



Impact du niveau d'apport de zinc et de cuivre sur leur digestibilité chez les porcelets sevrés, avec ou sans supplémentation en xylanase et protéase

Mohamed Ali KETATA, Marie-Pierre LETOURNEAU-MONTMINY, Frédéric GUAY

Département des sciences animales, Université Laval, Québec, G1V 0A6 Canada

Frederic.guay@fsaa.ulaval.ca

Impact of zinc and copper intake on their digestibility in weaning piglets, with or without xylanase and protease supplementation

This study aimed to evaluate effects of dietary zinc (Zn) and copper (Cu) concentrations and xylanase and protease supplementation on ileal and colonic digestibilities of Zn and Cu. In a 3 × 2 factorial experiment, 36 pigs received one of 6 diets (barley-wheat-soya bean meal) supplemented with 3 levels of Zn/Cu (125/20, 250/40 and 500/80 mg/kg, respectively) and with or without a mixture of xylanase and protease. The contents of the digestive tract were collected at the end of the ileum and colon. Zn/Cu supplementation from 125/20 to 500/80 increased total and soluble Zn ($P < 0.05$) and Cu ($P < 0.05$) contents in the ileum and colon. Zn/Cu and enzyme supplementation did not influence the percentage of soluble Zn or Cu in the ileum. However, Zn/Cu supplementation from 125/20 to 500/80 reduced the percentage of soluble Cu in the colon ($P < 0.05$) but had no effect on that of soluble Zn. Zn/Cu and enzyme supplementation did not influence ileal Zn or Cu digestibility. Colonic digestibility of Cu was reduced by enzymes, but only with the 125/20 treatment (Zn/Cu × enzyme interaction, $P < 0.05$). The 500/80 treatment had higher colonic digestibility of Zn than the 125/20 and 250/40 treatments ($P < 0.05$), while the addition of the enzyme supplement had no effect on it. Xylanase/protease supplementation influences the digestibility of Cu but not its solubility. For Zn, 500 mg/kg increased its digestibility by increasing soluble Zn in the digestive tract.

INTRODUCTION

Les besoins totaux en Zn (50 à 100 mg/kg d'aliments) et en Cu (5 à 6 mg/kg d'aliments) ont été établis pour les porcelets et les porcs en croissance (NRC, 2012). Toutefois, la supplémentation en Zn et Cu est souvent plus élevée dans les aliments (Dalto et da Silva, 2020). Des apports plus élevés seraient nécessaires afin de prendre en compte la variation des besoins et les interactions entre le Zn et Cu et les autres composants du régime (Brugger et Windisch, 2017 ; Espinosa et Stein, 2021). En effet, certaines composantes, comme les protéines et les fibres, peuvent affecter la digestibilité des micro-minéraux (Byrne et Murphy, 2022). La supplémentation en xylanase dans l'alimentation des porcs a ainsi été utilisée pour réduire les effets antinutritionnels des fibres (Petry et Patience, 2020). Le supplément de protéase est utilisé pour hydrolyser les polypeptides de haut poids moléculaire pour leur digestion ultérieure par des protéases endogènes (Glitso *et al.*, 2012). Concernant les micro-minéraux, peu d'études ont été réalisées sur l'impact des protéase/xylanase sur leur digestibilité, notamment le Zn et le Cu. L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'effet de la concentration alimentaire en Zn et Cu sur leur digestibilité iléale et au niveau du colon dans des régimes supplémentés ou non en xylanase/protéase.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et régimes

Un régime alimentaire à base de blé, d'orge et de tourteaux de soja a été supplémenté par trois niveaux de Zn/Cu (125/20,

250/40 et 500/80 mg/kg sous forme d'oxyde de Zn et sulfate de Cu) et un mélange de deux enzymes, une protéase (Enzynat Pro 125, 2 250 U/kg, Jefe Animal Nutrition St-Hyacinthe, Qc, Canada) et une xylanase (Belfeed B1100 MP, 1 100 UI/kg, Jefe Animal Nutrition) afin d'avoir 6 régimes différents. Pour chaque traitement, du dioxyde de titane (Ti, 0,3 %) a été ajouté comme marqueur indigestible.

Trente-six porcelets sevrés ($9,6 \pm 1,32$ kg) ont été utilisés dans une expérience factorielle 3 × 2. Chaque enclos a été affecté au hasard à l'un des six régimes expérimentaux et les trois porcs par enclos nourris à volonté avec l'un des régimes pendant 7 jours. À la fin de l'essai, les porcs ont été euthanasiés par surdose de pentobarbital sodique (Vetoquinol inc. Lavaltrie, Qc, Canada) environ 2 h après le dernier repas. Les contenus de l'extrémité de l'iléon et du colon ont été collectés. Pour l'analyse de la fraction soluble, des échantillons de ces contenus ont été centrifugés (2 000 g pendant 15 min à 4°C) pour séparer la fraction liquide de la partie solide du digesta.

1.2. Analyse de laboratoire, analyses statistiques et calculs

Les contenus de l'iléon et du colon ont été lyophilisés et broyés à l'aide d'un broyeur Cyclotec TM (FOSS, Nanterre, Paris, France) jusqu'à une granulométrie inférieure à 1 mm. Ils ont été analysés pour les concentrations de Zn, Cu et de Ti à l'aide d'un spectroscope à plasma à couplage inductif (ICP) (Optima 4300, Perkin Elmer, Wellesley, Massachusetts (MA), USA).

La digestibilité apparente du colon (DAC) et la digestibilité iléale apparente (DIA) ont été calculées à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Digestibilité apparente [\%]} = \frac{(1 - (\text{Nutriments}_{\text{digesta}} \times \text{Ti}_{\text{aliments}}) / (\text{Nutriments}_{\text{aliments}} \times \text{Ti}_{\text{digesta}})) \times 100}{}$$

L'analyse statistique a été réalisée en utilisant la procédure mixte du logiciel Minitab (version 20, State College, PA, USA). Le modèle incluait les effets fixes du supplément enzymatique et du niveau de Zn /Cu ainsi que l'interaction Enzymes × Zn/Cu. Dans cette étude, les valeurs $P \leq 0,05$ étaient considérées comme significatives et les valeurs $P < 0,10$ comme tendance.

2. RESULTATS

La supplémentation en Zn/Cu de 125/20 à 500/80 a augmenté les teneurs totales et solubles en Zn et Cu dans le digesta iléal (Tableau 1, $P < 0,05$) mais n'a pas affecté la DIA ni le % de Zn et Cu soluble. Dans le colon, la supplémentation en Zn/Cu a augmenté les teneurs totales et solubles en Cu et Zn ($P < 0,05$), a réduit le % de Cu soluble ($P < 0,05$), mais n'a eu aucun effet sur le % de Zn soluble.

Le supplément enzymatique n'a eu aucun effet sur les teneurs totales et solubles en Zn et en Cu dans l'iléon et le colon. Le supplément enzymatique a réduit la DAC de Cu, mais uniquement dans le traitement 125/20. (Interaction Zn/Cu × Enzyme, $P < 0,05$). Enfin, le traitement 500/80 avait une DAC de Zn plus élevée que les traitements 125/20 et 250/40 ($P < 0,05$).

CONCLUSION

La supplémentation croissante en Zn/Cu a augmenté les teneurs totales et solubles en Zn et Cu dans l'iléon et le colon. Pour le Zn, cette hausse a été associée avec une augmentation de la digestibilité du Zn à la fin du colon. Pour le Cu, l'effet sur la digestibilité colique serait dépendant de la présence du supplément enzymatique suggérant que les produits de dégradation des enzymes agiraient négativement sur la digestibilité du Cu lorsque l'apport alimentaire en Cu est réduit.

Tableau 1 - Effet du niveau alimentaire de zinc et de cuivre et du supplément enzymatique de xylanase/protéase sur la teneur et la digestibilité du zinc et du cuivre dans le digesta de l'iléon et du colon.

Enzyme ¹	Sans			Avec			ET ²	Valeur de P		
	Zn/Cu	125/20	250/40	500/80	125/20	250/40		500/80	Zn/Cu	Enz
Iléon										
Zn soluble, mg/L	4,76 ^a	10,29 ^b	11,07 ^b	2,92 ^a	13,92 ^b	14,75 ^b	2,288	0,001	0,301	0,335
Zn total, µg/g	284 ^a	515 ^b	923 ^c	260 ^a	656 ^b	997 ^c	145,5	0,001	0,423	0,734
Zn soluble ³ , %	14,2	15,2	12,4	9,87	17,5	10,0	3,21	0,245	0,586	0,59
Cu soluble, mg/L	2,71 ^a	6,54 ^a	14,54 ^b	3,91 ^a	3,94 ^a	16,02 ^b	2,645	0,001	0,990	0,71
Cu total, µg/g	67,7 ^a	120,8 ^b	196,9 ^c	79,2 ^a	117,2 ^b	209,3 ^c	25,4	0,001	0,615	0,917
Cu soluble ³ , %	31,9	39,0	62,9	37,1	26,8	38,5	10,90	0,144	0,203	0,410
Digestibilité, %										
Zn	59,2	54,9	60,8	57,1	49,0	55,4	7,30	0,405	0,264	0,922
Cu	43,9	40,2	49,2	37,8	29,7	47,9	9,54	0,158	0,296	0,916
Colon										
Zn soluble, mg/L	10,23 ^a	21,66 ^b	39,71 ^c	9,96 ^a	18,96 ^b	40,81 ^c	4,862	0,001	0,877	0,921
Zn total, µg/g	484 ^a	851 ^b	1447 ^c	494 ^a	912 ^b	1423 ^c	62,9	0,001	0,73	0,783
Zn soluble ³ , %	43,7	49,9	56,1	39,3	42,1	57,5	8,46	0,164	0,613	0,853
Cu soluble, mg/L	0,524 ^a	0,714 ^a	1,025 ^b	0,672 ^a	0,753 ^a	1,075 ^b	0,164	0,003	0,334	0,858
Cu total, µg/g	87,8 ^a	153 ^b	255 ^c	104 ^a	154 ^b	255 ^c	11,7	0,001	0,125	0,713
Cu soluble ³ , %	13,8 ^a	8,64 ^{ab}	7,57 ^b	11,6 ^a	10,26 ^{ab}	8,00 ^b	1,65	0,007	0,954	0,399
Digestibilité, %										
Zn	46,0 ^a	46,7 ^a	51,9 ^b	48,8 ^a	46,5 ^a	51,9 ^b	1,15	0,001	0,335	0,372
Cu	50,8 ^z	48,3 ^z	51,9 ^z	42,3 ^y	50,2 ^z	49,0 ^z	1,18	0,002	0,001	0,004

¹ Protéase fournie (Enzynat Pro 125, 2 250 U/kg, Jefe Animal Nutrition St-Hyacinthe, Qc, Canada) et xylanase (Belfeed B1100 MP, 1 100 UI/kg, Jefe Animal Nutrition) ; ² Erreur type des moyennes ; ³ % de minéraux solubles pour 100 g de digesta frais ; ^{a, b, c} Résultats du test de Tukey pour le niveau de Zn/Cu : au sein d'une même ligne, les moyennes sans exposant commun diffèrent ($P < 0,05$) ; ^{x, y, z} Résultats du test de Tukey pour le niveau de Zn/Cu × supplément enzymatique : dans une ligne, les moyennes sans exposant commun diffèrent ($P < 0,05$).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brugger D., Windisch W.M., 2017. Strategies and challenges to increase the precision in feeding zinc to monogastric livestock. *Animal Nutrition*, 3(2), 103-108.
- Byrne L., Murphy R.A., 2022. Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A Review. *Animals*, 12, 1981.
- Dalton D.B., da Silva C.A., 2020. A survey of current levels of trace minerals and vitamins used in commercial diets by the Brazilian pork industry - A comparative study. *Transl. Anim. Sci.*, 4, txaa195.
- Espinosa C.D., Stein H.H., 2021. Digestibility and metabolism of copper in diets for pigs and influence of dietary copper on growth performance, intestinal health, and overall immune status: a review. *J. Anim. Sci. and Biotech.*, 12(1), 1-12.
- Glitso V., Pontopidian K., Knap K., Ward N., 2012. Development of a feed protease. *Ind. Biotechnol.*, 8, 172-5.
- NRC. 2012. National Research Council-Nutrient Requirements of Swine-National Academies Press.
- Petry A.L., Patience J.F., 2020. Xylanase supplementation in corn-based swine diets: A review with emphasis on potential mechanisms of action. *J. Anim. Sci.*, 98(11), 1-12.