

L'EFFET DE L'UTILISATION COMBINÉE D'UNE FORMULATION BASÉE SUR LA SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE ET D'UN COMPLEXE ENZYMATIQUE FIBROLYTIQUE SUR LES PERFORMANCES DE POULETS DE CHAIR NOURRIS AVEC DES MATIÈRES PREMIÈRES DE BASSE QUALITÉ

**Montanhini Neto Roberto¹, Francesch Maria², Gady Cecile¹, Eric N'Guetta¹,
Rouffineau Friedrich¹, Preynat Aurélie¹**

¹ADISSEO FRANCE SAS - 2 Route Noire - 03600 MALICORNE, FRANCE

²IRTA - Mas de Bover, Ctra. Reus-El Morel, km 3.8 - 43120 CONSTANTÍ, ESPAGNE
roberto.neto@adisseo.com

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'effet de la combinaison de la spectroscopie proche infrarouge (SPIR) et de l'utilisation d'un complexe enzymatique fibrolytique sur les performances de croissance de poulets de chair nourris avec un régime à base de blé et de tourteau de soja de basse qualité. Un dispositif expérimental factoriel 2x2 comprenant sept répétitions de 40 poulets de souche Ross 308 a été mis en œuvre pour évaluer l'effet de l'addition du complexe enzymatique et celui de la matrice nutritionnelle des ingrédients (basé sur des valeurs de tables ou déterminé à partir de résultats de la SPIR). Les besoins nutritionnels ont été couverts par les régimes sans enzyme tandis que les régimes avec le complexe enzymatique ont été reformulés en réduisant l'énergie métabolisable apparente de 85 kcal kg⁻¹ d'aliment. Sur la totalité de la période expérimentale (0 à 35 jours), les poulets nourris avec les régimes formulés à partir des résultats SPIR présentent une amélioration de gain de poids (+12.98%, P<0.01), de l'indice de consommation (-5.27%, P<0.01) ainsi que du facteur d'efficacité productive (+19.22%, P<0.01) par rapport aux régimes élaborés à partir des valeurs de tables. Sur la même période expérimentale, les résultats montrent que l'addition du complexe enzymatique aux régimes déficients en énergie (- 85 kcal kg⁻¹) a permis une amélioration de l'indice de consommation (-1.28%, P<0.05) et du facteur d'efficacité productive (+2.59%, P<0.01) en comparaison aux régimes couvrant les besoins énergétiques. L'addition de l'enzyme fibrolytique et l'utilisation de la SPIR pour la caractérisation de la matrice nutritionnelle d'aliments constitués d'ingrédients de basse qualité, permettent améliorer les résultats de performance, et ceci, même avec une réduction de l'énergie de 85 kcal kg⁻¹.

ABSTRACT

Combined effect of near-infrared spectroscopy and non-starch polysaccharide carbohydrases complex on performance of broilers fed diet with low quality feed ingredients

This study was carried out to evaluate the combination effect of near-infrared spectroscopy (NIRs) and the addition of non-starch polysaccharide carbohydrases complex (NSP-enzymes) on growth performance of broilers fed diets produced with low quality wheat and soybean meal. A 2x2 design was performed, with seven replicates and 40 males Ross 308 broilers per pen, evaluating the effect of the NSP-enzymes addition and the ingredients' nutritional matrix (based on table's values or NIRs' results). Diets without enzyme addition were formulated to address nutritional requirements, whereas diets with enzymes were reformulated reducing 85 kcal of metabolizable energy per kg of feed. On the overall period (d 0 to 35), broilers fed diets formulated by NIR's results had better (P<0.01) body weight gain (+12.98%), feed conversion ratio (-5.27%), and production efficiency factor (+19.22%) compared to those fed diets formulated considering table's values. For same period, were verified that broilers fed reformulated diets (-85 kcal kg⁻¹) with addition of NSP-enzymes had better (P<0.05) feed conversion ratio (-1.28%) and production efficiency factor (+2.59) that those fed diets at normal levels and without enzyme addition. In conclusion, when formulating diets with low quality feed ingredients, improvement of production performance of broilers can be achieved by considering of NIRs' results as ingredients' nutritional matrix and by the addition of NSP-enzymes, even with the reduction of 85 kcal kg⁻¹ of feed's metabolizable energy.

INTRODUCTION

La qualité des matières premières est un paramètre essentiel pour les performances des poulets de chair ainsi que pour la valorisation économique des aliments (Glencross *et al.*, 2007). À ce propos, de nombreuses usines d'aliments utilisent des méthodes d'analyses physico-chimiques généralistes, comme la protéine brute, les matières grasses, les cendres, la densité et d'autres analyses classiques afin de déterminer la valeur nutritive réelle des matières premières (McDonald *et al.*, 2010). Lorsque les résultats d'analyses correspondants aux lots de matières premières considérés ne sont pas disponibles, les nutritionnistes se basent sur des valeurs de tables. Parfois, ils utilisent des équations de modélisation basées sur des résultats d'analyses chimiques dans le but de se rapprocher des valeurs réelles d'énergie et des acides aminés. Cependant, les valeurs fixes de tables et les coefficients des équations sont normalement déterminés selon les différences de qualité des ingrédients, les différences variétales et/ou la région de provenance. Par conséquent, les nutritionnistes formuleront probablement leurs aliments avec un bas niveau de précision par rapport aux matières premières dont ils disposent (Kempen & Simmins, 1997). En procédant ainsi, de la variabilité est ajoutée à la chaîne de production par une formulation inexacte des aliments car un écart est créé entre la matrice nutritionnelle considérée et la valeur nutritive réelle de chaque ingrédient d'alimentation (Patience, 1996).

La Spectroscopie Proche Infrarouge (SPIR) est perçue comme un moyen rapide et fiable d'analyse de la qualité des aliments. Plusieurs études ont décrit la capacité de cette technique à caractériser les produits alimentaires en termes de composition physico-chimiques, de digestibilité, ainsi que son utilisation dans les procédures de classifications et de contrôle de qualité dans les usines d'aliments (Pérez-Marin, 2004). La SPIR peut être appliquée dans les processus de caractérisation des ingrédients pour évaluer leur stricte conformité avec la valeur nutritionnelle prévue. De même, elle peut fournir des données précises aux nutritionnistes afin de générer la matrice nutritionnelle de chaque lot d'ingrédients dans la chaîne de production d'aliments (Alvarenga *et al.*, 2004; Fernández-Ibáñez *et al.*, 2010).

par ailleurs, il a été démontré que la valeur nutritionnelle des matières premières peut être considérablement améliorée par l'ajout d'enzymes exogènes aux aliments (Vries *et al.*, 2012). Les complexes enzymatiques fibrolytiques peuvent être utilisés pour cliver spécifiquement certains polysaccharides et séparer les chaînes latérales, libérant ainsi les nutriments étroitement liés à la paroi cellulaire végétale (Bao *et al.*, 2013). Ces enzymes permettraient également une inclusion plus importante

des ingrédients végétaux de basse qualité nutritionnelle, voire une réduction des effets négatifs de leur utilisation dans les aliments, et contribueraient à la réduction des coûts tout en augmentant la flexibilité de la formulation (Kiarie *et al.*, 2013).

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude était d'évaluer les effets combinés de (1) l'utilisation des résultats de la SPIR pour la détermination de la valeur nutritionnelle des matières premières et (2) l'ajout d'un complexe enzymatique fibrolytique sur les performances des poulets de chair nourris avec des aliments contenant des matières premières de basse qualité nutritionnelle.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'expérience a été réalisée en Novembre 2013 dans la ferme expérimentale de l'IRTA, Constantí, Espagne. L'étude a porté sur 1120 poulets mâles de un jour, de souche Ross 308, répartis de façon aléatoire dans 28 parquets de 40 poulets chacun.

Les unités expérimentales ont été réparties au hasard en quatre traitements (sept répétitions par traitement), selon un dispositif factoriel 2x2. Le premier facteur a évalué l'effet de l'ajout d'un complexe enzymatique fibrolytique commercial (Rovabio Excel LC, Adisseo France SAS; ajouté à l'aliment à la dose de 300 mL tonne⁻¹ par pulvérisation après la granulation). Le deuxième facteur a concerné la matrice nutritionnelle du blé et du tourteau de soja : les valeurs considérées ont été soit des valeurs issues de tables, soit des résultats de SPIR. La table utilisée comme référence pour la valeur nutritionnelle des ingrédients a été celle publiée par l'INRA (Sauvant *et al.*, 2004), alors que les résultats des SPIR ont été obtenus par les analyses d'échantillons représentatifs des deux ingrédients, effectuées par le laboratoire de Adisseo France SAS. Le spectromètre PIR utilisé a été calibré avec des équations prédictives sur la base de l'analyse de HPLC d'acides aminés, des teneurs en phosphore et de méthodes de détermination *in vivo* des acides aminés digestibles et de l'énergie métabolisable apparente.

Le programme d'alimentation était constitué de deux phases : starter (j 0-21) et grower (j 21-35). Les aliments contrôle ont été formulés pour être conformes ou en excès par rapport aux exigences en éléments nutritifs. Les régimes sans enzyme ont été formulés pour répondre à toutes les exigences nutritionnelles, alors que les régimes avec des enzymes ont été reformulés afin de réduire l'énergie métabolisable de 85 kcal par kg d'aliment. Les aliments ont été granulés en utilisant la vapeur, dont la température à l'intérieur du conditionneur était de 70 °C. Après la production d'aliments, des échantillons ont été collectés et envoyés au laboratoire pour effectuer des analyses proximales et déterminer les niveaux d'activité enzymatiques.

Les poulets ont été pesés par parquet à j 0, 21 et 35. La quantité d'aliment consommée par parquet a également été enregistrée ces mêmes jours. Ces informations ont été utilisées pour calculer le poids vif moyen (PV, en g/poulet), la consommation d'aliment (CA, en g/poulet), le gain de poids quotidien (GPQ, en g/jour/poulet), l'indice de consommation (IC, en g g⁻¹) et la mortalité (Mort, en %). Le facteur d'efficacité de production (FEP) a été évalué selon Dersjant-Li *et al.* (2014). Les données ont été soumises à une analyse ANOVA factorielle en utilisant la procédure du modèle linéaire général du logiciel statistique SAS et les traitements ont été comparés avec le test de Tukey HSD et par le test de Levene afin d'évaluer l'homogénéité des variances entre les groupes. Les différences ont été considérées comme significatives si $P < 0,05$.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de performance pour chacun des effets simples (la base de la matrice nutritionnelle des ingrédients et l'addition du complexe enzymatique fibrolytique) et leurs interactions sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

La base de la matrice nutritionnelle met en avant un effet significatif ($P < 0,05$) pour la plupart des paramètres évalués, à l'exception de la mortalité. Les aliments qui ont utilisé les résultats de la SPIR comme matrice nutritionnelle du blé et du tourteau de soja ont eu l'effet d'améliorer le PV à j 21 (+12,6%) et j 35 (+13,0%), le GPQ et l'IC pendant les deux périodes évaluées, de même que le FEP à la fin de l'élevage (+19,2%).

Les poulets nourris avec des aliments contenant la complexe enzymatique fibrolytique et reformulés (-85 kcal kg⁻¹) ont obtenu un meilleur IC au cours de la première période d'élevage (j 0-21; -1,9%) et un meilleur FEP sur la période j 0-35 (+2,6%). L'amélioration de l'IC réalisée avec les enzymes fibrolytiques concorde avec les conclusions de Jackson *et al.* (2004) et Zhang *et al.* (2014) qui ont rapporté que les enzymes exogènes améliorent considérablement l'IC des poulets de chair nourris à base de blé. Almirall *et al.* (1995) ont signalé que les poulets de chair nourris avec l'orge ayant une viscosité élevée produisaient moins des activités d'amylase et de lipase dans le digesta, alors que l'ajout de β -glucanase et xylanase dans l'alimentation augmentaient les activités de ces enzymes ainsi que celle de la trypsine. De plus, les mêmes auteurs ont remarqué que cet effet était plus important sur les jeunes volailles. Par ailleurs, cet ajout permet de dégrader des fibres et améliore nettement la digestion

et l'absorption des composants de l'aliment ainsi que les performances (Ghorbani *et al.*, 2009). Les enzymes dégradant les polysaccharides non amylacés sont couramment utilisés comme additifs pour l'alimentation animale dans les formulations d'aliments à base de blé pour optimiser l'utilisation des nutriments et la performance des volailles (Adeola & Cowieson, 2011). L'ajout de ces enzymes a un effet plus important sur les lots de céréales à faible valeur nutritionnelle (Scott *et al.*, 1998).

Une interaction significative ($P < 0,05$) des effets testés a été observée uniquement pour le FEP. Les régimes reformulés avec l'ajout de complexe enzymatique et avec la matrice nutritionnelle des matières premières basées sur les résultats de la SPIR ont obtenu une amélioration de 22,5% du FEP comparés aux régimes basés sur les valeurs de la table et sans addition d'enzyme. Par conséquent, il est nécessaire de prévoir la valeur nutritionnelle et aussi d'ajouter un complexe enzymatique dégradant les fibres que permettre une meilleure utilisation des nutriments (Adeola & Cowieson, 2011). Par contre, on ne sait pas dans quelle mesure la variation de la composition chimique du substrat, et en particulier celle des fibres, influe sur l'efficacité des enzymes (Cowieson *et al.*, 2006).

Aucune différence significative de variabilité dans la réponse n'a été observée ($P > 0,05$) entre les traitements évalués. L'utilisation d'enzymes peut être justifiée par la réduction de la variation entre différents lots d'ingrédients (Bedford, 2000). Cependant, il a été démontré que la seule utilisation d'enzymes ne peut pas éliminer complètement les différences entre les cultivars et, parfois, l'ajout d'enzymes ne génère aucun effet sur ce paramètre (Alamo *et al.*, 2008 ; Svihus, 2011).

CONCLUSION

Sur la base des résultats de performance, la SPIR s'est avérée être la méthode la plus précise pour déterminer la matrice nutritionnelle des ingrédients, par rapport aux valeurs des tables. L'amélioration des performances des poulets de chair peut être obtenue en tenant compte des résultats de la SPIR comme matrice nutritionnelle des ingrédients et par l'utilisation d'un complexe enzymatique fibrolytique. Même avec la réduction de l'énergie métabolisable de 85 kcal par kg de l'aliment, le complexe enzymatique fibrolytique permet d'améliorer l'IC et le FEP par rapport à l'aliment non non-enzyme et plus énergétique. Ceci indique que le potentiel d'amélioration énergétique du complexe enzymatique pourrait être supérieur de la réduction d'énergie métabolisable ici proposée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adeola O., A.J. Cowieson, 2011. J Anim Sci, (89), 3189-3218.
2. Alamo A.G., M.W.A. Verstegen, L.A. Den Hartog, P.P. Ayala, M.J. Villamide, 2008. Poultry Sci, (87), 759-767.
3. Almirall M., M. Francesch, A.M. Perez-Vendrell, J. Brufau, E. Esteve-Garcia, 1995. J Nutr, (125), 947-955.
4. Alvarenga R.R., P.B. Rodrigues, M.G. Zangeronimo, R.T.F. Freitas, R.R. Lima, A.G. Bertechini, E.J. Fassani, 2011. Anim Feed Sci Tech, (168), 257-266.
5. Bao Y.M., L.F. Romero, A.J. Cowieson, 2013. W Poultry Sci J, (69), 759-774.
6. Bedford M.R., 2000. Anim Feed Sci Tech, (86), 1-13.
7. Cowieson A.J., M. Hruby, E.E.M. Pierson, 2006. Nutr Res Rev, (19), 90-103.
8. Dersjant-Li Y., A. Awati, C. Kromm, C. Evans, 2014. J Appl Anim Nutr, (2), 1-6.
9. Fernández-Ibáñez V., T. Fearn, A. Soldado, B. Roza-Delgado, 2010. Food Chem, (121), 871-877.
10. Ghorbani M.R., J. Fayazi, M. Chaji, 2009. Res J Biolog Sci, (4), 258-264.
11. Glencross B.D., M. Booth, G.L. Allan, 2007. Aquaculture Nutr, (13), 17-34.
12. Jackson M.E., K. Geronian, A. Knox, J. McNab, E. McCartney, 2004. Poultry Sci, (83), 1992-1996.
13. Kempen T.A.T.G., P.H. Simmins, 1997. J Appl Poultry Res, (6), 471-477.
14. Kiarie E., L.F. Romero, C.M. Nyachoti, 2013. Nutr Res Rev, (26), 71-88.
15. McDonald J.F.D. Greenhalgh, C.A. Morgan, R. Edwards, L. Sinclair, 2010. Animal Nutrition. Prentice Hall, Upper Saddle River.
16. Patience J.F., 1996. Anim Feed Sci Tech, (59), 137-145.
17. Pérez-Marín D.C., A. Garrido-Varo, J.E. Guerrero-Ginel, A. Gómez-Cabrera, 2004. Anim Feed Sci Tech, (116), 333-349.
18. Sauvant D., J.M. Perez, G. Tran, 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
19. Scott T.A., F.G. Silversides, H.L. Classen, M.L. Swift, M.R. Bedford, 1998. Can J Anim Sci, (78), 649-656.
20. Svihus B, 2011. In: Enzymes in Farm Animal Nutrition. CAB International, Cambridge, pp 129-159.
21. Vries S., A.M. Pustjens, H.A. Schols, W.H. Hendriks, W.J.J. Gerrits, 2012. Anim Feed Sci Tech, (178), 123-138.
22. Zhang L., J. Xu, L. Lei, Y. Jiang, F. Gao, G.H. Zhou, 2014. Asian Austr. J Anim Sci, (27), 855-861.

Tableau 1. Le poids vif (PV) et le gain de poids quotidien (GPQ), en grammes, obtenus par les poulets de chair nourris avec des aliments dont les ingrédients sont basés sur différentes matrices nutritionnelles et avec l'ajout d'un complexe enzymatique fibrolytique

Effets	PV j 21 (g/poulet)	PV j 35 (g/poulet)	GPQ j 0-21 (g/jour/poulet)	GPQ j 21-35 (g/jour/poulet)	GPQ j 0-35 (g/jour/poulet)
<i>La base de la matrice nutritionnelle</i>					
Les valeurs de table	863.4 (±36.9)	2225.6 (±88.7)	39.11 (±1.76)	97.30 (±4.25)	62.39 (±2.54)
Les résultats SPIR	972.1 (±42.9)	2514.5 (±91.9)	44.29 (±2.04)	110.17 (±3.97)	70.64 (±2.62)
<i>L'addition d'enzyme¹</i>					
Sans	904.6 (±76.8)	2350 (±182.1)	41.07 (±3.66)	103.24 (±7.85)	65.94 (±5.20)
Avec	930.9 (±57.5)	2390.1 (±165.0)	42.32 (±2.74)	104.23 (±7.80)	67.09 (±4.71)
<i>Dépliage des interactions</i>					
Table et Sans	842.6 (±28.7)	2194.3 (±61.4)	38.12 (±1.37)	96.55 (±3.04)	61.49 (±1.75)
Table et Avec	884.1 (±33.5)	2256.9 (±104.9)	40.10 (±1.59)	98.05 (±5.34)	63.28 (±3.00)
SPIR et Sans	966.5 (±54.7)	2505.6 (±107.5)	44.02 (±2.60)	109.94 (±4.43)	70.39 (±3.07)
SPIR et Avec	977.7 (±30.3)	2523.3 (±80.9)	44.55 (±1.44)	110.4 (±3.79)	70.89 (±2.31)
<i>P-valeurs de l'ANOVA²</i>					
Matrice	< 0.001 ⁴	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Nutritionnelle					
L'addition d'enzyme	0.082	0.253	0.082	0.543	0.253
Interaction	0.305	0.519	0.305	0.748	0.519
<i>P-valeurs de Levene³</i>					
Matrice					
Nutritionnelle	0.800	0.838	0.800	0.569	0.838
L'addition d'enzyme	0.132	0.343	0.132	0.656	0.343

Interaction	0.530	0.636	0.530	0.437	0.636
CV (%)	7.395	7.246	7.750	7.418	7.377

¹ L'énergie métabolisable des aliments avec enzyme a été réduite de 85 kcal kg⁻¹; ² ANOVA: Analyse des variances. ³ Test de Levene pour l'homogénéité des variances. ⁴ P-valeurs en-dessous de 0,05 indiquent des différences significatives.

Tableau 2. L'indice de consommation (IC), le pourcentage de mortalité (Mort.), et le facteur d'efficacité de production (FEP) obtenus par les poulets de chair nourris avec des aliments dont les ingrédients sont basés sur différentes matrices nutritionnelles et avec l'ajout d'un complexe enzymatique fibrolytique.

Effets	IC j 0-21	IC j 21-35	IC j 0-35	Mort j 0-35 (%)	FEP
<i>La base de la matrice nutritionnelle</i>					
Les valeurs de table	1,367 (±0,037)	1,730 (±0,040)	1,593 (±0,036)	1,58 (±0,16)	392,9 (±28,1)
Les résultats SPIR	1,267 (±0,015)	1,657 (±0,031)	1,509 (±0,021)	1,63 (±0,24)	468,4 (±23,8)
<i>L'addition d'enzyme¹</i>					
Sans	1,330 (±0,065)	1,700 (±0,058)	1,561 (±0,059)	1,46 (±0,24)	425,2 (±30,9)
Avec	1,305 (±0,049)	1,687 (±0,045)	1,541 (±0,043)	1,75 (±0,18)	436,2 (±32,2)
<i>Dépliage des interactions</i>					
Table et Sans	1,386 (±0,042) ^a	1,739 (±0,056)	1,608 (±0,046)	1,40 (±0,13)	384,5 (±22,9) ^a
Table et Avec	1,349 (±0,021) ^b	1,721 (±0,015)	1,578 (±0,015)	1,75 (±0,18)	401,4 (±19,4) ^b
SPIR et Sans	1,274 (±0,016) ^c	1,661 (±0,026)	1,514 (±0,017)	1,51 (±0,16)	465,8 (±21,8) ^{cd}
SPIR et Avec	1,260 (±0,012) ^c	1,653 (±0,037)	1,504 (±0,025)	1,75 (±0,18)	471,1 (±24,9) ^d
<i>P-valeurs de l'ANOVA²</i>					
Matrice	0,040 ⁴	<0,001	<0,001	0,179	< 0,001
Nutritionnelle					
L'addition d'enzyme	0,004	0,348	0,037	0,363	0,048
Interaction	< 0,001	0,715	0,384	0,237	0,022
<i>P-valeurs de Levene³</i>					
Matrice	0,112	0,547	0,208	0,131	0,325
Nutritionnelle					
L'addition d'enzyme	0,219	0,643	0,277	0,572	0,920
Interaction	0,207	0,110	0,103	0,149	0,642
CV (%)	4,408	3,034	3,337	9,872	9,709

¹ L'énergie métabolisable des aliments avec enzyme a été réduite de 85 kcal kg⁻¹; ² ANOVA: Analyse des variances. ³ Test de Levene pour l'homogénéité des variances. ⁴ P-valeurs en-dessous de 0,05 indiquent des différences significatives. ^a Valeurs avec des lettres différentes dans la même colonne indiquent des différences significatives (test de Tukey).