

EFFICACITE D'UN APPORT DE PHYTASE NON ENROBEE ET ENROBEE SUR POULETS MALES

**Männer Klaus¹, Mueller Armin², von Heimendahl Elke², Kinzinger S.L.²,
Calendrier, Denis³, Cadieu Marie³**

¹ *Institute of Animal Nutrition- Freie Universität Berlin - Königin-Luise-Strasse 49 - 14195
Berlin, Allemagne*

² *Lohmann Animal Nutrition GmbH - Zeppelinstraße 3- 27472 Cuxhaven, Allemagne*

³ *Lohmann Animal Nutrition GmbH - 46 avenue des frères Lumière- 78190 Trappes, France*

denis.calendrier@lohmman-an.de

RÉSUMÉ

L'objet de cette étude est de mesurer l'effet d'une phytase enrobée et non enrobée sur les performances et la minéralisation des os des poulets. Cent poussins de 1 jour furent logés en cages métaboliques de 2 oiseaux/cage et répartis en 5 traitements. Les traitements expérimentaux consistent en la supplémentation d'une nouvelle phytase protégée et non protégée à des doses de 250 et 500 FTU/kg d'aliment, respectivement (6-phytase E.C. 3.1.3.26, Enzy Phostar, Lohmann Animal Nutrition, Cuxhaven, Germany). La période d'alimentation allait, selon les recommandations Gfe 1999, de 1 à 14 jours d'âge (démarrage) et 15 à 35 jours d'âge (croissance). L'apport de phosphore dans l'aliment (farine) a été diminué pour permettre une réponse zootechnique à l'ajout de phytase enrobée ou non enrobée aux doses de 250 ou 500 FTU /kg d'aliment. Le niveau de phosphore digestible du régime à bas niveau de phosphore a été calculé de façon à atteindre 2.5 g/kg dans l'aliment démarrage et 2.2 g/kg pour l'aliment croissance. Les critères mesurés étaient le poids corporel, le GMQ, la consommation d'aliment et l'IC ainsi que la digestibilité iléale (cendres brutes, phosphore, calcium) et la minéralisation de l'os du tibia. Les poulets nourris avec l'aliment sous dosé en phosphore et sans ajout de phytase atteignirent 80% du gain de poids corporel prévu par l'éleveur. Ceux nourris avec l'aliment phytasé ont vu leur gain de poids corporel croître significativement (+13.4%) et l'IC diminuer significativement (10.4%) par rapport aux animaux ayant reçu l'aliment sans phytase. En se basant sur la digestibilité iléale apparente du phosphore, la phytase enrobée était meilleure à 250 FTU/Kg et significativement meilleure à 500 FTU / Kg par rapport à la phytase non enrobée. Les bénéfices de la phytase non enrobée ou enrobée sont significativement corrélés avec la dose de phytase. Ce fut aussi le cas pour la digestibilité iléale apparente et la teneur de l'os du tibia en cendre brute et calcium. Cependant, les effets liés à l'enzyme furent plus faibles que ceux mesurés pour la digestibilité et la déposition du phosphore sur les tibias.

La digestibilité iléale et la minéralisation des tibias des poulets nourris avec l'aliment contenant de la phytase enrobée à 250 et 500 FTU/kg d'aliment étaient supérieures à celles de l'aliment contenant de la phytase non enrobée. De plus, les bénéfices liés à la nouvelle phytase non enrobée ou enrobée sont corrélés avec la dose d'incorporation dans l'aliment.

ABSTRACT

Efficacy of phytase supplemented as uncoated or coated source in male broiler chickens

The aim of this study was to evaluate the effect of a coated and uncoated phytase on performance and bone mineralization in broiler chickens. 100 one-day-old male broiler chickens were housed in balance crates with 2 birds per cage and allotted to 5 treatments. Experimental treatments resulted from supplementation of the control diet with the new phytase in uncoated or coated form at dose levels of 250 and 500 FTU per kg of diet, respectively (6-phytase E.C. 3.1.3.26, Enzy Phostar, Lohmann Animal Nutrition, Cuxhaven, Germany). The feeding period included starter (1 to 14 d of age) and grower diets (15 to 35 d) according to the recommendations Gfe 1999, except that phosphorus was reduced in order to allow for a response to additional phytase supply as uncoated or coated product at dose levels of 250 or 500 FTU per kg feed. The digestible phosphorus content of the diets was calculated to be 2.5 g per kg for the starter and 2.2 g per kg for the grower diet. Investigated parameters were body weight, body weight gain, feed intake and FCR. Additionally, ileal digestibility of crude ash, phosphorus and calcium, and tibia bone mineralization were determined at the end of the trial period. Due to the inadequate phosphorus supply productive performance of birds fed diets without phytase addition reached approximately 80% of the intended body weight gain given by the breeding company. Phytase addition led to significantly increased body weight gain (+13.4%) and significantly reduced (10.4%) FCR compared to birds fed without phytase. Based on apparent ileal digestibility of phosphorus it could be shown that the coated phytase was numerically (250 FTU per kg of diet) or significantly (500 FTU) better in comparison to the uncoated preparation. Moreover, the benefits of uncoated or coated phytase correlated significantly with the dose level. This was also the fact for apparent ileal digestibility and tibia bone deposition of crude ash and calcium. However, the enzyme dependent effects were lower than those recorded for digestibility and tibia deposition of phosphorus.

In summary, based on apparent ileal digestibility and tibia mineralization the coated phytase at the dose levels of 250 and 500 FTU per kg of diet was superior to the uncoated form. Moreover, the efficacy of uncoated and coated new phytase correlated with the dose level.

INTRODUCTION

Comme beaucoup de protéines, les enzymes sont sensibles à la température. La stabilité thermique des enzymes est très importante car la plupart des aliments sont sous forme de granulés. L'enrobage (coating) est une des possibilités pour augmenter leur taux de survie durant le processus de granulation. Cependant l'enrobage peut ralentir la libération de l'enzyme dans l'intestin et par conséquent réduire son efficacité. L'objet de cette étude a été de mesurer l'efficacité d'une même phytase enrobée et non enrobée chez le poulet de chair aux doses recommandées de 250 et 500 FTU/kg d'aliment sous dosé en phosphore sur une période de 35 jours d'élevage.

1. MATERIELS ET METHODES

Cent poussins males Cobb de 1 jour ont été répartis en 5 traitements de 20 oiseaux. Les poussins étaient logés dans des cages métaboliques avec 2 oiseaux par cage soit 10 cages par traitement. Pour comparer, un groupe contrôle négatif A a été inclus, nourris avec un régime bas en phosphore et sans addition de phytase. Les traitements expérimentaux consistent en la supplémentation d'une nouvelle phytase protégée et non protégée à des doses de 250 et 500 FTU/kg d'aliment, respectivement (6-phytase E.C. 3.1.3.26, Enzy Phostar, Lohmann Animal Nutrition, Cuxhaven, Germany). La période d'alimentation de 35 jours a été divisée de 1 à 14 jours d'âge pour la phase de démarrage et de 15 à 35 jours d'âge pour la phase de croissance. L'apport de phosphore dans l'aliment a été diminué pour permettre une réponse zootechnique à l'ajout de phytase enrobée ou non enrobée aux doses de 250 ou 500 FTU /kg d'aliment. La composition des aliments figure tableau 1 (selon les recommandations GfE 1999). Le contenu total en phosphore était de 5 g/kg pour l'aliment démarrage et 4 g/kg pour l'aliment croissance (soit 2.5 g de phosphore digestible pour l'aliment démarrage et 2.2 g pour l'aliment croissance ; Tableau 1). Le contenu en calcium correspond aux spécifications minimales recommandées par l'éleveur (Démarrage: 8 g/kg ; croissance: 6.5 g/kg d'aliment). L'aliment a été produit sous forme de farine. Du dioxyde de titane (TiO_2) a été ajouté à l'alimentation (5 g/kg) en tant que marqueur pour mesurer la digestibilité iléale apparente. Les digesta de l'iléon ont été doucement recueillis par rinçage avec de l'eau distillée, à partir de la moitié postérieure entre le diverticule de Meckel et 2 cm avant la jonction iléo-caeco-colique dans des sacs en plastique scellés et conservés à -20°C , avant d'être lyophilisés pour analyses chimiques. Les digesta sont regroupés par cage (2 oiseaux). Poids vif, GMQ, consommation et IC ont été déterminés par cage (2 oiseaux) et par semaine jusqu'à 35 jours d'âge quand tous les oiseaux ont été abattus pour déterminer la digestibilité iléale apparente...

Les tibias gauches de chaque poulet ont été prélevés, puis préparés pour la mesure du poids, de la matière sèche et du dépôt minéral.

Tous les digesta de l'iléon et tous les tibias ont été analysés pour la matière sèche, les cendres brutes, le calcium et le phosphore. Les analyses ont été effectuées conformément aux méthodes publiées par VDLUFA. Pour minimiser l'effet de la concentration de graisse, tous les os ont été dégraissés. La teneur en dioxyde de titane a été mesurée en utilisant un spectrophotomètre UV suivant le procédé de Myers et al. (2004).

Les analyses statistiques ont été réalisées avec SPSS (IBM SPSS version 21) et basés sur Oneway Anova en considérant la cage comme l'unité expérimentale.

2. RESULTATS

Les caractéristiques des performances sont mesurées de 1 à 35 jours d'âge (Tableau 2). Le gain de poids corporel moyen du groupe contrôle négatif (A) a atteint 1546 g (44 g/jour). Pour les oiseaux nourris avec l'aliment phytasé (500FTU/kg), le gain de poids corporel moyen a été significativement augmenté en moyenne de 13.4% par rapport aux animaux ayant reçu l'aliment sans phytase. Quant aux oiseaux nourris avec la nouvelle phytase à la dose de 500 FTU/kg d'aliment, le gain de poids corporel a été légèrement (3.3% en moyenne) augmenté par rapport à celui enregistré à la teneur de 250 FTU/kg.

La consommation d'aliment des volailles nourries avec l'aliment contrôle a atteint 2616 g (75 g/jour). Avec l'addition de phytase, la consommation d'aliment a légèrement augmenté en moyenne de 1.5%.

Ces mesures de gain de poids corporel et consommation n'ont pas montré un effet dose consistant que l'enzyme soit enrobée ou non.

L'IC du groupe contrôle était de 1.69. La supplémentation de phytase a significativement amélioré l'IC dans tous les groupes en moyenne de 10.4% en raison d'une augmentation du poids corporel.

La digestibilité iléale apparente du phosphore des poulets nourris avec le régime contrôle a atteint 43.0% (Tableau 3). Concernant les régimes contenant de la phytase, on observe une augmentation significative de la digestibilité iléale du phosphore ainsi qu'un net effet dose. L'alimentation phytasée (protégée et non protégée) à 500 FTU par kg d'aliment a entraîné une meilleure digestibilité iléale apparente du phosphore par rapport à un niveau de dose plus faible (250 FTU) (voir tableau 3). La réponse était significativement plus élevée pour l'aliment avec la phytase protégée à 500 FTU/kg que celle enregistrée pour la forme non protégée.

Cet effet dose marquée sur la digestibilité iléale de phosphore n'est pas retrouvé pour les cendres brutes et le calcium. Seul la phytase enrobée permet une amélioration significative de la digestibilité du Ca

entre les 2 doses utilisées. L'effet bénéfique significatif de la phytase sur la digestibilité iléale apparente du phosphore correspond à une augmentation significative des concentrations en phosphore digestible alimentaire par rapport au groupe contrôle négatif, allant de 0,40 g par kg d'aliment (phytase non enrobée, 250 FTU) jusqu'à 1,00 g par kg d'aliment (phytase enrobée, 500 FTU).

Les effets de la supplémentation de phytase sur la minéralisation des os du tibia sont présentés dans le tableau 4. Le poids du tibia des volailles nourries avec l'aliment sans phytase atteint 10.1 g. Avec l'addition de phytase, la moyenne du poids de l'os du tibia a été approximativement plus haut de 9.6% comparé au groupe contrôle. Cependant, les différences entre les doses, ne sont pas significatives. La moyenne du contenu en matière sèche des tibias atteint 37.3%. La moyenne du contenu en phosphore des tibias des volailles des traitements B-E a été significativement augmentée de 27% en comparaison avec les volailles nourries avec le groupe contrôle. L'effet dose sur le contenu en Phosphore des tibias a été significatif. De plus, le dépôt de phosphore sur les os du tibia des volailles nourries avec la phytase enrobée a été numériquement (250 FTU) ou significativement (500 FTU) supérieur en comparaison avec les volailles nourries avec la phytase non protégée.

Des effets de l'enzyme sur la minéralisation du tibia ont également été observés pour les cendres brutes et les teneurs en calcium de la matière sèche dégraissée par rapport aux poulets nourris avec le régime sans ajout de phytase quels que soit la dose de phytase et que l'enzyme soit enrobée ou non.

3. DISCUSSION

Les résultats de cet essai montrent que l'inclusion de phytase dans l'alimentation améliore significativement la digestibilité iléale apparente du phosphore et la teneur en phosphore de la matière grasse libre du tibia comparé aux poulets nourris avec un régime alimentaire faible en phosphore sans ajout de phytase. De plus, les effets de la phytase ont aussi été montrés sur la digestibilité iléale apparente et les concentrations en cendres brutes et calcium du tibia (tableau 3 et 4). Dans cet essai, la digestibilité iléale et la minéralisation des os du tibia étaient des facteurs plus sensibles que les performances de croissance quel que soit la phytase : enrobée ou non. Donc, à la vue de la digestibilité iléale apparente du phosphore on a pu montrer que la phytase enrobée était numériquement (250FTU/kg d'aliment) ou significativement (500FTU/kg d'aliment) meilleure par rapport à la phytase non enrobée.

L'augmentation de la digestibilité iléale du Phosphore et du Calcium, ainsi que l'augmentation des cendres brutes des os du tibia à la suite d'une supplémentation en phytase ont également été démontré par Viveros et al. (2002) et de Marcher et al. (2012).

CONCLUSION

En se fondant sur la digestibilité iléale et la minéralisation des os du tibia, on peut conclure que la protection n'a pas d'influence négative sur la bio-efficacité de la phytase testée. La nouvelle Phytase protégée était supérieure, aux doses de 250 et 500FTU/kg d'aliment, à la phytase non protégée. En outre, les bénéfices de la nouvelle phytase protégée ou non sont corrélés avec la dose.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. GfE, 1999: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. DLG-Verlags-GmbH.
2. Myers, W. D., Ludden, P. A., Nayigihugu, V., Hess, B. W., 2004. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. J. Anim. Sci. 82: 179-183.
3. VDLUFA., 1993: The chemical analysis of feedstuffs of VDLUFA (1st - 7th supplement delivery). VDLUFA-Verlag, Speyer
4. Viveros A., Brenes A., Arijia I. et Centenos C., Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broilers chicks fed different levels of phosphorus. Poult Sci 81 (8): 1172-83
5. Walk C.L., Bedford M.R., McElroy A.P., 2012. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. Poult Sci, 91(6):1371-8
6. WPSA, 1984. The prediction of apparent metabolisable energy values for poultry in compound feeds. World's Poult. Sci. 40: 181-182.

Tableau 1 – Ingrédients et caractéristiques nutritionnelles des aliments démarrage et croissance

Ingrédients (%)	Démarrage (0-14 jours)	Croissance (15-35 jours)
Blé	46.33	49.46
Tourteau de soja	34.50	30.15
Maïs	10.00	10.00
Huile de soja	5.60	6.8
Carbonate	1.56	1.36
Phosphate monocalcique	0.50	0.13
Premix	1.20	1.20
DL-Methionine	0.23	0.24
L-Lysine HCL	0.08	0.16

Caractéristiques nutritionnelles (/kg d'aliment)	Démarrage (0-14 jours)	Croissance (15-35 jours)
ME* (MJ)	12.20	12.60
Protéines brutes (g)	220.0	205.0
Lysine (g)	12.40	11.80
Méthionine/Cystine (g)	9.40	9.10
Calcium (g)	8.00	6.50
Phosphore total (g)	5.00	4.00
Phosphore digestible (g)	2.50	2.20
Sodium (g)	1.6	1.30

*Estimé selon les WPSA 1984

Tableau 2 – Effets de la phytase sur les performances zootechniques des volailles sur l'ensemble de la période de l'essai 35 jours

Traitements	A	B	C	D	E
Phytase non enrobée FTU/kg	0	250	500		
Phytase enrobée FTU/kg	0			250	500
Poids corporel, 0 ^e jour (g)	43.2 ± 1.0	43.1 ± 1.0	43.1 ± 1.3	43.1 ± 1.3	43.1 ± 1.1
Poids corporel, 35 ^e jour (g)	1589.6 ± 68.1 ^a	1779.3 ± 79.9 ^b	1826.8 ± 57.8 ^b	1757.0 ± 63.3 ^b	1824.8 ± 34.4 ^b
Gain de poids (g)	1546.4 ± 68.5 ^a	1736.1 ± 79.6 ^b	1783.7 ± 58.5 ^b	1713.8 ± 63.0 ^b	1781.8 ± 34.8 ^b
Consommation d'aliment (g)	2615.5 ± 168.3	2664.2 ± 93.6	2646.9 ± 78.9	2627.6 ± 73.6	2679.3 ± 97.8
IC	1.691 ± 0.081 ^a	1.536 ± 0.063 ^b	1.485 ± 0.060 ^b	1.534 ± 0.044 ^b	1.504 ± 0.048 ^b

^{ab} Les moyennes avec différents exposants intra-ligne diffèrent significativement (p<0.05)**Tableau 3** – Effets de la phytase sur la digestibilité iléale (ID) des cendres brutes, du phosphore et du calcium pour des poulets de chair âgées de 35 jours

Traitements	A	B	C	D	E
Phytase non enrobée FTU/kg	0	250	500		
Phytase enrobée FTU/kg	0			250	500
ID Cendres brutes (%)	46.89 ± 5.56 ^a	50.80 ± 4.86 ^{ab}	54.07 ± 3.73 ^b	50.10 ± 2.93 ^{ab}	53.64 ± 4.95 ^b
ID Phosphore (%)	42.95 ± 6.15 ^a	52.41 ± 3.30 ^b	60.29 ± 2.95 ^c	55.65 ± 3.98 ^{bc}	65.93 ± 3.29 ^d
ID Calcium (%)	52.75 ± 6.03 ^a	58.38 ± 4.98 ^{abc}	62.02 ± 2.83 ^{bc}	57.04 ± 4.12 ^{ab}	63.84 ± 4.25 ^c

^{ab} Les moyennes avec différents exposants intra-ligne diffèrent significativement (p<0.05)**Tableau 4** – Influence de la supplémentation en phytase sur la minéralisation des os du tibia des poulets de chair âgées de 35 jours (MS = Matière Séche)

Traitements	A	B	C	D	E
-------------	---	---	---	---	---

Phytase non enrobée FTU/kg	0	250	500		
Phytase enrobée FTU/kg	0			250	500
Tibia-poids de l'os (g)	10.1 ± 1,9	10.9 ± 1.6	11.6 ± 1.1	11.1 ± 1.2	10.7 ± 1.0
Tibia sans gras – MS(%)	36.88 ± 4.10	37.98 ± 2.54	37.10 ± 1.33	37.45 ± 2.99	37.07 ± 2.08
Minéralisation des os du tibia					
Cendres brutes (g/kg MS)	262.0 ± 21.3 ^a	308.2 ± 23.8 ^b	313.1 ± 13.6 ^b	311.9 ± 32.1 ^b	320,3 ± 22.1 ^b
Phosphore (g/kg MS)	34.6 ± 2.9 ^a	40.5 ± 2.9 ^b	43.3 ± 2.9 ^b	42.4 ± 4.9 ^b	49.6 ± 4.5 ^c
Calcium (g/kg MS)	92.8 ± 9.8 ^a	106.4 ± 7.1 ^{bc}	110.5 ± 6.6 ^{bc}	108.7 ± 6.6 ^{bc}	113.1 ± 5.5 ^c

^{ab} Les moyennes avec différents exposants intra-ligne diffèrent significativement (p<0.05) DM : matière sèche

Efficacité d'un apport de phytase non enrobée et enrobée sur poulets mâles

Efficacy of phytase supplemented as uncoated or coated source in male broiler chickens

Männer Klaus¹, Mueller Armin², von Heimendahl Elke², Kinzinger S.L.², Calendrier Denis², Cadieu Marie²

1- Freie Universität Berlin, Allemagne

2- Lohmann Animal Nutrition GmbH - Cuxhaven, Allemagne

Objectif de l'essai

Mesurer l'efficacité d'une même phytase enrobée et non enrobée chez le poulet de chair sur une période de 35 jours d'élevage.

Matériels et Méthodes

100 poussins de 1 jour furent logés en cages métaboliques de 2 oiseaux/cage et répartis en 5 traitements. Les traitements expérimentaux consistent en la supplémentation d'une nouvelle phytase protégée et non protégée (6-phytase E.C. 3.1.3.26, Enzy Phostar, Lohmann Animal Nutrition) à des doses de 250 et 500 FTU/kg d'aliment sous dosé en phosphore sur une période de 35 jours d'élevage. Les critères mesurés étaient le poids corporel, le GMQ, la consommation d'aliment, l'IC, la digestibilité iléale (cendres, P et Ca) ainsi que le poids, la matière sèche et la minéralisation (cendres, P et Ca) de l'os du tibia dégraissé.

Résultats

Les poulets nourris avec l'aliment sous dosé en phosphore et sans ajout de phytase atteignirent 80% du gain de poids corporel prévu par l'éleveur. Ceux nourris avec l'aliment phytasé ont vu leur gain de poids corporel croître significativement (+13.4%) et l'IC diminuer significativement (10.4%) par rapport aux animaux ayant reçu l'aliment sans phytase. La présente étude démontre que l'inclusion de phytase dans l'alimentation améliore significativement la digestibilité du phosphore iléale apparente et le contenu en phosphore dans l'os du tibia dégraissé par rapport aux poulets nourris avec un régime alimentaire faible en phosphore sans ajout de phytase. En se basant sur la digestibilité iléale apparente du phosphore, on a pu montrer que la phytase enrobée était meilleure à 250 FTU/Kg d'aliment et significativement meilleure à 500 FTU/Kg d'aliment par rapport à la phytase non enrobée. En outre, les effets de la phytase correspondante ont aussi été montrés pour la digestibilité iléale apparente et les concentrations en cendres brutes et calcium du tibia. Un effet dose a également été observé.

Nature des Traitements	A	B	C	D	E
Phytase non enrobée FTU/kg	0	250	500		
Phytase enrobée FTU/kg	0			250	500

Effets de la phytase sur les performances zootechniques des volailles sur la période de l'essai (35 jours)

Traitements	A	B	C	D	E
Poids corporel, 0e jour (g)	43.2 ± 1.0	43.1 ± 1.0	43.1 ± 1.3	43.1 ± 1.3	43.1 ± 1.1
Poids corporel, 35e jour (g)	1589.6 ± 68.1a	1779.3 ± 79.9b	1826.8 ± 57.8b	1757.0 ± 63.3b	1824.8 ± 34.4b
Gain de poids (g)	1546.4 ± 68.5a	1736.1 ± 79.6b	1783.7 ± 58.5b	1713.8 ± 63.0b	1781.8 ± 34.8b
Consommation d'aliment (g)	2615.5 ± 168.3	2664.2 ± 93.6	2646.9 ± 78.9	2627.6 ± 73.6	2679.3 ± 97.8
IC	1.691 ± 0.081a	1.536 ± 0.063b	1.485 ± 0.060b	1.534 ± 0.044b	1.504 ± 0.048b

Effets de la phytase sur la digestibilité iléale (ID) des cendres brutes, du phosphore et du calcium pour des poulets de chair âgés de 35 jours

Traitements	A	B	C	D	E
ID Cendres brutes (%)	46.89 ± 5.56a	50.80 ± 4.86ab	54.07 ± 3.73b	50.10 ± 2.93ab	53.64 ± 4.95b
ID Phosphore (%)	42.95 ± 6.15a	52.41 ± 3.30b	60.29 ± 2.95c	55.65 ± 3.98bc	65.93 ± 3.29d
ID Calcium (%)	52.75 ± 6.03a	58.38 ± 4.98abc	62.02 ± 2.83bc	57.04 ± 4.12ab	63.84 ± 4.25c

Influence de la supplémentation en phytase sur la minéralisation des os du tibia des poulets de chair âgés de 35 jours

Traitements	A	B	C	D	E
Tibia-poids de l'os (g)	10.1 ± 1,9	10.9 ± 1.6	11.6 ± 1.1	11.1 ± 1.2	10.7 ± 1.0
Tibia sans gras – MS (%)	36.88 ± 4.10	37.98 ± 2.54	37.10 ± 1.33	37.45 ± 2.99	37.07 ± 2.08
Minéralisation des os du tibia					
Cendres brutes (g/kg MS)	262.0 ± 21.3a	308.2 ± 23.8b	313.1 ± 13.6b	311.9 ± 32.1b	320,3 ± 22.1b
Phosphore (g/kg MS)	34.6 ± 2.9a	40.5 ± 2.9b	43.3 ± 2.9b	42.4 ± 4.9b	49.6 ± 4.5c
Calcium (g/kg MS)	92.8 ± 9.8a	106.4 ± 7.1bc	110.5 ± 6.6bc	108.7 ± 6.6bc	113.1 ± 5.5c