermination de la matière minérale repose sur la calcination complète de l'échantillon sec dans un four à moufle à environ 550°C. Ce chauffage permet l'élimination totale de la matière organique (protéines, lipides et glucides). Le résidu obtenu après combustion correspond aux cendres, qui représentent la matière minérale de l'échantillon. **AOAC (2016).**

2.2.Protocole:Après la fin du séchage dans l'étuve, les échantillons sont laissés à refroidir dans le dessiccateur puis pesés afin d'obtenir le poids sec. Ensuite, les creusets contenant l'échantillon sont placés dans un four à moufle à 550°C pendant 3 heures, afin de réaliser la calcination visant à éliminer toute la matière organique et à la transformer en cendres. Après la combustion, les creusets sont retirés avec précaution et placés immédiatement dans le dessiccateur jusqu'à refroidissement complet, puis pesés une deuxième fois afin d'obtenir le poids des cendres, qui représente la quantité de matière minérale dans l'échantillon.

$$\text{Matière minérale (\%)} = (\text{Poids des cendres} / \text{Poids sec de l'échantillon}) \times 100$$



Figure07 :four à moufle (Photo réelle)

3. Détermination matière organique:

3.1.Principe: Le principe de la détermination de la matière organique repose sur son calcul indirect à partir de la différence entre la matière sèche et la matière minérale. La matière organique représente la fraction combustible de l'échantillon, qui disparaît lors de la calcination dans un four à haute température, tandis que les matières minérales restent sous forme de cendres. Ainsi, la quantité de matière organique correspond à la fraction perdue de l'échantillon entre l'état sec et après incinération.

Elle peut également être exprimée à partir de la matière minérale selon la relation suivante :

$$MO = 100 - MM$$

où MO représente la matière organique et MM la matière minérale exprimée en pourcentage de la matière sèche. AOAC (2016)

Matière organique (%) = 100 – Matière minérale (%)

4.Détermination matière grasse:

4.1.Principe du dosage des lipides:

Le dosage des lipides repose sur une extraction solide–liquide à l'aide d'un solvant organique apolaire (tel que l'éther de pétrole ou l'hexane) selon la méthode de Soxhlet. Les composés lipidiques présents dans l'échantillon sont solubilisés par le solvant, puis séparés de la matrice solide. Après évaporation du solvant, les lipides extraits sont récupérés et quantifiés par pesée. La teneur en matière grasse est ensuite exprimée en pourcentage par rapport à la masse initiale de l'échantillon. (AOAC International, 2005).

4.2.Protocole:

4.2.1.Préparation de l'échantillon:

Les échantillons de viande de poulet local et de poulet de chair ont d'abord été séchés dans une étuve afin d'éliminer toute trace d'humidité. Après séchage, les échantillons ont été broyés jusqu'à l'obtention d'une poudre fine afin d'augmenter la surface de contact avec le solvant. Une masse précise de 5 g de chaque échantillon a ensuite été pesée.

4.2.2. Mise en place de l'extraction:

Chaque échantillon a été placé dans une cartouche, puis introduit dans l'extracteur Soxhlet. Le ballon a été préalablement pesé puis rempli avec *250 mL d'hexane* comme solvant d'extraction. L'appareil a ensuite été assemblé avec un condenseur.

4.2.3. Principe de l'extraction:

4.1Princip:

Les lipides sont extraits par la méthode de **Soxhlet** à l'aide d'un solvant organique (hexane). Après évaporation du solvant, l'extrait lipidique est pesé et exprimé en pourcentage (AOAC International, 2005).

4.2.Protocole:

Les échantillons séchés et broyés (**5 g**) sont placés dans une cartouche Soxhlet avec **250 mL d'hexane**. L'extraction est réalisée pendant **4 heures**. Le solvant est ensuite évaporé au rotavapor et l'extrait lipidique est pesé (AOAC, 2016).

Formule

:

Lipides (%) = (Poids de l'extrait lipidique / Poids sec de l'échantillon) × 100

Le système a été chauffé à l'aide d'un bain chauffant. Le solvant s'est évaporé, est monté dans le condenseur, puis s'est liquéfié avant de retomber sur l'échantillon. Ce processus a permis un lavage continu de la matière solide. Le solvant chargé en composés extraits est retourné dans le ballon par

siphonnage automatique. L'extraction a été maintenue pendant 4 heures



Figure08: l'appareil d'extraction Soxhlet.(photo réelle)

4.2.4. Récupération de l'extrait:

À la fin de l'extraction, le système a été refroidi. Le solvant contenant les composés extraits a été récupéré puis évaporé à l'aide d'un rotavapor afin d'obtenir l'extrait sec. L'extrait obtenu a ensuite été pesé. AOAC (2016)

Matière grasse (Lipides) (%) = $(\text{Poids de l'extrait lipidique} / \text{Poids sec de l'échantillon}) \times 100$



Figure09: Rotavapor(photo réelle)

5.Determination du pH:

5.1.Principe:

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'un échantillon. Il est déterminé à l'aide d'un pH-mètre équipé d'une électrode qui mesure la concentration des ions hydrogène (H^+) présents dans l'échantillon(AOAC 2016)

5.2.Protocole:

Le pH des échantillons de viande a été déterminé selon la méthode de référence standardisée pour les produits carnés. Une prise d'essai de 10 grammes de viande fraîche broyée a été introduite dans 100 millilitres d'eau distillée. La suspension obtenue a été homogénéisée de façon rigoureuse à l'aide d'un appareil de type UltraTurrax. Après stabilisation de la solution, la mesure de l'acidité a été effectuée par lecture directe sur l'écran d'un pH-mètre électronique préalablement étalonné. (Nollet & Toldrá, 2010)avec modification



Figure 10: pH mètre

6.Détermination de la teneur en protéines:

6.1.Principe de la méthode de Lowry:

La méthode de Lowry est basée sur la réaction des protéines avec le réactif de Folin-Ciocalteu après la formation d'un complexe entre les ions cuivre en milieu alcalin et les liaisons peptidiques des protéines. Cette réaction produit une coloration bleue dont l'intensité, mesurée au spectrophotomètre généralement à 750 nm, est proportionnelle à la concentration en protéines dans l'échantillon. (Lowry et al., 1951)

6.2.Protocole:

Préparation des solutions (Réactifs) :

Solution A :dissoudre 2 g de carbonate de sodium (Na_2CO_3)* dans *100 mL de NaOH 0,1 M.

Solution B : dissoudre 1 g de sulfate de cuivre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) dans 100 mL d'eau distillée.

Solution C : dissoudre 2 g de tartrate de sodium et de potassium* dans *100 mL d'eau distillée.

Réactif D :préparer en mélangeant 0,5 mL de la solution B, 0,5 mL de la solution C et 50 mL de la solution A.

Solution E : le réactif de Folin-Ciocalteu est dilué avant utilisation selon les recommandations du fabricant.

6.2.1.Préparation des échantillons :

Des échantillons de *viande de poulet local et de viande de poulet de chair* ont été utilisés. 1 g de chaque échantillon a été pesé puis broyé avec 9 mL d'eau physiologique stérile afin d'obtenir un homogénat.

6.2.2.Dosage des protéines :

Une gamme étalon a été préparée à l'aide de BSA (albumine sérique bovine)à < une concentration de 100 µg/mL. Pour chaque tube, 5 mL du réactif D ont été ajoutés puis le mélange a été incubé pendant 10 minutes à température ambiante. Ensuite, 0,5 mLdu réactif de Folin-Ciocalteu ont été ajoutés et le mélange a été incubé pendant 30 minutes à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 750 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc.

La teneur en protéines des échantillons a été calculée par comparaison de leurs valeurs d'absorbance avec la courbe étalon établie à partir des concentrations connues de BSA.



Figure11: . Spectrophotomètre.(Photos réel).

7.Détermination de la perte de poids après décongélation:

7.1.Principe :La perte lors de la décongélation correspond à la diminution du poids de la viande après son passage de l'état congelé à l'état décongelé. Elle permet d'estimer la quantité d'eau et de jus libérée par la viande au cours de la décongélation. Pour la déterminer, l'échantillon est pesé à l'état congelé, puis après décongélation. La différence entre les deux poids est exprimée en pourcentage du poids initial de l'échantillon congelé (Wang et al., 2026).

Perte lors de la décongélation (%) = $[(\text{Poids après congélation} - \text{Poids après décongélation}) / \text{Poids après congélation}] \times 100$

7.2.Protocole:

Les échantillons de viande de poulet ont été pesés à l'état congelé afin d'obtenir le poids initial (P1). Ensuite, les échantillons ont été laissés à décongeler complètement. Après décongélation, le liquide présent à la surface des échantillons a été délicatement absorbé à l'aide d'un papier absorbant, puis chaque échantillon a été pesé afin d'obtenir le poids après décongélation (P2).

La perte lors de la décongélation a été calculée selon la formule suivante :

Perte lors de la décongélation (%) = $[(P1 - P2) / P1] \times 100$

Où :

P1 : poids de l'échantillon à l'état congelé (g).

P2 : poids de l'échantillon après décongélation et absorption du liquide de surface (g).



Figure12 : Viande de poulet avant décongélation (photo réelle).

Résultats et discussion

1- Effet des additifs sur le poids du cou et les ailes droites et gauche

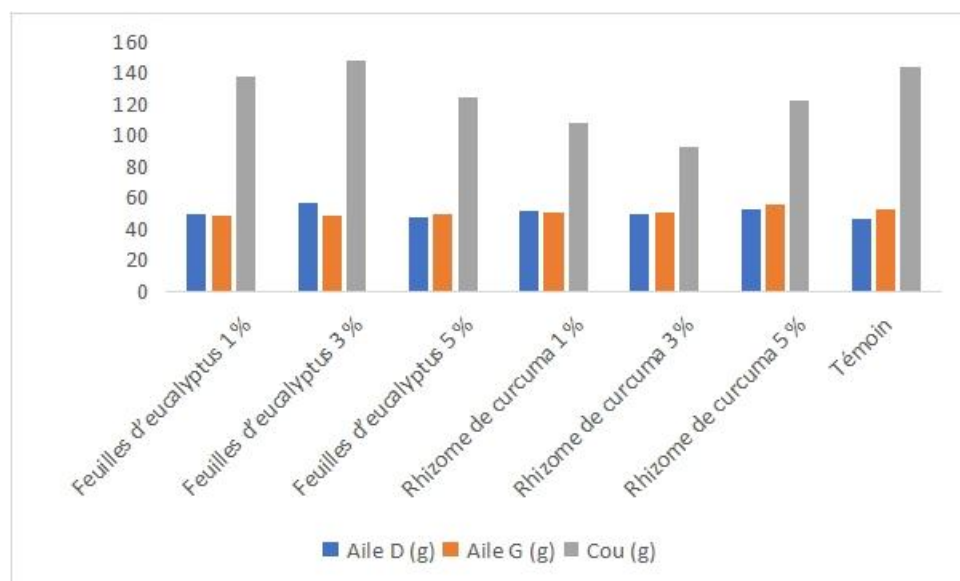


Figure 13 . Effet des additifs sur le poids du cou et les ailes D et G en (g)

Poids de l'aile Droite : L'analyse de la variance (ANOVA) montre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les différents traitements . L'ensemble des lots, qu'il s'agisse des différentes concentrations de feuilles d'eucalyptus, de rhizome de curcuma ou du lot témoin, ce qui indique que l'incorporation de ces additifs n'a pas modifié le poids de ce segment anatomique.

Poids de l'aile Gauche : Contrairement à l'aile 1, l'ANOVA met en évidence une différence statistiquement significative entre les groupes, avec. Tous les lots supplémentés (eucalyptus et curcuma) ainsi que le lot témoin , traduisant une homogénéité de réponse pour ce paramètre sous l'effet des traitements.

Poids du cou : Les résultats de l'ANOVA indiquent l'absence de différence significative entre les lots. Le poids du cou demeure stable et homogène à travers l'ensemble des régimes alimentaires testés.

La comparaison de nos résultats avec ceux rapportés par Akuru et al. (2021) concernant l'incorporation de sous-produits riches en composés bioactifs (poudre d'écorce de grenade) dans l'alimentation des poulets met en évidence des variations spécifiques sur les rendements des découpes commerciales. Dans l'étude de référence italienne menée sur des poulets de chair industriels, l'utilisation de la poudre d'écorce de grenade modifie de manière significative certains poids de portions selon les taux d'incorporation.

En ce qui concerne l'aile droite, nos travaux menés avec l'incorporation de feuilles d'eucalyptus et de rhizome de curcuma ne révèlent aucune différence statistique significative entre les lots , avec

des valeurs oscillant de 47,2 g à 56,2 g pour l'eucalyptus et de 49,0 g à 52,8 g pour le curcuma, comparativement au lot témoin (46,4 g). De même, pour le cou, nos données montrent une absence d'effet significatif des traitements testés, les moyennes se maintenant entre 92,5 g et 147,8 g (contre 144,4 g pour le témoin), ce qui témoigne d'une stabilité du développement squelettique et musculaire de cette section anatomique malgré la nature des phytobiotiques administrés.

En revanche, s'agissant de l'aile gauche, nos résultats enregistrent une variation statistiquement significative avec des poids variant de 48,4 g à 49,2 g pour les taux d'eucalyptus et atteignant 55,8 g pour le curcuma à 5 %, comparativement au lot témoin (52,2 g). Cette divergence entre l'aile droite et l'aile gauche, ainsi qu'avec les observations d'Akuru et al. (2021), Cette différence entre l'aile droite et l'aile gauche s'explique principalement par l'effet des principes actifs des additifs et par de légères variations anatomiques naturelles chez le poulet local.

2- Effet des additifs sur le poids des organes et des tissus adipeux

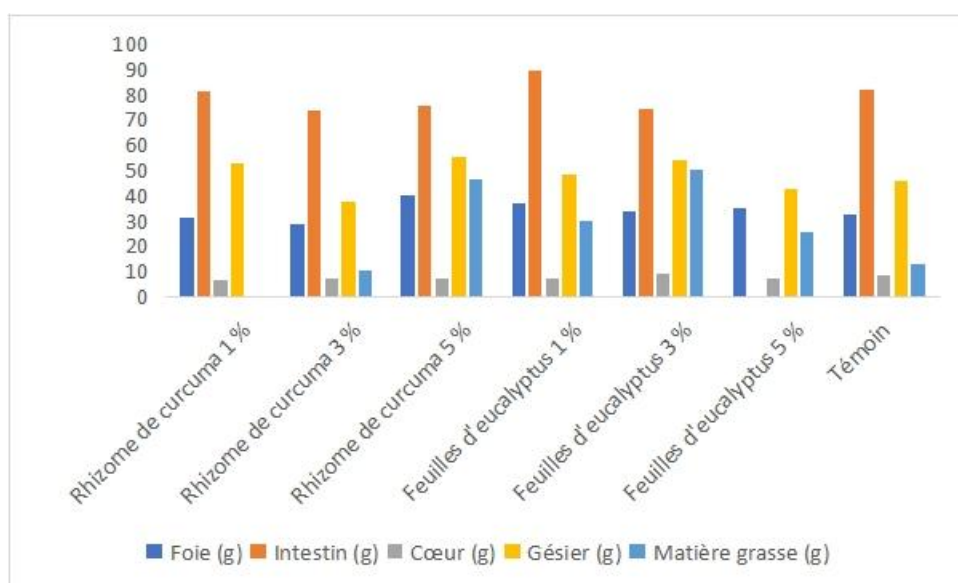


Figure 14. Effet des additifs sur le poids des organes et des tissus adipeux chez les poulets fermiers.

L'analyse de la variance (ANOVA) de nos résultats montrent des profils variables selon les organes et paramètres étudiés lors de l'administration de phytobiotiques (feuilles d'eucalyptus et rhizome de curcuma)

Poids du foie : L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les différents traitements. L'ensemble des lots, qu'il s'agisse des différentes concentrations de rhizome de curcuma, de feuilles d'eucalyptus ou du lot témoin, appartient à un

groupe homogène unique , ce qui indique que l'incorporation de ces additifs n'a pas altéré le poids du foie.

Poids de l'intestin : De même, l'ANOVA ne révèle aucun effet significatif des traitements sur le poids de l'intestin. Tous les résultats traduisant une stabilité de ce paramètre viscéral face aux régimes testés.

Poids du cœur : Les résultats de l'ANOVA indiquent l'absence de différence significative entre les lots . Le poids du cœur demeure homogène à travers l'ensemble des traitements.

Poids du gésier : Contrairement aux organes précédents, l'analyse de la variance met en évidence une différence statistiquement significative traduisant une variation modérée mais avérée du poids du gésier selon les régimes.

Matière grasse : L'ANOVA montre un effet hautement significatif des traitements sur le dépôt de matière grasse, montrant que les différentes natures et concentrations de plantes modifient de façon marquée ce paramètre par rapport au lot témoin .

La comparaison de nos résultats concernant les poids des organes et des tissus adipeux chez le poulet local avec ceux rapportés par Ayoob et al. (2023) chez le poulet de chair nourri à l'Eucalyptus globulus met en évidence des convergences et quelques spécificités liées à la souche et à la méthodologie. Il convient de souligner que nos résultats expriment les poids en valeurs absolues (en grammes), tandis qu'Ayoob et al. (2023) expriment les poids relatifs en pourcentage du poids vif (g/100 g).

Concernant le poids du cœur, nos données montrent aucune différence statistiquement significative entre les différents traitements à l'eucalyptus et au curcuma. Cette ressemblance est totale avec les conclusions d'Ayoob et al. (2023), qui rapportent également l'absence d'effet significatif des régimes à l'eucalyptus sur le poids relatif du cœur, lequel oscille de manière stable entre 2,10 et 2,17 g/100 g de poids vif. Cela démontre l'innocuité cardiovasculaire des feuilles d'eucalyptus, quelle que soit la souche aviaire.

En revanche, pour le foie, nos données montrent des poids absolus variant sans effet significatif des traitements , alors qu'Ayoob et al. (2023) observent une augmentation significative du poids relatif hépatique avec l'incorporation croissante d'eucalyptus chez les poulets de chair industriels. Cette différence met en lumière une tolérance métabolique propre aux poulets de souche locale comparativement aux souches à croissance rapide.

Enfin, pour les autres composantes viscérales mesurées dans notre étude, les poids de l'intestin se maintiennent de façon homogène sans variation significative, tandis que le gésier présente des modifications significatives traduisant l'adaptation de l'appareil digestif du poulet local aux poudres végétales. De plus, les taux de tissu adipeux (matière grasse) affichent une modulation hautement significative selon les régimes, illustrant l'impact métabolique de ces phytobiotiques sur les réserves lipidiques.

La comparaison de nos résultats avec ceux de Johannah et al. (2018) sur l'effet du curcuma montre des différences liées à la forme de l'additif (extrait ou poudre brute) et à la souche des poulets. Dans l'étude de référence sur des poulets de chair industriels avec un extrait de curcuma (TurmaFEED™), le poids du foie augmente significativement de 68,8 g à 74,6 g ($p < 0,05$). À l'inverse, notre travail sur des poulets locaux avec de la poudre de rhizome de curcuma ne montre aucun changement significatif du poids du foie, avec des valeurs de 28,8 g (3 %) et 40,2 g (5 %) face à 32,8 g pour le témoin. Cette stabilité montre que la poudre brute à ces doses ne provoque pas de surcharge ni d'hypertrophie du foie chez le poulet local.

Concernant le cœur, l'étude de 2018 indique une hausse significative de 11,5 g à 14,0 g. Nos résultats affichent plutôt une stabilité sans effet significatif, avec des poids entre 6,4 g et 7,4 g (contre 8,6 g pour le témoin), ce qui confirme l'absence d'effet indésirable sur le cœur. Pour le gésier, l'étude de 2018 observe une augmentation de 28,5 g à 34,1 g. De la même façon, nos résultats montrent une différence significative, ce qui traduit une adaptation et un effort mécanique du gésier face à la texture fibreuse de la poudre végétale brute. Enfin, pour l'intestin, l'étude de référence note des poids importants entre 138,1 g et 144,2 g, tandis que nos données ne montrent aucun effet significatif, les poids restant stables, ce qui prouve que l'intestin garde une bonne stabilité malgré l'ajout de rhizome de curcuma.

Foie, intestin et cœur : Nos données n'indiquent aucune différence statistiquement significative. Les poids du foie oscillent ainsi entre 28,8 g (curcuma 3%) et 40,2 g (curcuma 5%) comparativement au lot témoin (32,8 g), tandis que l'intestin se maintient entre 73,5 g et 89,6 g (témoin à 82,0 g) et le cœur entre 6,4 g et 9,2 g (témoin à 8,6 g). Ces observations rejoignent les conclusions rapportées par Gosai et al. (2023), qui n'ont également observé aucun effet significatif (NS) de l'incorporation de sous-produits végétaux riches en composés bioactifs sur les pourcentages de poids relatifs du foie (variant d'environ 1,94% à 2,11%) et du cœur (variant de 0,38% à 0,49%) par rapport au poids vif. Cette stabilité pondérale viscérale témoigne de l'absence d'effet hépatotoxique ou métabolique indésirable des doses testées de phytobiotiques.

Gésier et matière grasse : En revanche, nos résultats mettent en évidence une variation hautement significative pour la matière grasse ($p < 0,001$) et significative pour le gésier ($p = 0,007$). Le poids du gésier varie de 37,5 g (curcuma 3%) à 55,4 g (curcuma 5%), contre 45,6 g pour le lot témoin. Concernant la matière grasse, les teneurs enregistrées montrent des fluctuations marquées selon les traitements (allant de 10,2 g à 50,5 g, contre 12,8 g pour le témoin). Cette divergence avec l'étude de Gosai et al. (2023) où les paramètres de carcasse et les proportions mesurées restaient non significatifs peut s'expliquer par la nature spécifique des principes actifs utilisés (curcuminoïdes et huiles essentielles d'eucalyptus versus tanins et polyphénols du zeste de grenade), ainsi que par les particularités physiologiques de la souche locale étudiée, dont le métabolisme lipidique réagit de manière plus prononcée aux extraits végétaux comparé aux souches industrielles standardisées.

3- Effet des additifs sur le poids des muscles de la cuisse (droite et gauche) et du muscle pectoral.

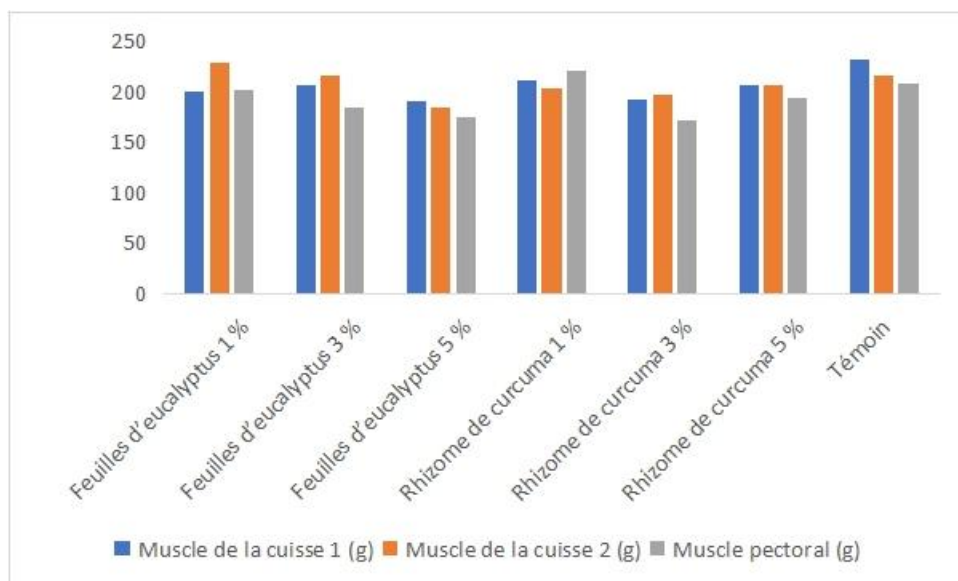


Figure15. Effet des additifs sur le poids des muscles de la cuisse (D,G) et du muscle pectoral en gramme .

L'analyse de la variance (ANOVA) réalisée sur les différents paramètres musculaires ne montre aucune différence statistiquement significative entre les lots supplémentés (feuilles d'eucalyptus et rhizome de curcuma) ainsi le groupe témoin.

Muscle de la cuisse D : Aucune variation significative n'est enregistrée .

Muscle de la cuisse G : De même, l'analyse indique une absence d'effet significatif des traitements .

Muscle pectoral : Aucun impact significatif des taux d'incorporation n'est mis en évidence.

En conclusion l'incorporation de poudre de feuilles d'eucalyptus ou de rhizome de curcuma, aux différents taux testés , ne perturbe ni n'améliore de manière significative le développement pondéral des principaux muscles des cuisses et des filets chez les poulets locaux par rapport au régime témoin. Les variations constatées relèvent de la variabilité biologique naturelle au sein des lots.

4-Effet de la congélation sur le pH

L'analyse de la variance (ANOVA) met en évidence des variations hautement significatives des valeurs du pH entre les différents traitements administrés aux poulets de chair et aux poulet fermier.

1-Effet des Additifs Phytogéniques et congélation sur la poulet Fermier.

Témoin : Le groupe témoin affiche une valeur de pH conforme à la fourchette classique de la viande de volaille post-mortem. Cela traduit un déroulement normal de la glycolyse post-mortem ainsi qu'une bonne préservation des réserves glycogéniques musculaires avant l'abattage.

Rhizome de curcuma : On note une élévation prononcée du pH. Cette augmentation vers des valeurs plus alcalines suggère une réduction de la production d'acide lactique post-mortem, potentiellement liée à une modification des réserves énergétiques musculaires ou à l'influence antioxydante sur la conservation et la stabilité du tissu musculaire.

Feuilles d'eucalyptus : Les valeurs de pH augmentent de manière stable et homogène. L'incorporation d'eucalyptus influence le métabolisme post-mortem en maintenant un pH légèrement plus élevé, ce qui peut contribuer à limiter l'exsudation d'eau lors de la décongélation grâce à l'action stabilisante des polyphénols de la plante sur les protéines.

Écorce de grenade : Le groupe recevant 3 % d'écorce de grenade se rapproche le plus du lot témoin en termes de pH, illustrant une grande stabilité de cette mesure. De leur côté, les inclusions à 1 % et 5 % occasionnent une variabilité plus importante. Cette différence est attribuable aux tanins abondants dans l'écorce de grenade, ces polyphénols interagissant avec la structure protéique musculaire pour impacter le point isoélectrique ainsi que la capacité de rétention d'eau.

2-Discussion Comparative : Poule Fermière vs Poulet de Chair

Témoins : Le poulet de chair présente un pH témoin de 6,02, légèrement supérieur à celui de la poule fermière (5,71). Cette différence s'enracine dans les divergences intrinsèques entre les deux types génétiques, notamment la nature des fibres musculaires, le métabolisme énergétique et le niveau d'activité physique.

Curcuma : Si les deux types de volailles réagissent par une élévation du pH aux doses élevées, le poulet de chair atteint des valeurs maximales plus prononcées, grimpant jusqu'à 6,80 à 5%. Cela démontre une sensibilité métabolique particulière du muscle du poulet de chair face aux principes actifs du curcuma.

Eucalyptus : Les variations demeurent homogènes chez la poule fermière, tandis que le poulet de chair stabilise son pH dans une fourchette étroite comprise entre 6,14 et 6,28 sous l'effet des doses croissantes d'eucalyptus.

3- Impact Global de la Congélation sur le pH

L'ensemble des résultats met en évidence des valeurs de pH globalement supérieures à 6,0 dans plusieurs lots pour les deux types de volailles. D'un point de vue physico-chimique, ces élévations de pH après la congélation/décongélation traduisent une modification de la structure des protéines myofibrillaires et une incidence sur la capacité de rétention d'eau.

Les extraits végétaux, riches en polyphénols, ont joué un rôle de modulation en protégeant les lipides de la viande congelée tout en agissant sur le bilan ionique et le point isoélectrique des protéines musculaires, ce qui explique le décalage des valeurs de pH par rapport à l'état frais.

Résultats du pH du Poulet de Chair (Après Congélation)

Témoin : Le groupe témoin présente un pH post-congélation se situant légèrement au-dessus des standards habituels de la viande fraîche. Cela traduit les modifications physico-chimiques classiques induites par les processus de congélation et de décongélation sur la structure des protéines musculaires et l'équilibre ionique.

Rhizome de Curcuma (1%, 3% et 5%) :

À la dose de 1 %, le pH se rapproche favorablement de celui du lot témoin, indiquant une bonne stabilité de la glycolyse post-mortem. En revanche, aux doses de 3 % et 5 %, on observe une augmentation nette et progressive du pH vers des valeurs plus alcalines. Cette hausse prononcée aux fortes concentrations témoigne d'une influence marquée des composés bioactifs sur le métabolisme énergétique et la structure protéique du muscle de poulet de chair

Feuilles d'Eucalyptus (1%, 3% et 5%) : Les résultats montrent une diminution progressive et régulière du pH à mesure que la dose d'incorporation augmente. Cette baisse graduelle, ramenant le pH vers des valeurs plus proches de celles du lot témoin, indique une excellente modulation de l'acidification post-mortem par l'eucalyptus, permettant de stabiliser efficacement le pH des viandes congelées.

Écorce de Grenade (1% et 5%) :

Le lot complémenté à 1 % d'écorce de grenade présente un pH plus élevé, tandis qu'à la dose de 5 %, le pH diminue légèrement, traduisant une évolution vers des valeurs progressivement plus modérées selon le taux d'incorporation.

Discussion Comparative : Le lot témoin du poulet de chair présente un pH légèrement plus élevé que celui du poulet fermier. Cette différence s'explique par la nature musculaire, l'activité physique et le métabolisme énergétique propres au poulet fermier, qui se caractérise par une musculature plus développée, un niveau de stress moindre et un profil métabolique distinct.

. Réponse aux additifs phytogéniques :

L'analyse du pH de la viande après congélation révèle des variations notables selon les traitements phytogéniques appliqués (curcuma, eucalyptus, écorce de grenade) et le type de volaille (fermier vs chair).

Pour le curcuma, les deux types de poulets présentent une augmentation du pH à mesure que les doses s'élèvent, bien que le poulet de chair atteigne des niveaux nettement plus marqués à la concentration maximale. Concernant le lot d'eucalyptus, les variations s'avèrent plus homogènes chez le poulet fermier, tandis que le poulet de chair se stabilise, illustrant une meilleure modulation de l'acidification post-mortem sous l'effet des doses croissantes d'eucalyptus.

S'agissant de l'impact de la congélation, l'élévation du pH observée dans plusieurs lots pour les deux types de volailles indique une altération potentielle de la capacité de rétention d'eau. Si les

extraits végétaux riches en polyphénols ont joué un rôle antioxydant protecteur vis-à-vis des lipides de la viande congelée, ils ont également modulé la charge ionique et le point isoélectrique des protéines musculaires, entraînant ainsi une hausse du pH ultime

Ces fluctuations observées dans nos lots traités se comparent aux variations de cinétique du pH post-mortem rapportées par Kaiser et al. (2022), qui soulignent que les altérations du métabolisme énergétique et les conditions de transformation influencent directement les valeurs de pH ultime des carcasses de volailles. En effet, l'introduction d'extraits végétaux riches en composés bioactifs et le stockage par congélation/décongélation modifient la capacité de rétention d'eau et les équilibres ioniques musculaires, expliquant les écarts constatés par rapport aux lots témoins. Ces résultats confirmant l'impact significatif des additifs phytogéniques sur la qualité technologique de la viande rejoignent les observations de la littérature récente sur la nécessité de maîtriser les paramètres physico-chimiques post-mortem.

5-Effet de la congélation sur la Matière Sèche (MS %)

Matière Sèche (MS %) de viande congelé de poulet fermier.

L'analyse statistique globale met en évidence une différence hautement significative entre les traitements ($p < 0,001$), ce qui démontre que l'incorporation d'additifs phytogéniques dans l'alimentation modifie de manière prononcée la composition physico-chimique et la rétention d'eau de la viande de poulet fermier après la congélation/décongélation.

1. Groupe Témoin (T)

Le groupe témoin affiche un taux de matière sèche de $26,00 \pm 1,00$ %. Cette valeur sert de référence de base pour évaluer l'impact des stress hydriques et thermiques liés à la formation de cristaux de glace lors de la congélation.

2. Effet du Rhizome de Curcuma (1% et 5%)

À la dose de 1 %, on observe une baisse marquée de la matière sèche. Cette diminution suggère une plus forte rétention d'eau libre dans les tissus musculaires ou une modification du réseau protéique facilitant la liaison de l'eau. À la dose de 5 %, la teneur en matière sèche augmente de nouveau pour se rapprocher de celle du lot témoin, ce qui indique un effet de seuil où les composés bioactifs du curcuma stabilisent le profil biochimique de la fibre musculaire du poulet fermier.

3. Effet des Feuilles d'Eucalyptus (1%, 3% et 5%)

Les lots de poulets fermiers supplémentés en eucalyptus présentent une évolution progressive et dose-dépendante de la matière sèche. Cette augmentation régulière du taux de matière sèche à mesure que la dose s'élève traduit l'action protectrice des polyphénols de l'eucalyptus sur les protéines. En limitant la dénaturation protéique causée par la congélation, l'eucalyptus aide à préserver la structure intime du muscle et à moduler l'exsudation d'eau.

4. Effet de l'Écorce de Grenade (1%, 3% et 5%)

Le lot à 1 % d'écorce de grenade enregistre la valeur la plus élevée de matière sèche, bien qu'accompagnée d'une plus forte variabilité individuelle. Les doses de 3 % et 5 % se stabilisent quant à elles légèrement en dessous du lot témoin. Cette variation s'explique par la forte concentration en tanins de la grenade, qui interagissent fortement avec les protéines musculaires et modifient leur point isoélectrique. Cette interaction influence directement la capacité de rétention d'eau (CRE) et, par conséquent, le pourcentage de matière sèche résiduelle après la décongélation chez le poulet fermier.

Matière Sèche (MS %) de viande congelé chez le poulet de chair.

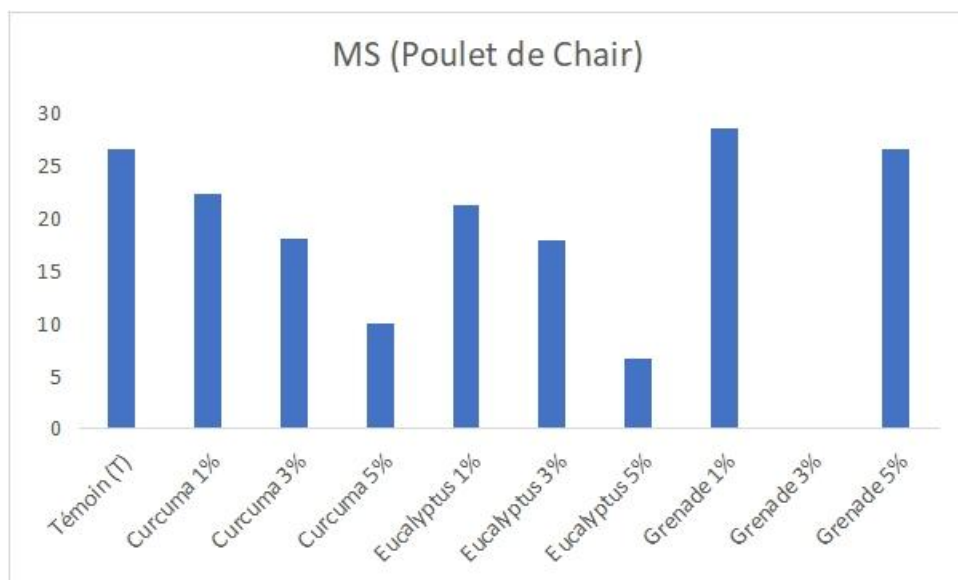


Figure 16: Effet des différents traitements sur la matière sèche (MS %) de la viande de poulet chair

1- Groupe Témoin (T)

Le groupe témoin fournit la valeur de référence de base de la matière sèche pour évaluer l'impact des stress hydriques et thermiques induits par la formation des cristaux de glace lors des processus de congélation et de décongélation chez le poulet de chair.

2- Effet du Rhizome de Curcuma (1%, 3% et 5%)

On observe une diminution progressive et marquée de la matière sèche à mesure que la concentration augmente.

Cette forte baisse de la matière sèche aux doses élevées traduit une modification profonde du réseau protéique myofibrillaire et une augmentation importante de l'eau libre ou liée dans les tissus

musculaires, modifiant significativement la Capacité de Rétention d'Eau (CRE) après la décongélation.

3-Effet des Feuilles d'Eucalyptus (1%, 3% et 5%)

L'incorporation des feuilles d'eucalyptus entraîne également une baisse dose-dépendante prononcée.

Cette forte baisse aux concentrations élevées indique que les principes actifs de l'eucalyptus, combinés au stress de la congélation, affectent fortement la structure des protéines musculaires du poulet de chair, entraînant une modification de l'exsudation et de la rétention hydrique.

4-Effet de l'Écorce de Grenade (1% et 5%)

À la dose de 1 %, la matière sèche augmente légèrement pour se situer au-dessus du groupe témoin, tandis qu'à la dose de 5 %, la valeur se stabilise pour rejoindre exactement le niveau de la référence. Contrairement au curcuma et à l'eucalyptus, l'écorce de grenade permet de maintenir un taux de matière sèche stable et proche du témoin. Cela s'explique par l'action des tanins, qui interagissent avec les protéines pour préserver l'équilibre hydrique et limiter les variations excessives de la matière sèche après la congélation.

1-Groupe Témoin (T)

Le groupe témoin fournit la valeur de référence de base de la matière sèche pour évaluer l'impact des stress hydriques et thermiques induits par la formation des cristaux de glace lors des processus de congélation et de décongélation chez le poulet de chair.

2- Effet du Rhizome de Curcuma (1%, 3% et 5%)

On observe une diminution progressive et marquée de la matière sèche à mesure que la concentration augmente, enregistrant une baisse particulièrement prononcée à la dose maximale. Cette forte chute de la matière sèche aux doses élevées traduit une modification profonde du réseau protéique myofibrillaire et une augmentation importante de l'eau libre ou liée dans les tissus musculaires, modifiant significativement la capacité de rétention d'eau (CRE) après la décongélation.

3-Effet des Feuilles d'Eucalyptus (1%, 3% et 5%)

L'incorporation des feuilles d'eucalyptus entraîne également une baisse dose-dépendante prononcée.

Cette forte baisse aux concentrations élevées indique que les principes actifs de l'eucalyptus, combinés au stress de la congélation, affectent fortement la structure des protéines musculaires du poulet de chair, entraînant une modification de l'exsudation et de la rétention hydrique.

4-Effet de l'Écorce de Grenade (1% et 5%)

À la dose de 1 %, la matière sèche augmente légèrement pour se situer au-dessus du groupe témoin, tandis qu'à la dose de 5 %, la valeur se stabilise pour rejoindre exactement le niveau de la

référence. Contrairement au curcuma et à l'eucalyptus, l'écorce de grenade permet de maintenir un taux de matière sèche stable et proche de la référence. Cela s'explique par l'action des tanins, qui interagissent avec les protéines pour préserver l'équilibre hydrique et limiter les variations excessives de la matière sèche après la congélation.

Discussion Comparative : Poulet Fermier vs Poulet de Chair (Teneur en Matière Sèche après Congélation)

1-Témoins

Le groupe témoin du poulet fermier affiche un taux de matière sèche très proche de celui du poulet de chair. Cette similarité initiale montre que, dans des conditions d'alimentation standard, la structure musculaire de base des deux types de volailles réagit de manière comparable face aux premiers stress hydriques et thermiques de la congélation.

2-Effet du Rhizome de Curcuma

Chez le poulet fermier, l'incorporation de curcuma entraîne une baisse initiale à la faible dose, suivie d'une remontée stable à la forte concentration pour rejoindre un niveau proche du témoin. En revanche, chez le poulet de chair, l'augmentation de la dose provoque une diminution progressive, constante et prononcée de la matière sèche jusqu'à atteindre son niveau le plus bas à la dose maximale. Le muscle du poulet de chair montre une sensibilité beaucoup plus forte aux composés bioactifs du curcuma combinés au stress thermique, entraînant une modification profonde du réseau protéique myofibrillaire et une rétention accrue d'eau libre par rapport au poulet fermier.

3-Effet des Feuilles d'Eucalyptus

Chez le poulet fermier, l'eucalyptus induit une augmentation dose-dépendante de la matière sèche, ce qui traduit une action protectrice des polyphénols préservant la structure du muscle. À l'inverse, chez le poulet de chair, l'eucalyptus provoque une chute marquée et inverse de ce paramètre, atteignant un taux particulièrement bas à la dose maximale. Cette divergence met en évidence une différence métabolique majeure liée au type génétique : les fibres musculaires du poulet de chair, plus riches en eau et plus sensibles, subissent une altération de l'exsudation et de la rétention hydrique sous l'effet cumulé de l'eucalyptus et de la congélation.

4-Effet de l'Écorce de Grenade

Les deux types de volailles démontrent une relative stabilité de la matière sèche sous l'effet de l'écorce de grenade, les taux mesurés demeurant dans des plages resserrées tant chez le poulet fermier que chez le poulet de chair. L'action de l'écorce de grenade joue un rôle protecteur similaire chez les deux souches en interagissant avec les protéines pour limiter les variations excessives de l'équilibre hydrique après la décongélation, offrant ainsi un profil de conservation nettement plus homogène que celui observé avec le curcuma ou l'eucalyptus.

Selon les travaux de Odunsi et al. (2017), les taux de matière sèche de la viande de poulet supplémentés en poudre de rhizome de curcuma se situent globalement entre 36,6 % et 39,1 %. Nos résultats obtenus chez le poulet fermier après congélation révèlent des valeurs qui s'avèrent nettement inférieures aux données de la littérature. Cette diminution globale s'explique principalement par l'impact du processus de congélation-décongélation, qui altère la Capacité de Rétention d'Eau (CRE) des tissus musculaires. Cependant, contrairement à l'étude d'Odunsi et al. (2017) où l'incorporation de curcuma induit des variations modérées avec des pics de matière sèche, nos résultats chez le poulet fermier montrent une stabilisation progressive aux doses élevées à 5%, se rapprochant ainsi du groupe témoin.

En revanche, l'analyse des résultats chez le poulet de chair met en évidence une tendance divergente et plus marquée par rapport aux observations d'Odunsi et al. (2017). Alors que les références bibliographiques affichent des taux de matière sèche élevés et stables, nos échantillons de poulet de chair subissent une baisse progressive et prononcée de la matière sèche. Cette différence majeure indique que sous l'effet combiné du curcuma et du stress thermique de la congélation, les fibres musculaires du poulet de chair subissent une altération profonde de leur réseau protéique myofibrillaire, entraînant une exsudation accrue et une diminution importante de la matière sèche résiduelle par rapport aux données rapportées par Odunsi et al. (2017).

05 de rétention d'eau (CRE).

L'analyse statistique de la capacité de rétention d'eau, évaluée à travers les taux de perte à la décongélation, met en évidence des variations hautement significatives entre les différents lots chez le poulet fermier. Le lot témoin présente un taux de perte à la décongélation de 3,00 %.

Concernant l'incorporation de poudre de rhizome de curcuma, les taux restent stables à 3,00 % aussi bien à 1 % qu'à 5 %, s'équilibrant parfaitement avec le groupe témoin. Pour les feuilles d'eucalyptus, les taux de perte s'établissent à 1 %) et à 3 %, traduisant une diminution des pertes et une meilleure rétention hydrique, tandis qu'à la dose de 5 %.

L'étude de la capacité de rétention d'eau (exprimée par le taux de perte à la décongélation) de notre poulet fermier révèle une grande variabilité de l'exsudation selon les traitements appliqués, s'étendant de pertes très réduites à des niveaux nettement plus prononcés.

phytogéniques appliqués. Si l'on compare ces résultats aux travaux de Kaiser et al. (2022), qui mesurent le pourcentage global de WHC (Water Holding Capacity) sur des poitrines de poulet normales (67,19 %) et PSE (64,45 %), nos chiffres de pertes par exsudat apparaissent globalement inférieurs en termes de pourcentage brut de perte, ce qui s'explique par la nature de la mesure (quantification directe de l'exsudat de décongélation dans notre essai versus la capacité totale de rétention mesurée par la méthode analytique de référence). Néanmoins, l'étude de Kaiser et al. (2022) met en évidence l'altération de la qualité de la viande sous l'effet de variations métaboliques, un phénomène similaire à ce que nous observons chez notre poulet fermier où une forte concentration d'eucalyptus (5 %) induit une augmentation marquée de la perte à la

décongélation, traduisant une baisse de la stabilité des structures musculaires par rapport au groupe témoin.

Lorsque l'on compare nos données aux travaux de Kaiser et al. (2022), qui rapportent des pourcentages globaux de WHC (Water Holding Capacity) de 67,19 % pour une viande normale et de 64,45 % pour une viande de type PSE Pale, Soft, Exudative (Pâle, Molle et Exsudative), nos taux d'exsudat apparaissent globalement inférieurs en valeur numérique directe, cette différence méthodologique s'expliquant par le fait que notre étude quantifie spécifiquement la perte d'eau après décongélation par rapport à la capacité totale de rétention mesurée par la référence. Néanmoins, tout comme l'étude de Kaiser et al. (2022) met en évidence l'altération de la qualité de la viande sous l'effet de modifications métaboliques ou d'anomalies post-mortem, nos résultats révèlent une divergence similaire : une incorporation

spécifique de curcuma à 1 % perturbe l'intégrité du tissu musculaire en provoquant une hausse prononcée de la perte à la décongélation (atteignant 7,00 %) par rapport au lot témoin (3,00 %), traduisant une sensibilité accrue de la structure myofibrillaire face aux stress technologiques.

Conclusion générale :

L'analyse des rendements de découpe (poids du cou et des ailes) chez le poulet local montre globalement une bonne tolérance zootechnique et une stabilité anatomique face à l'incorporation de feuilles d'eucalyptus et de rhizome de curcuma. Alors que le poids du cou et celui de l'aile droite ne subissent aucune modification significative, l'effet enregistré sur l'aile gauche, bien que spécifique, met en lumière une modulation liée à l'action combinée des principes actifs phytogéniques et aux légères asymétries morphologiques naturelles propres au poulet local. Comparativement aux souches industrielles rapportées dans la littérature, ces résultats soulignent la capacité d'adaptation de la souche locale et confirment que l'utilisation de ces additifs naturels,

aux taux testés, préserve l'intégrité du développement corporel sans altérer négativement les proportions de la carcasse.

Par ailleurs l'administration de poudres de feuilles d'eucalyptus et de rhizome de curcuma chez le poulet local met en évidence une bonne tolérance métabolique générale au niveau de la plupart des organes viscéraux. En effet, l'absence d'effet significatif sur le poids du foie, du cœur et de l'intestin montre que ces phytobiotiques sont sans danger aux doses testées, confirmant qu'ils ne provoquent ni surcharge du foie ni toxicité pour le cœur.

Cependant, les variations observées soulignent deux aspects notables :

D'une part, l'évolution significative du gésier traduit une adaptation mécanique de l'appareil digestif face à la nature fibreuse des poudres végétales brutes.

D'autre part, la modulation hautement significative des dépôts de matière grasse met en évidence l'impact métabolique de ces additifs sur les réserves lipidiques.

Globalement, ces résultats montrent que l'incorporation de ces additifs naturels préserve l'intégrité anatomique des organes vitaux tout en influençant de manière spécifique le métabolisme des lipides, illustrant ainsi les particularités physiologiques et la capacité d'adaptation de la souche de poulet local comparativement aux souches industrielles de référence.

En accord avec nos observations, ces résultats concordent avec les conclusions rapportées par Gosai et al. (2023), qui n'ont également observé aucun effet significatif de l'incorporation de poudres végétales riches en composés bioactifs sur les rendements en morceaux de carcasse, notamment pour les proportions de cuisse et de blanc par rapport au poids vif. Cette stabilité des muscles (cuisse droite et gauche) et muscle pectoral indique que l'utilisation de feuilles d'eucalyptus ou de rhizome de curcuma, aux différents taux testés (1 %, 3 % et 5 %), ne perturbe ni n'améliore le développement de la masse musculaire squelettique. Par conséquent, les écarts observés entre les groupes s'expliquent uniquement par la variabilité biologique naturelle. Cela confirme que ces additifs phytobiotiques sont bien tolérés par l'organisme des poulets locaux et ne perturbent pas leur morphologie.

D'autre part l'incorporation de poudre de feuilles d'eucalyptus ou de rhizome de curcuma (aux taux de 1 %, 3 % et 5 %) n'entraîne aucune modification statistiquement significative du poids des muscles des cuisses droite et gauche ni du muscle pectoral chez le poulet local comparativement au lot témoin ($p > 0,05$).

L'uniformité des notations statistiques (a) et la concordance de ces résultats avec les observations de Gosai et al. (2023) confirment que ces phytobiotiques n'exercent ni effet dépressif ni effet hypertrophique sur le développement de la masse musculaire squelettique. Par conséquent, les légers écarts constatés relèvent uniquement de la variabilité biologique naturelle au sein des lots, ce qui démontre la bonne tolérance de l'organisme et l'absence d'impact négatif de ces additifs sur la morphologie musculaire des poulets.

Cependant pour la congélation, l'addition d'additifs phytogéniques modifie significativement les paramètres physico-chimiques du pH par rapport aux témoins, démontrant un effet direct et dose-dépendant des extraits végétaux utilisés dans l'alimentation des deux souches avicoles.

Les Références bibliographiques :

Abdel-Moneim, A.-M. E., Siddiqui, S. A., Shehata, A. M., Biswas, A., Abougabal, M. S., Kamal, A. M., Mesalam, N. M., Elsayed, M. A., Yang, B., Ebeid, T. A., & Teng, X. (2024). Impact of light wavelength on growth and welfare of broiler chickens: Overview and future perspective. *Annals of Animal Science*, 24(3), 731–748.

Akuru, E. A., Mpendulo, C. T., Oyeagu, C. E., & Nantapo, C. W. T. (2021). Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder meal supplementation in broilers: Effect on growth performance, digestibility, carcass and organ weights, serum and some meat antioxidant enzyme biomarkers. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 119–131.

AOAC International. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.

AOAC International. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20th ed.). AOAC International.

Aviagen. (2022). *Ross broiler management handbook*. Aviagen.

Ayoob, A., Memon, A., Rajput, N., Arain, M. B., Lanjar, Z., Qureshi, M. H., & Muneir, P. (2023). Growth performance, blood components, immune response, and carcass traits in broiler chickens fed with *Eucalyptus globulus*. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 13(2), 313–319.

Baéza, E., Guillier, L., & Petracci, M. (2022). Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16(Suppl. 1), 100331.

Barbosa, L. C. A., Filomeno, C. A., & Teixeira, R. R. (2016). Chemical variability and biological activities of *Eucalyptus* spp. essential oils. *Molecules*, 21(12), 1671.

Barr, B., Levitt, D. E., & Gollahon, L. (2025). Red meat amino acids for beginners: A narrative review. *Nutrients*, 17(6), 939.

Bekir, J., Mars, M., Vicendo, P., Fterrich, A., & Bouajila, J. (2013). Chemical composition and antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferation activities of pomegranate (*Punica granatum*) flowers. *Journal of Medicinal Food*, 16(6), 544–550.

Bell, D. D., & Weaver, W. D. (2002). *Commercial chicken meat and egg production* (5th ed.). Springer.

Chaiban, C., Robinson, T. P., Fèvre, E. M., Ogola, J., Akoko, J., Gilbert, M., & Vanwambeke, S. O. (2020). Early intensification of backyard poultry systems in the tropics: A case study. *Animal*, 14(11), 2387–2396.

Challioui, M. K., Boukrouh, S., Rouas, S., Benali, A., Ziane, A., Nour, T., El Aayadi, S., Badaoui, B., Liu, X., & Araba, A. (2025). Comparative assessment of physico-chemical and fatty acid profiles of Moroccan Beldi and ROSS 308 chickens. *Poultry Science*, 104(11), 105651.

Chen, Y., Wang, P., Hu, W., Gao, J., Zhang, R., Zhan, P., & Tian, H. (2025). Effects of freezing temperatures on aroma profiles and key aroma compounds of pomegranate juice. *Foods*, 14(11), 1811.

Cheng, L., Sun, D.-W., Zhu, Z., & Zhang, Z. (2018). Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 46–55.

Demmar, S., & Khelaifa, M. (2021). Évaluation de quelques activités biologiques du *Curcuma longa* L. [Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra].

Delgado, E., Orozco, Y., & Uribe, P. (2013). Comportamiento productivo de pollos alimentados a base de harina de plátano considerando la relación beneficio costo. *Zootecnia Tropical*, 31(4), 279–290.

El-Barody, S. A., Khater, D. F., & Salem, A. M. (2022). Sensory and bacteriological profiles of chicken meat under different thawing processes. *Benha Veterinary Medical Journal*, 41, 51–55.

Elbarbary, N. K., Zaki, R. S., Abd El-malek, A. A., Darwish, W. S., Ali, M. A., Abdallah, M. M., & Abdelmotilib, N. M. (2026). Repeated freeze–thaw cycles and thawing methods: Effects on quality attributes of Egyptian native chicken breast fillets. *Food Biophysics*, 21, 26.

Fedida, D. (1996). *Santé animale de l'aviculture tropicale*. Guide Sanofi.

Fuloria, S., Mehta, J., Chandel, A., Sekar, M., Rani, N. N. I. M., Begum, M. Y., Subramaniyan, V., Chidambaram, K., Thangavelu, L., Nordin, R., Wu, Y. S., Sathasivam, K. V., Lum, P. T., Meenakshi, D. U., Kumarasamy, V., Azad, A. K., & Fuloria, N. K. (2022). A comprehensive review on the therapeutic potential of *Curcuma longa* Linn. in relation to its major active constituent curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 820806.

Gálvez, F., Domínguez, R., Maggiolino, A., Pateiro, M., Carballo, J., De Palo, P., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2020). Meat quality of commercial chickens reared in different production systems: Industrial, range and organic. *Annals of Animal Science*, 20(1), 263–285.

George, R. M. (1993). Freezing processes used in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 4(5), 134–138.

González-Orozco, C. E., Thornhill, A. H., Knerr, N., Laffan, S. W., & Miller, J. T. (2014). Biogeographical regions and phytogeography of the eucalypts. *Diversity and Distributions*, 20(1), 46–58.

Gosai, A. S., Pawar, M. M., Patil, S. S., Ankuya, K. J., Srivastava, A. K., & Ashwar, B. K. (2023). Effect of pomegranate (*Punica granatum*) peel powder supplementation on performance, carcass characteristics and haemato-biochemical parameters of broiler chickens. *Indian Journal of Animal Sciences*, 93(5), 481–486.

Hauschild, L., Delfim Bueno, C. F., Remus, A., Gobi, J. P., Isola, R. D. G., & Sakomura, N. K. (2015). Multiphase feeding program for broilers can replace traditional system. *Scientia Agricola*, 72(3), 210–214.

Himali, S. M. C., Chathurika, W. V. A. H., Samarasinghe, K., & Boteju, W. T. N. (2019). Effect of black cumin seed meal (*Nigella sativa*) on performance, meat quality and intestinal microflora of broilers. Uva Wellassa University.

Holland, D., Hatib, K., & Bar-Ya'akov, I. (2009). Pomegranate: Botany, horticulture, breeding. In J. Janick (Ed.), *Horticultural reviews* (Vol. 35, pp. 127–191). Wiley.

Hu, J., Li, J., Huang, Z., Cheng, K., & Xia, H. (2024). Experimental study on the freezing process of water droplets for ice air jet technology. *Scientific Reports*, 14, 3259.

Johannah, N. M., Joseph, A., Maliakel, B., & Krishnakumar, I. M. (2018). Dietary addition of a standardized extract of turmeric (TurmaFEED™) improves growth performance and carcass quality of broilers. *Journal of Animal Science and Technology*, 60, 8.

Jourdan, J.-P. (2015). *Curcuma et curcumine : De l’histoire aux intérêts thérapeutiques* [Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Caen].

Kaiser, T. R., Coró, F. A. G., Ramos, P. M., Miranda, A., Kato, T., Souza, R. B., Cardines, P. H. F., & Pedrão, M. R. (2022). pH post-mortem on poultry carcasses in a slaughter line for industrial identification of PSE (Pale, Soft, Exudative) and normal meat. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(4), 429–437.

Kandyli, P., & Kokkinomagoulos, E. (2020). Food applications and potential health benefits of pomegranate and its derivatives. *Foods*, 9(2), 122.

Kinel, G., & Ercetin, T. (2024). Assessment of the usage in folk medicine and morphological characteristics of *Eucalyptus gomphocephala* and *Eucalyptus camaldulensis* in Northern Cyprus. *EMU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(3), 98–105.

Koyabizo Ahonziala, Y.-F. (2009). *La poule, l'aviculture et le développement : Science et technique de base*. L'Harmattan.

Kryst, Ł., Żegleń, M., Artymiak, P., Kowal, M., & Woronkiewicz, A. (2023). Analysis of secular trends in physical fitness of children and adolescents (8–18 years) from Kraków (Poland) between 2010 and 2020. *American Journal of Human Biology*, 35(3), e23829.

Laouer, H. (1987). Analyse des pertes du poulet de chair au centre avicole de Tazoult [Mémoire d'ingénieur, INESA, Batna].

Lawal, R. A., & Hanotte, O. (2021). Domestic chicken diversity: Origin, distribution, and adaptation. *Animal Genetics*, 52(4), 385–394.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265–275.

Manyelo, T. G., Selaledi, L., Hassan, Z. M., & Mabelebele, M. (2020). Local chicken breeds of Africa: Their description, uses and conservation methods. *Animals*, 10(12), 2257.

Montefusco, A., Durante, M., Migoni, D., De Caroli, M., Ilahy, R., Pék, Z., Helyes, L., Fanizzi, F. P., Mita, G., Piro, G., & Lenucci, M. S. (2021). Analysis of the phytochemical composition of pomegranate fruit juices, peels and kernels: A comparative study on four cultivars grown in Southern Italy. *Plants*, 10(11), 2521.

Nahimana, G., Ossebi, W., Missohou, A., Ayssiwede, S. B., Cisse, P., Butore, J., & Toure, A. (2018). Pratiques de l'approvisionnement et de la commercialisation de la poule locale au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6), 2753–2765.

Nollet, L. M. L., & Toldrá, F. (Eds.). (2010). *Handbook of meat processing*. Wiley-Blackwell.

Nyoni, N. M. B. (2018). Establishing the impact of climate warming on rural poultry farming in South Africa: A case of Limpopo Province [Doctoral dissertation, University of the Witwatersrand, Johannesburg].

Odunsi, A. A., Haruna, M. A., Akinwumi, A. O., Akande, T. O., Akinyo, O. A., Olalere, O. R., & Olatunji, C. O. (2017). Growth performance, carcass quality and haemato-biochemical profile of broiler chickens fed turmeric (*Curcuma longa* L.) rhizome powder in hot and humid environment. *Tropical Animal & Poultry Science*, 1(4).

Pons-Rocamora, N., Barraón-Catalán, E., Herranz-López, M., Micol, V., & Álvarez-Martínez, F. J. (2026). Dermocosmetic potential of *Punica granatum*: A systematic review of bioactive compounds and skincare applications. *Antioxidants*, 15(3), 332.

Rinwi, T. G., Sun, D.-W., Ma, J., & Wang, Q. (2023). Underlying mechanisms and molecular interactions of isochoric freezing on enhancing the freshness of chicken breast meat. *LWT*, 187, 115305.

Rodrigues, K. F., Sousa, L. F., Bezerra, L. S., Ribeiro, M. C., Barbosa, A. F. C., Almeida, J. S., & Oliveira, M. F. (2021). Performance and meat quality of broiler chickens reared on two different litter materials and at two stocking densities. *British Poultry Science*, 62(3), 396–403.

Seman, D. L., Boler, D. D., Carr, C. C., Dikeman, M. E., Owens, C. M., Keeton, J. T., Pringle, T. D., Sindelar, J. J., Woerner, D. R., de Mello, A. S., & Powell, T. H. (2018). Meat science lexicon. *Meat and Muscle Biology*, 2(3), 127–141.

Shields, S., & Greger, M. (2013). Animal welfare and food safety aspects of confining broiler chickens to cages. *Animals*, 3(2), 386–400.

Sujiwo, J., Jung, Y., Lee, S., Kim, D., Lee, H.-J., Oh, S., Kim, H.-J., Choo, H.-J., & Jang, A. (2025). The effect of different freezing and thawing methods on physicochemical, sensory, and flavor characteristics of Korean native chicken breast. *Food Science of Animal Resources*, 45(2), 573–597.

Surdeau, P. H., & Henaff, R. (1979). *La production du poulet*. J.-B. Baillière.

Suthar, V. (2022). Therapeutic effects of pomegranate (*Punica granatum*). *Journal of Pharmaceutical Research and Innovation*, 2(2), 23–28.

Vuong, Q. V., Chalmers, A. C., Bhuyan, D. J., Bowyer, M. C., & Scarlett, C. J. (2015). Botanical, phytochemical, and anticancer properties of the *Eucalyptus* species. *Chemistry & Biodiversity*, 12, 907–924.

Wang, D., Özen, C., Abu-Reidah, I. M., Chigurupati, S., Patra, J. K., Horbanczuk, J. O., Józwik, A., Tzvetkov, N. T., Uhrin, P., & Atanasov, A. G. (2018). Vasculoprotective effects of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Frontiers in Pharmacology*, 9, 544.

Wu, Y.-Q., & Tong, T. (2023). *Curcuma* Rhizoma: A botanical drug against infectious diseases. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1015098.

Wyink, B., von Haacke, H., Reich, F., Beterams, A., Bandick, N., Albert, T., Südbeck, M., Alter, T., Kreienbrock, L., & Kirse, A. (2025). Microbiological contamination in broiler—a narrative overview on recent data and documentation in routine slaughter. *Food Safety and Risk*, 12, 3.

Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). Effect of chitosan coating incorporated with *Artemisia fragrans* essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. *Polymers*, 13(5), 716.

Yu, M., Gouvinhas, I., Rocha, J., & Barros, A. I. R. N. A. (2021). Phytochemical and antioxidant analysis of medicinal and food plants towards bioactive food and pharmaceutical resources. *Scientific Reports*, 11, 10041.

Zagórska, J., Kukula-Koch, W., Czop, M., Howiecka, K., & Koch, W. (2023). Impact of thermal processing on the composition of *Curcuma longa* rhizome. *Foods*, 12(16), 3086.

Zhu, Y., Zhu, J., Shi, X., & Fan, M. (2025). Effects of freezing, frozen storage and thawing on the water status, quality, nutrition and digestibility of meat: A review. *Food Science & Nutrition*, 13(8), e70774.

