

IMPACTS A COURT TERME DE STRATEGIES NUTRITIONNELLES PRECOCES SUR L'HOMEOSTASIE DIGESTIVE DES POUSSINS

**Jonchère Vincent¹, van den Nieuwenhof Marlies¹, Cornaille Léa¹, Jimenez Justine¹,
De Rauglaudre Théophane^{1,2}, Jessus Léo¹, Bordeau Thierry¹, Chartrin Pascal¹,
Cailleau-Audouin Estelle¹, Lefort Gaëlle³, Bussière Françoise⁴, Lacroix-Lamandé
Sonia⁴, Paes Charlotte^{5,6}, Guilloteau Laurence¹, Narcy Agnès¹**

¹BOA, Université de Tours, INRAE, Centre Val de Loire, 37380 Nouzilly, France

²Département des Sciences animales, Université Laval, G1V0A6, Québec, QC, Canada,

³ISP, Université de Tours, INRAE, Centre Val de Loire, 37380 Nouzilly, France

⁴PCR, Université de Tours, INRAE, Centre Val de Loire, 37380 Nouzilly, France

⁵INP-Purpan, Toulouse, France

⁶GenPhySE, Université De Toulouse, INRAE, ENVT, Toulouse, France

vincent.jonchere@inrae.fr

RÉSUMÉ

Les premiers jours de vie offrent une fenêtre unique pour orienter précocement les fonctionnalités digestives, tout en maintenant le bien-être et l'efficacité alimentaire des poussins. Dans cet essai, nous avons étudié comment l'homéostasie digestive des poussins pouvait être modulée par une supplémentation de cinq additifs (vitamine E, carvacrol, butyrate, capsaïcine, Xylo-OligoSaccharides) et un contrôle, ciblant des fonctions biologiques spécifiques, sur deux régimes alimentaires (MS: maïs- soja ou BF: blé - féverole). Quatre cent trente-deux poulets ont été répartis dans 72 parquets et élevés pendant 10 jours. Le régime BF a induit une détérioration de l'indice de consommation alimentaire des animaux par rapport au régime MS. Dans les deux régimes, la vitamine E a montré une activité anti-oxydante réduisant la peroxydation lipidique dans le jéjunum et dans le régime BF, une amélioration du statut antioxydant total plasmatique. Elle a induit une diminution de l'activité de la phosphatase alcaline jéjunale impliquée dans le contrôle de l'inflammatoire intestinale. La supplémentation du régime BF avec le carvacrol a induit une diminution de l'activité de la phosphatase alcaline et a conduit à une augmentation de l'activité de la glutathion réductase, enzyme impliquée dans la régulation du stress oxydant. Dans le sang, la supplémentation en capsaïcine a induit une diminution de l'haptoglobine plasmatique suggérant une activité anti-inflammatoire. Cette étude a montré que l'homéostasie digestive des poussins peut être modulée en fonction du type de matières premières et d'additifs laissant présager des possibilités de pilotage à long terme.

ABSTRACT

Short-term impact of early nutritional strategies on chick homeostasis function

The first days of life offer a unique window of opportunity for early orientation of digestive functions, while maintaining the chicks' well-being and feed efficiency. In this trial, we investigated how the digestive homeostasis of chicks could be modulated by supplementation with five additives, targeting specific biological functions, on two feed bases (MS: maize - soya or BF: wheat - faba bean). 432 chickens were placed in 72 pens and reared for 10 days. The BF diet induced a deterioration in the feed conversion ratio of the animals compared with the MS diet. In both diets, vitamin E showed antioxidant activity reducing of lipid peroxidation at the jejunum and, in the BF diet, an improvement in total plasma antioxidant status. It reduced jejunal alkaline phosphatase activity, confirming its anti-inflammatory activity. Supplementation of the BF diet with carvacrol led to a decrease in alkaline phosphatase activity and an increase in glutathione reductase activity, an enzyme involved in the regulation of oxidative stress. In both diets, capsaicin supplementation induced a reduction of plasmatic haptoglobin, suggesting a systemic anti-inflammatory effect. This study showed that digestive homeostasis of chicks can be modulated early in the animal's life depending on the type of raw materials and additives used, suggesting the possibility of long-term control.

INTRODUCTION

Une utilisation efficace de ressources alimentaires variées est un élément déterminant pour assurer la transition vers des systèmes d'élevage avicoles multi-performants. Celle-ci repose sur le maintien d'une bonne efficacité alimentaire, d'une intégrité des cellules épithéliales, de la régulation du cycle oxydo-inflammatoire, d'un système immunitaire efficient et d'un microbiote sain, ensemble que l'on regroupe sous le terme d'homéostasie digestive. Les troubles intestinaux représentent un véritable problème pour la filière avicole puisqu'ils touchent environ la moitié des élevages de poulets vers 15 jours d'âge. Par conséquent, de nouvelles stratégies nutritionnelles visant à prévenir ces troubles doivent être mises en œuvre pour contrôler l'homéostasie digestive du jeune poulet. La plasticité du tube digestif dans les premiers jours de la vie offre une opportunité unique pour orienter précocement l'homéostasie digestive. A cet égard, différentes stratégies alimentaires précoces peuvent être prises en compte pour moduler et améliorer la santé et le bien-être des poulets tout en garantissant l'efficacité alimentaire. Les stratégies alimentaires testées dans cette étude ont été choisies sur la base des propriétés biologiques connues d'additifs utilisables en alimentation animale et des hypothèses suivantes :

- Le stress oxydatif dû au développement des tissus digestifs rapide après l'éclosion pourrait être contrôlé à l'aide de composés antioxydants tels que la vitamine E ou le carvacrol (Hashemipour et al., 2013; Du et al., 2016; Pitargue et al., 2019).
- Le développement rapide de l'épithélium intestinal et du système immunitaire pourrait être favorisé par des médiateurs cellulaires tels que le butyrate, qui est connu pour fournir de l'énergie aux entérocytes et orienter de multiples fonctions dont la production de peptides antimicrobiens (Craig et al., 2020).
- L'établissement du microbiote intestinal pourrait également être modulé par des prébiotiques tels que les Xylo-OligoSaccharides qui sont connus pour stimuler les bactéries productrices d'acides gras à chaîne courte dans les caeca (De Maesschalck et al., 2015).

De plus, la nature des aliments utilisés dans le régime alimentaire peut avoir un impact sur les fonctionnalités intestinales. Par exemple, Recoules et al. (2019) ont montré que la production de protéines endogènes dans le tube digestif est spécifique de la matière première incorporée dans le régime avec une activation des protéines de maintien de l'homéostasie intestinale pour le soja et de l'inflammation pour le pois. La nature des matières premières constitutives du régime pourrait donc interagir avec les ingrédients d'intérêt pour moduler les effets biologiques. Aussi, nous avons étudié les effets à court terme d'une supplémentation précoce sur l'homéostasie digestive de l'hôte d'ingrédients précités dans des régimes

contenant différents types de matières premières : classique (maïs-soja - MS) ou plus local (blé-féverole - BF) pour tenir compte de la diversité sur le marché européen.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Incubation des œufs, oiseaux, logement

Toutes les procédures expérimentales de cette étude ont été réalisées conformément aux directives européennes pour le soin et l'utilisation des animaux dans la recherche (Directive 2007/43/CE) et ont été approuvées par le comité d'éthique local (CEEA-19). Les œufs à couvrir de poulets de chair Ross 308 ont été désinfectés. L'incubation des œufs a été réalisée dans des conditions standards jusqu'au jour 19 (E19). A l'éclosion, les 432 poussins ont été sexés et vaccinés par pulvérisation contre la coccidiose. Le premier jour (24h), ils ont été maintenus à jeun dans des boîtes de transport en carton (50 poussins/boîte) dans une pièce chauffée à 21 °C. Les programmes lumineux et thermique ont par la suite suivi les recommandations pour le poulet de chair Ross 308.

1.2. Design expérimental

Le plan expérimental suit une approche factorielle 2 x 6 (régime alimentaire x additifs). Les poussins ont reçu deux types de régime de base différents : un régime commercial à base de maïs et de soja (MS : maïs 48%, tourteau de soja 42%, huile soja 4%) ou un régime local à base de blé et féverole (BF : blé 55%, tourteau de tournesol 12%, tourteau de soja 6%, drèches de blé 5%, féverole 5%). Cinq additifs alimentaires ont été ajoutés aux deux régimes de base : i) 0,4 % de vitamine E ; ii) 0,3 % de butyrate ; iii) 0,02 % de capsaïcine ; iv) 0,03 % de carvacrol ; v) 0,1 % de Xylo-OligoSaccharide (XOS), ou vi) sans supplémentation (témoin). Chaque traitement comprenait six répétitions réparties dans 72 parquets avec 6 poussins chacun. Les poids ont été mesurés individuellement et les consommations d'aliment et d'eau à l'échelle du parquet.

1.3 Analyses biochimiques

Pour 15 poussins nourris par traitement, un échantillon de jéjunum a été collecté aux jours 9 et 10, et a été utilisé pour mesurer l'activité enzymatique de la glutathion peroxydase (GPx ; U/L - Randox Laboratories), de la glutathion réductase (GR ; U/mL - Sigma-Aldrich), le statut antioxydant total (TAS ; mmol/L - Randox Laboratories), la peroxydation des lipides (TBARS ; Thiobarbituric Acid Reactive Substances ; mg of MDA/kg de chair - Randox Laboratories) selon la méthode de Lynch et Frei (1993) et l'activité de la phosphatase alcaline (U / g de tissu) selon Gabriel et al. 2003. L'haptoglobine au niveau sanguin (mg/ml) a par ailleurs été dosée à partir d'un kit commercial (Tridelta Development).

1.4. Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle linéaire mixte comprenant la supplémentation en additifs, le type de régime et leur interaction, et les effets fixes ont été la cellule, le jour et la ligne de prélèvement. L'unité expérimentale était le parquet pour la consommation en aliment et le poulet pour les autres variables. Les différences entre les moyennes des traitements ont été estimées à l'aide du test de comparaison multiple de Tukey. Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R 4.3.2 et à l'aide des packages agricolae, vioplot, dplyr, tidyverse, et rstatix.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Dans cette étude, nous avons étudié comment l'homéostasie digestive des poussins pouvaient être modulées par une supplémentation de cinq additifs (vitamine E, carvacrol, butyrate, capsaïcine, Xylo-OligoSaccharides), ciblant des fonctions biologiques spécifiques (antioxydant, anti-inflammatoire ou prébiotique) et ce, sur deux bases alimentaires (MS-Standard : maïs- soja ou BF: blé - féverole).

Le régime BF a induit une détérioration de l'indice de consommation des animaux par rapport au régime standard MS (Figure 1) mais a permis une diminution de l'humidité des litières (résultats non présentés).

Dans les deux régimes alimentaires, la vitamine E a induit une diminution de la peroxydation lipidique jéjunale illustrant son activité antioxydante (Figure 2 ; -40% ; $p.val=7.10^{-10}$), et dans le régime BF une amélioration du statut antioxydant total plasmatique (BF +40,2% ; $p.val=1.0^{-2}$; résultats non présentés). Elle a également induit une diminution de l'activité de la phosphatase alcaline (Figure 3 ; -46%, $p.val=8.10^{-6}$) au niveau jéjunale confirmant son rôle dans la régulation du cycle oxydo-inflammatoire.

Dans les deux régimes, le carvacrol a induit également une diminution de l'activité de la

phosphatase alcaline au niveau du jéjunum (Figure 3 ; -44% ; $p.val= 1.10^{-6}$). Il a également conduit à une augmentation de l'activité de la glutathion réductase, enzyme impliquée dans la régulation du stress oxydant avec le régime BF par rapport à celle observée avec le régime MS (+32% ; $p.val= 3.10^{-2}$, résultats non présentés).

En revanche, aucune molécule n'a eu d'effet détectable sur l'activité de la glutathion peroxydase, enzyme clé du système antioxydant, et ce, quel que soit le régime alimentaire.

Enfin, dans les deux régimes, la supplémentation en capsaïcine a induit une diminution de l'haptoglobine plasmatique (Figure 4 ; -20%, $p.val=4.10^{-3}$) suggérant une activité anti-inflammatoire au niveau systémique.

Des analyses complémentaires dans le jéjunum et les tonsilles caecales (immunité intestinale) sont en cours. Plus particulièrement, l'étude de l'effet de telles stratégies sur la morphologie des villosités et des cryptes intestinales ou encore les profils expressionnels de gènes impliqués dans l'homéostasie digestive (absorption, intégrité membranaire, immunité, populations cellulaires, apoptose/prolifération) sont en cours.

CONCLUSION

D'une manière générale, le régime BF-local était favorable à l'homéostasie digestive avec des capacités anti-oxydantes plus importantes et un stress oxydatif réduit notamment en réponse aux différentes supplémentations. Cette étude a montré que l'homéostasie digestive des poussins peut être modulée précocement dans la vie de l'animal et ce, en fonction du type de matières premières et d'additifs. Les possibilités de pilotage à long terme de l'homéostasie digestive devront être validées par la suite.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ballou, A. L. et al. 2016. Front. Vet. Sci. (3), 1–12.
Craig, A. D., Khattak, F., Hastie, P., Bedford, M. R. & Olukosi, O. A. 2020. Br. Poult. Sci. (61), 70–78.
De Maesschalck, C. et al. 2015. Appl. Environ. Microbiol. (81), 5880–5888.
Du, E. et al. 2016. J. Anim. Sci. Biotechnol. (7), 1–10.
Gabriel I., Mallet S., Leconte M. 2003. Br. Poult. Sci. (44) 283–290.
Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A. & Veldkamp, T. 2013. Poult. Sci. (92), 2059–2069.
Lynch, SM et Frei, B. 1993 J. Rés. lipidique (34) 1745-1753.
Pitargue, F. M., Kim, J. H., Goo, D., Delos Reyes, J. B. & Kil, D. Y. 2019. Poult. Sci. (98), 4584–4594.
Recoules, E. et al. 2019. Sci. Rep. (9), 1–11.

Figure 1. Effet du régime alimentaire sur l'indice de consommation (Feed Conversion Ratio).

Le résultat de l'ANOVA entre les groupes est le suivant: ***<0.01

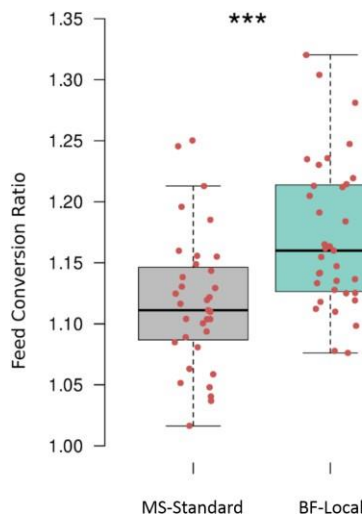


Figure 2. Effet de la supplémentation en additifs dans les deux régimes alimentaires sur l'indice TBARS dans le jéjunum.

Ctrl = control, Vit.E= vitamine E, Buty= Butyrate, Caps = Capsaïcine, Carv = Carvacrol, XOS = Xylo OligoSaccharides. Les résultats du test de comparaison de moyennes post-hoc de Tukey est indiqué par a, b.

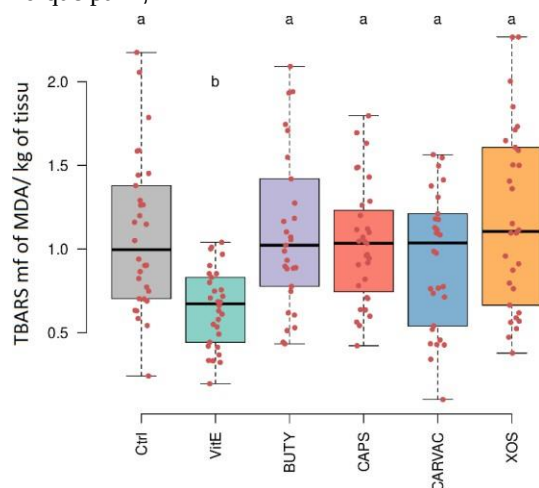


Figure 3. Effet de la supplémentation en additifs dans les deux régimes alimentaires sur l'activité de la phosphatase alcaline (U/ g de tissu) au niveau du jéjunum.

Ctrl = control, Vit.E= vitamine E, Buty= Butyrate, Caps = Capsaïcine, Carv = Carvacrol, XOS = Xylo OligoSaccharides. Les résultats du test de comparaison de moyennes post-hoc de Tukey est indiqué par a, b, ab.

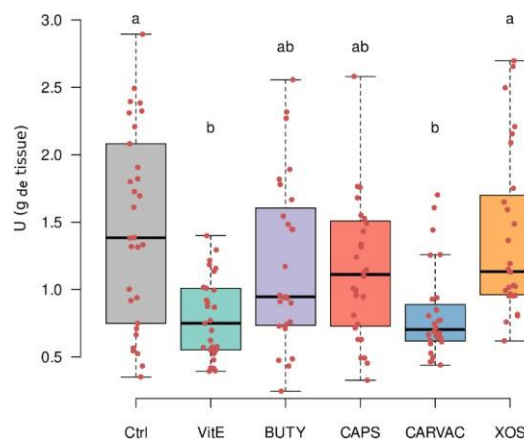


Figure 4. Effet de la supplémentation en additifs dans les deux régimes alimentaires sur la présence de l'haptoglobine (mg/ml) plasmatique.

Ctrl = control, Vit.E= vitamine E, Buty= Butyrate, Caps = Capsaïcine, Carv = Carvacrol, XOS = Xylo OligoSaccharides. Les résultats du test de comparaison de moyennes post-hoc de Tukey est indiqué par a, b, ab.

