



Effets de la cuisson-extrusion sur la réduction de la teneur en acide cyanhydrique des graines brutes de *Euphorbia heterophylla* et sur le profil en acides gras des muscles de la cuisse de lapins (*Oryctolagus cuniculus*)

KOUAKOU N'Goran David Vincent^{1,*}, TOURE Gouanin Larissa^{2,3} et YAO Kouassi Benjamin^{1,3}

¹Unité Mixte de Recherche et d’Innovation Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation (UMRI-SAPT) de Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, BP 1093 Yamoussoukro (Côte d’Ivoire)

²Ecole Doctorale Polytechnique Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation (EDP-SAPT) de Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, BP 1093 Yamoussoukro (Côte d’Ivoire)

³Centre d’Excellence Africain en valorisation des déchets en produits à haute valeur ajoutée (ValoPro) de l’Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, BP 1093 Yamoussoukro (Côte d’Ivoire)

*Auteur Correspondant : KOUAKOUN'Goran David Vincent. david.kouakou@inphb.ci

Submitted 06/08/2025, Published online on 30/09/2025 in the <https://www.m.elewa.org/Journals/journal-of-applied-biosciences> <https://doi.org/10.35759/JABs.212.3>

RESUME

Objectif : Cette étude visait à réduire la teneur en acide cyanhydrique (HCN), soit 115,2 mg/kg MS des graines de *Euphorbia heterophylla* (herbe de lait ou Petit poinsettia) par un traitement de cuisson-extrusion et de déterminer l’effet de ce traitement sur les performances de croissance des lapins ainsi que sur le profil en acides gras de leurs muscles de cuisses.

Méthodologie et Résultats : À cet effet, des lapines ont été nourries pendant 30 jours à l’INP-HB avec des granulés contenant 9% de graines brutes (GB9) ou 9% de graines extrudées (GE9) de *E. heterophylla*. L’extrusion des graines a induit une réduction significative de 71% de sa teneur en HCN et une réduction de 30% de l’acide gras essentiel alpha-linolénique (C18 : 3 n-3) ($P < 0,05$). Malgré cette perte, la viande obtenue présentait un ratio Acides Gras Polyinsaturés (AGPI) oméga 6 (n-6)/AGPI oméga 3 (n-3) inférieur à 5, conforme aux recommandations internationales, sans effet néfaste sur la croissance des lapines.

Conclusion et Application des résultats : L’extrusion a effectivement induit une réduction significative de l’HCN, de la matière grasse mais également une diminution des AGPI n-3 rendant ainsi le tissu musculaire étudié plus maigre avec un ratio maintenu AGPI n-6/n-3 inférieur à 5 conformément aux recommandations internationales. La production de lapins enrichis en AGPI n-3 à partir des graines de *E. heterophylla* extrudées ou non dans les régions où cette plante est disponible pourrait avoir un impact positif sur la santé humaine, notamment dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Toutefois, l’excès en AGPI n-3 pourrait induire une altération de la qualité organoleptique des carcasses. Des analyses sensorielles s’avèrent donc nécessaires pour évaluer l’acceptabilité des viandes produites.

Mots-clés : lapin, *Euphorbia heterophylla*, qualité de la viande, AGPI oméga 3, Côte d’Ivoire

Effects of cooking-extrusion on the reduction of hydrocyanic acid content in raw *Euphorbia heterophylla* seeds and on the fatty acid profile of thigh muscles of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)

ABSTRACT

Objective: This study aimed to reduce the hydrocyanic acid (HCN) content (115.2 mg/kg DM) of *Euphorbia heterophylla* (milkweed or small poinsettia) seeds through a cooking-extrusion process and to assess the effects of this treatment on rabbit growth performance and the fatty acid profile of their thigh muscles.

Methodology and Results: For this purpose, rabbits were fed for 30 days at INP-HB with pellets containing either 9% raw *E. heterophylla* seeds (GB9) or with pellets containing 9% extruded seeds (GE9). Extrusion of seeds resulted in a significant 71% reduction in HCN content and a 30% decrease in the essential fatty acid alpha-linolenic acid (C18:3 n-3) ($P<0.05$). Despite this loss, the resulting meat exhibited an omega 6 (n-6) Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA)/omega 3 (n-3) PUFA ratio below 5, in accordance with international recommendations, and showed no adverse effects on rabbit growth.

Conclusion and Application of Results: Extrusion effectively reduced HCN, total fat, and n-3 PUFA levels, producing leaner muscle tissue with an n-6/n-3 PUFA ratio below 5, in accordance with international recommendations. Producing n-3 PUFA enriched rabbit meat using *E. heterophylla* seeds extruded in regions where this plant is abundant could positively impact on human health, particularly in preventing cardiovascular diseases. However, excessive n-3 PUFA content may impair the organoleptic quality of the carcasses. Therefore, sensory evaluations are necessary to assess the acceptability of the resulting meat.

Keywords: rabbit, *Euphorbia heterophylla*, meat quality, omega-3 PUFA, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, les produits animaux ou d'origine animale enrichis en oméga 3 sont majoritairement importés. Les initiatives locales d'enrichissement de ces produits en oméga-3 encore à l'état expérimental, s'intéressent à l'utilisation de plantes telles que *Euphorbia heterophylla* (Figure 1). Originaire d'Amérique tropicale et subtropicale, cette plante est une adventice majeure des cultures vivrières comme le soja, le niébé, l'arachide et le cotonnier (Ipou *et al.*, 2005). Les feuilles et les graines de *E. heterophylla* ont une teneur remarquable en acide alpha-linolénique (ALA, C18:3 n-3) de 54 à 56 % des acides gras totaux, proche de celle du lin (Earle *et al.*, 1960). Les feuilles ont été utilisées pour améliorer le profil en acides gras polyinsaturés (AGPI) n-3 de la viande de cochon d'Inde (Kouakou *et al.*, 2013) ou de lapin (*Cuniculus Oryctolagus*) (Kouakou *et al.*, 2019), tandis que

l'incorporation des graines brutes dans l'alimentation des poules pondeuses, des cailles pondeuses, des poulets de chair et des lapins a amélioré respectivement le profil en acide gras oméga 3 des jaunes d'œufs et des tissus musculaires (Touré, 2025 ; Kouakou *et al.*, 2018 ; 2015). Cependant, à l'instar des graines brutes de lin, celles de *E. heterophylla* contiennent une teneur en acide cyanhydrique de 130 mg/kg qui peut induire des effets néfastes sur la productivité des animaux. En effet, une chute du taux de ponte de 22,62% a été observée chez les poules pondeuses après 28 jours d'ingestion d'un régime contenant 15% de graine de *E. heterophylla* brute (Kouakou *et al.*, 2016). Aussi, une chute de ponte de 16% a-t'elle été enregistrée chez les cailles pondeuses après 4 semaines d'ingestion du régime contenant 5% de graine de *E. heterophylla* brute (Kouakou *et al.*, 2018).



Figure 1 : Herbe à lait (*Euphorbia heterophylla* L.)

L'une des solutions pour réduire la teneur en acide cyanhydrique des graines de *E. heterophylla* est l'application de l'extrusion à l'image des graines de lin (*Linum usitatissimum*) (Heuzé et al., 2015 ; Skiba et al., 2002). Ce procédé technologique à haute température et courte durée, minimise la perte de nutriments tout en améliorant leur qualité, leur digestibilité et leur taux de conversion par rapport aux aliments simplement granulés (Shiyang et al., 2019). Dans ce processus, les aliments sont comprimés et également « cuits ». Il a plusieurs effets bénéfiques telles que la gélatinisation de l'amidon, la réduction de l'oxydation des lipides, l'amélioration des

fibres alimentaires solubles et la réduction des facteurs antinutritionnels (Dey et al., 2024 ; Imran et al., 2015 ; Barkouti, 2012). C'est dans ce contexte que se situe la présente étude qui vise à mettre à la disposition de la population ivoirienne une viande de lapin enrichie en acides gras polyinsaturés oméga 3 et à valoriser une ressource végétale locale riche en AGPI oméga 3 non exploitée. L'objectif de cet essai était de déterminer l'effet de la cuisson-extrusion sur la réduction de la teneur en acide cyanhydrique des graines brutes de l'adventice *Euphorbia heterophylla* et sur le profil en acides gras des muscles de la cuisse de lapins.

MATERIEL ET METHODES

Site expérimental : L'étude a été réalisée du 9 novembre 2023 au 29 décembre 2023 à la ferme expérimentale du laboratoire de Production Animale de l'Unité Mixte de Recherche et d'Innovation en Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation (UMRI-SAPT) de l'INP-HB (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire) (6,5°N. ; 5,2°O.). La température et l'humidité relative durant l'essai ont varié respectivement de 26,3 à 34°C

et de 80 à 90 %. La pluviométrie moyenne mensuelle a été de 1098 mm.

Dispositif expérimental et conduite de l'essai : Les lapins ont été élevés conformément aux normes de bonnes pratiques en expérimentation animale. À cet effet, 14 lapins (*Oryctolagus cuniculus*) ayant un poids vif moyen de 1690 ± 151 g, ont été répartis de manière aléatoire en deux groupes de sept. Les animaux ont reçu des granulés fabriqués à partir de plusieurs matières premières,

notamment des sous-produits de céréales, de produits et de sous-produits de graines oléagineuses, de mélasse, de minéraux, de sciures de bois et une des deux formes de graines de *Euphorbia heterophylla* (graines brutes ou graines extrudées) (Tableau 1). Ainsi, un groupe a reçu les granulés contenant 9% de graines brutes (GB9) et le second a reçu les granulés pour lapin contenant 9% de graines extrudées (GE9). Les lapins ont été élevés dans des cages grillagées individuelles de 57,6 dm³ (4,8 dm x 4,0 dm x 3,0 dm). Les graines de *E. heterophylla* ont été extrudées avec le son de blé compte tenu de leurs teneurs en huile à l'aide d'une extrudeuse monovis (DGP 60-C, Henan, Chine) d'une puissance d'alimentation et de coupe de 0,4 kW avec un diamètre de la tige et de la vis de 60 mm. La température de sortie du bariquet a été fixée à 120°C. L'extrudat a été séché à température ambiante dans une salle à l'abri de la lumière et conservé dans un sachet et un sac de couleur rouge en polyéthylène scellé et stocké à l'abri de la lumière pour une utilisation ultérieure. Quant à la granulation des aliments, elle a été réalisée à l'aide du granuleur (Feed pellet machine 120). Les granulés obtenus (GB9 et GE9) ont été séchés sur des bâches noires dans une salle close pendant environ 7 jours, puis conditionnés séparément dans des sachets plastiques noirs opaques en 700 g et mis dans des emballages secondaires (sachets et sacs polyéthylènes de 50 kg) pour conservation. L'essai s'est déroulé sur 51 jours répartis en trois périodes : une période pré-expérimentale pour l'adaptation aux conditions d'élevage (17 jours), une période de transition alimentaire (4 jours) et une période d'expérimentation (30 jours) dans le respect des mesures de prophylaxie sanitaire et médicale. Durant la phase expérimentale, les animaux recevaient 100 g de granulé par jour. L'eau de boisson était servie à volonté et les pesées étaient hebdomadaires.

Préparation des échantillons : Au terme de l'essai, tous les animaux ont été mis à jeun

pendant 12 heures et pesés avant l'abattage. Les lapins ont été étourdis après un petit coup sec sur la nuque à l'aide d'un bâton avant d'être saignés par section de la carotide. Ensuite, ils ont été dépouillés et éviscérés, les manchons (parties distales des membres recouvertes de fourrure) et la tête ont été sectionnés. Les cuisses ont été désossées, puis broyées à froid à l'aide d'un blender (SILVER CREST SC-1589). Des échantillons de muscles ont été prélevés puis congelés à -18 °C pendant une semaine avant les analyses.

Analyses chimiques : La matière sèche a été déterminée par séchage à 105 °C durant 24 h dans une étuve (Memmert 854, Allemagne). La cendre a été déterminée après calcination dans un four à mouflé (Nabertherm GmbH, Allemagne). La matière azotée totale (MAT) a été dosée par la méthode de Kjeldahl grâce à une rampe de minéralisation (FOSS, Tecator, France) et un distillateur (Buchi 321 Kjeldahl, Suisse). Les fibres brutes ont été analysées selon Van Soest et al. (1991) avec un Fibertec (FOSS, Fibertec 1020 [M2], France). Les lipides ont été extraits au laboratoire de l'UMRISAP à partir d'échantillons de cuisse et de régimes expérimentaux, en utilisant la procédure de Delsal (1944). Les esters méthyliques des acides gras ainsi obtenus ont été extraits de la phase organique par ajout d'un solvant lipophile, notamment l'hexane. Une quantité de 4 ml d'hexane + 4 ml de NaCl aqueux à 0,9% ont été ajoutés à la solution précédente puis l'ensemble a été vortexé. La phase organique (phase supérieure) a été récupérée. Un volume d'1 ml d'hexane et 1 ml de NaCl ont été ajoutés encore à la phase aqueuse restante. La phase organique au niveau de la phase supérieure a été pipée et complétée à la première phase obtenue, puis le tout a été évaporé au bain-marie. La phase organique prélevée (contenant les esters méthyliques récupérés dans l'hexane) a été mise dans des vials et a été injectée dans la colonne GC-MS de marque AGILENT TECHNOLOGY série GC 7890A, MS 5975C

en présence du blanc (Hexane). La température initiale portée à 150°C, avec un gradient de 1,3°C par minute jusqu'à 220°C, ensuite 40°C par minute jusqu'à 260°C (pendant 5 minutes) ; soit au total 59,8 minutes. Les esters méthylés d'acides gras ont été identifiés en tenant compte du temps de rétention de chaque composé sur la colonne considérée, fourni par les bibliothèques spectrales (NIST, 2020). Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'acides gras totaux identifiés à partir de la

base de données des molécules NISTMS version 2020.

Analyses statistiques : Les valeurs moyennes des paramètres étudiés par régime alimentaire testé ont été soumises à une analyse Anova à un facteur (régime) en utilisant le logiciel R (version 4.2.2). Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne \pm ESM (Erreur Standard de la Moyenne). La comparaison multiple des moyennes a été effectuée au seuil de signification de 5 % avec le test de Student-Newman-Keuls.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Effets des traitements technologiques sur la composition chimique des régimes expérimentaux : L'extrusion des graines de *E. heterophylla* a induit une réduction significative de 71% de la teneur en acide cyanhydrique dans les granulés (comparativement au régime GB9. Ce résultat confirme l'efficacité de cette technologie dans la réduire de ce facteur antinutritionnel (Wang et al., 2022 ; Kamarudin et al., 2018). Toutefois, il convient de noter que les performances d'un extrudeur à réduire les facteurs antinutritionnels dépendent des paramètres d'entrée (Plompteux, 2021). En effet, Imran et al. (2013) ont obtenu une réduction d'HCN optimale de 89,1% sur des graines de lin qui contenaient au préalable 198,42 mg/kg de HCN avec une extrudeuse monovis (Extru-tech E325, Extru-tech, Sabetha, KS, USA) pour une température de sortie du canon de 143,6°C, une vitesse de la vis de 133,5 tr/min et une vitesse d'alimentation de 57,8 kg/h. Par ailleurs, l'extrusion a également entraîné une baisse significative de la teneur en matière grasse de 21,6% ($P<0,05$) marquée par une réduction de l'acide gras essentiel alpha-linolénique (ALA, C18 : 3 n-3) de 30% et une augmentation significative de 3% de la teneur de l'acide gras essentiel linoléique (LA, C18 : 2 n-6) dans les granulés GE9 (Tableau 1). Cette baisse de la teneur en matière grasse de l'aliment suite à

l'extrusion des graines de *E. heterophylla* s'expliquerait d'une part, par la forte pression exercée durant le processus d'extrusion (Plompteux, 2021). Aussi, la réduction de la teneur en acide alpha-linolénique dans l'aliment Extrudé (GE9) est en accord avec les prédictions du Brevet EP 1 155 626 B1 du 04.10.2006 du groupe Valorex qui indique que l'extrusion des graines de lin peut faire perdre environ 25% d'acide alpha-linolénique.

Teneur en lipides et profils en acides gras des tissus musculaires des cuisses : Sur l'ensemble de l'essai, les animaux n'ont présenté aucun trouble de santé et aucun cas de mortalité. Au terme de l'essai aucune différence significative a été observé au niveau des performances de croissance des animaux ($P>0,05$). Les teneurs en lipides des cuisses de lapin ont été parfaitement corrélées à celles des régimes expérimentaux ($P<0,05$). La teneur en matières grasses observée dans le régime GE9, permet de qualifier la viande de lapin de très maigre. Cette caractéristique est avantageuse pour les consommateurs recherchant des viandes à faible teneur en gras (Combes, 2004). Le régime GE9 a entraîné une diminution significative de la teneur en ALA et en acides gras n-3 dans les échantillons de tissus musculaires comparativement au régime GB9 ($P<0,05$) (Tableau 2). Des résultats identiques ont été trouvés par Chesneau et al. (2008) après l'extrusion des graines de lin.

Quant à l'ensemble des AGPI n-6, les teneurs ne différaient pas significativement selon les régimes ($P>0,05$). Les ratios des AGPI n-6/n-3 des cuisses de lapin étaient inférieurs à 5 dans les deux régimes conformément aux recommandations internationales de l'ANSES (2022) ($P<0,05$) (Tableau 2). Des ratios similaires ont été obtenus sur les muscles *Semimembranosus* par Bianchi *et al.* (2009) et de Kouba *et al.* (2008) ainsi que chez le porc nourrit aux graines de lin (Bartkovský *et al.*, 2022). Cependant, compte tenu de la capacité

des acides gras insaturés, notamment ceux comportant plus de deux doubles liaisons, à s'oxyder et à réduire la durée de conservation des produits carnés (Wood *et al.*, 2004), il importe de déterminer l'impact de cet enrichissement en AGPI n-3 de la viande de lapin sur la qualité sensorielle car il a été largement rapporté que l'oxydation des lipides joue un rôle clé dans le développement de la saveur de la viande cuite (Bianchi *et al.*, 2009 ; Dalle Zotte, 2002).

Tableau 1 : Composition et profils en acides gras des régimes expérimentaux (GB9) et (GE9)

	Régimes expérimentaux		P
	GB9	GE9	
Matières premières (%)			
Maïs jaune	36	36	
Son Blé brute	6	0	
Son Blé extrudé	0	6	
Farine basse de riz	2	2	
Tourteaux de coton	7	7	
Tourteaux de soja	14	14	
Tourteaux de palmiste	9	9	
Mélasse	5	5	
Coquillage	3	3	
Sciure de bois	9	9	
Sel iodé (sel de cuisine)	0	0	
Graines brutes de <i>E. heterophylla</i>	9	0	
Graines extrudées de <i>E. heterophylla</i>	0	9	
Total	100	100	
Composition chimique			
Matière sèche (%)	90,20±0,0	91,50±0,00	1,000
Cellulose brute (%)	11,22±0,21 ^a	12,36±0,07 ^b	0,002
Protéine brute (%)	12,33±0,20 ^a	13,23±0,08 ^b	0,001
Matière grasse (%)	5,88±0,04 ^a	4,61±0,06 ^b	0,005
Matière organique (%)	22,00±2,30	22,70±4,70	0,866
Teneur en HCN (mg/kgMS)	10,17±0,41 ^a	2,97±0,27 ^b	<0,001
Energie métabolisable (EM) (kcal.kg ⁻¹ MS) *	3018,6	2934,60	
Energie Digestible (kcal.kg ⁻¹ MS) (EM/0,95)	3177,47	3089,05	
Profils en acides gras			
Acides Gras Saturés (AGS)	39,40±0,10 ^a	38,00±0,12 ^b	<0,001
Acides Gras Monoinsaturés (AGMI)	21,08±0,17 ^a	17,75±0,09 ^b	<0,001
Acides Gras Polyinsaturés (AGPI)	38,93±0,25 ^a	44,16±0,10 ^b	<0,001
Linoléique (C18 : 2 n-6)	31,16±0,26 ^a	38,60±0,17 ^b	<0,001

Arachidonique (C20 : 4 n-6)	0,38±0,01	0,36±0,00	0,010
Alpha linolénique (C18 : 3 n-3)	7,40±0,01 ^a	5,20±0,07 ^b	<0,001
Rapports d'Acides Gras			
Σ n-6	31,53±0,26 ^a	38,96±0,17 ^b	<0,001
Σ n-3	7,40±0,01 ^a	5,20±0,07 ^b	<0,001
Σ n-6/ Σ n-3	4,26±0,04 ^c	7,49±0,13 ^a	<0,001

Moyennes ± écart-type. Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes. **GB9** : Aliment granulé contenant 9% de graines brutes de *E. heterophylla* ; **GE9** : Aliment granulé contenant 9% de graines extrudées de *E. heterophylla*.

Tableau 2 : Profil en acides gras des tissus musculaires de la cuisse des lapins nourris avec les régimes expérimentaux (**GB9**) et (**GE9**) (n=7 par traitement)

	Régimes expérimentaux		P
	GB9	GE9	
Matière grasse (%MS)	6,65± 0,13 ^a	5,57± 0,27 ^b	0,005
Acides Gras Saturés (AGS)	28,00±0,14 ^a	29,59±0,23 ^b	0,005
Laurique (C12 : 0)	0,76±0,06 ^a	0,46±0,03 ^b	0,002
Myristique (C14 : 0)	1,89±0,01 ^a	1,15±0,01 ^b	0,0001
Palmitique (C16 : 0)	21,30±0,01 ^a	25,31±0,19 ^b	0,001
Stéarique (C18 : 0)	4,02±0,06 ^a	2,64±0,02 ^b	0,0001
Acides Gras Monoinsaturés (AGMI)	23,83±0,04 ^a	24,36±0,07 ^b	0,0001
Myristoléique (C14 :1 n-5)	0,15±0,00 ^a	0,22±0,01 ^b	0,0001
Palmitoléique (C16 :1 n-7)	1,23±0,01 ^a	1,27±0,01 ^b	0,0001
Oléique (C18 : 1 n-9)	22,45±0,04 ^a	22,86±0,06 ^b	0,0001
Acides Gras Polyinsaturés (AGPI)	48,23±0,07 ^a	45,84±0,47 ^b	0,008
Linoléique (C18 : 2 n-6)	35,41±0,05 ^a	36,18±0,44 ^a	0,02
Alpha linolénique (C18 : 3 n-3)	8,98±0,00 ^a	7,07±0,02 ^b	0,0001
AGPI Longues Chaînes (AGPILC)	1,43±0,03 ^a	1,51±0,00 ^a	0,059
Arachidonique (C20 :4 n-6)	2,42±0,01 ^a	1,09±0,01 ^b	0,0001
Eicosapentaénoïque EPA (C20 :5 n-3)	0,92±0,04 ^a	1,00±0,00 ^b	0,044
Docosapentaénoïque DPA (C22 :5 n-3)	0,42±0,00 ^a	0,43±0,00 ^b	0,002
Docosahexaénoïque DHA (C22 :6 n-3)	0,09±0,00 ^a	0,08±0,00 ^b	0,0001
Rapports Acides Gras			
Σ n-6	37,83±0,06 ^a	37,27±0,45 ^a	0,188
Σ n-3	10,41±0,03 ^a	8,58±0,02 ^b	0,0001
Σ n-6/ Σ n-3	3,63±0,01 ^a	4,35±0,04 ^b	0,0001
%ANC/j (2 g) /100 g	30	24	

Moyennes ± écart-type. Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes. **GB9** : Aliment granulé contenant 9% de graines brutes de *E. heterophylla* ; **GE9** : Aliment granulé contenant 9% de graines extrudées de *E. heterophylla*. ANC : Apports Nutritionnels Conseillés.

CONCLUSION ET APPLICATIONS DES RESULTATS

Cette étude a mis en évidence l'efficacité du traitement par cuisson-extrusion pour réduire significativement la teneur en acide cyanhydrique des graines de *E. heterophylla*. Toutefois, ce procédé a également réduit la teneur en matière grasse et en acides gras polyinsaturés oméga-3 dans le régime. Malgré cette perte, le profil nutritionnel des cuisses des lapines est resté conforme aux recommandations internationales avec un ratio AGPI n-6/n-3 inférieur à 5. Par ailleurs, la viande du régime extrudé (GE9) s'est révélée plus maigre, répondant aux attentes des consommateurs soucieux de leur santé. En somme, la production de viande de lapins

enrichie en AGPI n-3 à partir des graines extrudées ou non dans les régions où *E. heterophylla* abonde pourrait avoir un impact positif sur la santé humaine, notamment en contribuant à la réduction des facteurs de risque de maladies cardiovasculaires. Néanmoins, l'excès d'acides gras polyinsaturés oméga-3 pourrait induire une altération de la qualité organoleptique des carcasses. Aussi, apparaît-il nécessaire de réaliser des analyses sensorielles approfondies sur les viandes obtenues afin d'évaluer l'acceptabilité des produits auprès des consommateurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le CEA VALOPRO de l'INP-HB, en particulier Professeur YAO Kouassi Benjamin, Coordonnateur du CEA VALOPRO pour leurs contributions scientifiques, techniques et financières et le Dr DIABY Moussa, Directeur Général de

l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY pour sa contribution institutionnelle.

Conflits d'intérêt : Tous les auteurs n'ont aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANSES. (2022). Les acides gras oméga-3, fonctions dans l'organisme, et besoins alimentaires. Page Web. URL:[Les acides gras oméga-3 | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail](https://www.anses.fr/en/les-acides-gras-omega-3).
- Barkouti A, Rondet E, Delalonde M, Ruiz T, 2012. Influence of physicochemical binder properties on agglomeration of wheat powder in couscous grain. J Food Eng, 111(2): 234-240. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.028>.
- Bartkovský M, Sopková D, Andrejčáková Z, Vlčková R, Semjon B, Marcinčák S, Bujánák L, Pospiech M, Nagy J, Popelka P, 2022. Effect of Concentration of Flaxseed (*Linum usitatissimum*) and Duration of Administration on Fatty Acid Profile, and Oxidative Stability of Pork Meat. Anim., 12, 1087. DOI:<https://doi.org/10.3390/ani12091087>.
- Bianchi M, Petracci M, Cavani C, 2009. The influence of linseed on rabbit meat quality. World Rabbit Sci, 17(9): 71-07. DOI:<https://doi.org/10.4995/wrs.2009.663>.
- Chesneau G, Guillevic M, Mourot J, 2008. Impact des paramètres technologiques de cuisson-extrusion des graines de lin sur la composition en acides gras des tissus musculaire et adipeux du porc charcutier. 7. Journées Francophones de Nutrition (JFN), Brest, France hal-02757378

- Combes S, 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. INRAE Prod. Anim., 17(5): 373-383.
DOI:<https://doi.org/10.20870/products-animes.2004.17.5.3610>.
- Dalle Zotte A, 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. Livest. Prod. Sci. (Print), 75(1): 0301-6226, 11-32p.
DOI:[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00308-6).
- Delsal L, 1944. A new procedure for extraction of serum lipids with methylal. Application to micro-determination of total cholesterol, phosphoaminolipids and proteins. Bull. Soc. Chim. Biol. 26: 99-105.
- Dey DP, Singh G., Ishwarya P, Mateen A, 2024. Functionality and Extrusion Processing of Millets -A Review. Food Rev. Int. 1-29.
DOI:[10.1080/87559129.2024.236764](https://doi.org/10.1080/87559129.2024.236764)
- Earle FR, McGuire TA, Mallan L, Bagby MO, Wolff IA, 1960. Search for new industrial oils. II. Oils with high iodine values. J. Am. Oil Chem. Soc., 37: 48-51.
DOI:[10.1007/BF02630825](https://doi.org/10.1007/BF02630825).
- Heuzé V, Tran G, Hassoun P, Renaudeau D, Lessire M, Lebas F, 2015. Graines de lin. Feedipedia, un programme d'INRAE, du CIRAD, de l'AFZ et de la FAO.
URL:<https://feedipedia.org/node/36>. Dernière mise à jour le 21 octobre 2015, 14:23.
- Imran M, Anjum FM, Nadeem M, Ahmad N, Khan MK, Mushtaq Z, Hussain S, 2015. Production of Bio-omega-3 eggs through the supplementation of extruded flaxseed meal in hen diet. Lipids in Health and Disease, 14(1), 126.
- DOI:<https://doi.org/10.1186/s12944-015-0127-x>.
- Imran M, Faqir M, Anjum F, Arshad M, 2013. Influence of Extrusion Processing on Fatty acids Retention in Full-fat Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Meal. Journal of Food Processing & Technology. 4(9).
DOI:[10.4172/2157-7110.1000268](https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000268).
- Ipou IJ, 2005. Biologie et écologie d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au Nord de la Côte d'Ivoire. [Thèse-Université de Cocody-Abidjan], 192 p.
- Kamarudin MS, de Cruz CR, Saad CR, Romano N, Ramezani-Fard E, 2018. Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taro and broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. Anim. Feed Sci. Technol. 236, 122-130.
- Kouakou NDV, Grongnet JF, Assidjo NE, Thys E, Marnet PG, Catheline D, Legrand P, Kouba M, 2013. Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.). Meat Sci., 93(4): 821-826.
DOI:[10.1016/j.meatsci.2012.11.036](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.036).
- Kouakou NDV, Traoré C, Angbo E, Grongnet JF, Adima A, Assidjo E, Kouba M, 2015. Essai préliminaire de production d'œufs des poules pondeuses (ISA Warren) enrichis en acides gras polyinsaturés oméga-3 avec les graines de *Euphorbia heterophylla* L. Int. J. Biol. Chem. Sci, 9: 1902-1909.
- Kouakou NDV, Koffi KF, Angbo-Kouakou CEM, Koné GA, Kouassi GF, Amoikon KE, Kouba M, 2018. Enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3 du jaune d'œuf

- de cailles (*Coturnix coturnix Japonica*) par les graines d'euphorbe (*Euphorbia heterophylla*). Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. 70(3): 99-103. DOI:[10.19182/remvt.31523](https://doi.org/10.19182/remvt.31523)
- Kouakou NDV, Coulibaly SB, Angbo-Kouakou CE, Ahongo YD, Assidjo NE et Kouba M, 2019. Viande de lapin (*Oryctolagus cuniculus L.*) enrichie en oméga-3 avec un aliment contenant de l'EH (*Euphorbia heterophylla L.*). Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. 72(03): 107-113. DOI:[10.19182/remvt.31779](https://doi.org/10.19182/remvt.31779).
- Kouakou NDV, Kouba M, Coulibaly SBM, Angbo-Kouakou CEM, Thys E, Assidjo NE, Kouba M, 2016. Réduction des coûts alimentaires des lapins (*Oryctolagus cuniculus L.*) par la distribution de l'herbe de lait (*Euphorbia heterophylla L.*) associée à l'herbe de Guinée (*Panicum maximum Jacq.*) en élevage semi-intensif. J. Appl. Biosci, 99: 9373-9381. DOI:<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v9i1.3>.
- Kouba M, Benatmane F, Blochet JE, Mourot J., 2008. Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. Meat Sci, 80 (3):829-834. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.029>.
- Plompteux A, 2021. Étude de l'impact des paramètres d'extrusion sur les propriétés physicochimiques et de texture des snacks. [Thèse-Université de Liège, Belgique]. URL:<https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/13155>.
- Shiyang G, Junyan J, Haokun L, Dong H, Xiaoming Z, Yunxia Y, Shouqi X, 2019. Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. CAS V). Aquaculture, 5(11): 0044-8486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734236>.
- Skiba F, Noblet J, Callu P, Evrard J, Melcion JP, 2002. Influence du type de broyage et de la granulation sur la valeur énergétique de la graine de colza chez le porc en croissance. URL:<https://www.researchgate.net/publication/341819574>.
- The Many Forms of NIST. (2020). MS Libraries. URL:[The Many Forms of NIST 2020 MS Libraries](https://www.nist.gov/csd-2/many-forms-nist-ms-libraries).
- Touré GL, 2025. Effets de la supplémentation de la ration du lapin avec les graines de *Euphorbia heterophylla L.*, sources d'acides gras polyinsaturés n-3, sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle de la viande. [Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Yamoussoukro].
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74: 3583-3597.
- Wang B, Xinran S, Xiang J, Guo X, Cheng Z, Liu W, Tan S, 2022. A critical review on granulation of pharmaceuticals and excipients: Principle, analysis and typical applications, Powder Technol., 401: 117329. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117329>.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M, 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Sci., 66: 21-32