

RELATION ENTRE LE PROMATEST ET LA VALEUR NUTRITIONNELLE DU MAÏS GRAIN CHEZ LE POULET STANDARD ET LE COQ ADULTE

Métayer Jean Paul¹, Skiba Fabien², Renouf Bertrand³, Vilariño Maria⁴

¹ARVALIS – Institut du végétal, 91720 Boigneville, France

²ARVALIS – Institut du végétal, 21 chemin de Pau - 64121 Montardon, France

³EURONUTRITION SAS, Domaine Expérimental Le Pavillon, 72240 St Symphorien, France

⁴ARVALIS – Institut du végétal, Pouline, 41100 Villerable, France

jp.metayer@arvalisinstitutduvegetal.fr

RÉSUMÉ

Le maïs grain est une matière première intéressante pour l'alimentation des volailles de par sa valeur alimentaire élevée. Mais la valeur énergétique (EMA) voire protéique peut être dégradée par un pré-stockage prolongé ou un séchage inadéquat après récolte. Pour apprécier la qualité industrielle ou nutritionnelle d'un lot, le Promatest (P) est un bon indicateur du choc thermique reçu par le maïs lors du séchage. L'objectif de notre étude était d'étudier la relation entre la valeur de P et la valeur nutritionnelle du maïs chez les volailles. Pour cela, quatre maïs issus d'un même lot récolté à 32,5 % d'humidité ont été séchés à l'aide d'un séchoir expérimental à des températures croissantes (de 25 à 150°C) et trois mélanges ont été constitués pour obtenir trois points intermédiaires de P. Les sept valeurs de P varient de 14 à 47 (équ. albumine) et sont linéairement et inversement corrélées aux températures de séchage. Ces résultats montrent également l'additivité du Promatest. Chez le poulet, l'EMAn du maïs (3912 kcal/kg MS en moyenne) varie de 3848 à 3972 kcal/kg MS respectivement pour P = 14 et 40. La digestibilité de l'amidon (98 % en moyenne) varie de 95,3 à 99,9 % pour P = 22 et 47. Chez le coq, l'EMA du maïs (3745 kcal/kg MS en moyenne) varie de 3729 à 3760 kcal/kg MS pour P = 40 et 34. La digestibilité apparente de la lysine (73,4 % en moyenne) varie de 72,4 à 74,2 % pour P = 34 et 47. En conclusion, dans les conditions de cette étude, le Promatest confirme être un bon indicateur des températures de séchage, mais la relation avec la valeur nutritionnelle des maïs n'est pas significative, que ce soit chez le coq ou le poulet. Néanmoins, le séchage à des températures élevées (faible niveau de Promatest) semble dégrader légèrement la valeur nutritionnelle du maïs chez le poulet et la lysine digestible chez le coq.

ABSTRACT

Nutritional value of corn in broiler chicken and adult cockerel. Effect of Promatest.

Corn grain is an interesting raw material for poultry feed because of its high nutritional value. But energy value (AME) or nitrogen digestibility can be decreased by an extended prestorage or an inadequate drying after harvest. To assess the industrial or nutritional quality of corn, Promatest (P) is a good indicator of the thermal shock received by grain during drying. The aim of these trials was to study the relationship between P and the nutritional value of corn in broiler chicken and rooster. For this purpose, a batch of corn with a moisture content at the harvest of 32.5 % was divided into four sub-batches that were dried with an experimental dryer at four temperatures: 25°C, 110°C, 140°C and 150°C. Then, three mixtures were made to get intermediate points of P. P values ranged from 14 to 47 (équ. albumin) and were linearly and negatively correlated with drying temperatures. These results also showed additivity of P. In broiler chickens, AMEn of corn (16.35 MJ/kg DM on average) ranged from 16.08 to 16.60 MJ/kg DM for P=14 and 40. The starch digestibility (98% on average) varied from 95.3 to 99.9% for P=22 and 47. In adult cockerels, the AME (15.65 MJ/kg DM on average) varied from 15.59 to 15.72 MJ/kg DM for P=40 and 34. The lysine apparent digestibility (73.4% on average) ranged from 72.4 to 74.2% for P=34 and 47. In conclusion, in the conditions of this study, the results confirmed that Promatest is a good indicator of drying temperatures but the relationship with nutritional value of corn is not significant, both in roosters or broiler chickens. However, high drying temperatures (low Promatest) seems to slightly decrease the nutritional value of corn in broiler chickens digestible lysine in roosters.

INTRODUCTION

Le maïs grain est une matière première intéressante pour l'alimentation des volailles de par sa valeur alimentaire élevée. Toutefois, la valeur énergétique voire protéique du maïs peut être variable (Iji et *al.*, 2003, 2006). Des écarts d'énergie métabolisable apparente (EMA) de 500 kcal/kg sont rapportés par Cowieson (2005). Un des facteurs importants de variation est l'effet de la température de séchage du maïs après récolte. Barrier-Guillot et *al.* (1993) ont montré que des températures supérieures à 130°C pénalisaient la valeur énergétique du maïs chez le coq adulte. De même, Métayer et *al.* (2009) ont montré que chez le coq adulte, la digestibilité de l'énergie du maïs était dégradée de 0,5 % et 2,1 % respectivement avec des températures de séchage de 110°C et de 140°C. Ils indiquent par ailleurs, que chez le poulet de chair, l'indice de consommation est dégradé de 2,4 % ($P=0,05$) avec les aliments contenant le maïs séché à 140°C. Des travaux réalisés par Malumba et *al.* (2010) et Setiawan et *al.* (2010) ont montré l'effet des hautes températures de séchage sur les propriétés physicochimiques de l'amidon du maïs.

Le Promatest (P, exprimé en équivalent albumine/100 ml), qui a été mis au point à l'origine dans le cadre de l'utilisation amidonnière du maïs grain pour évaluer la dénaturation des protéines thermosensibles et donc leur solubilité, est un indicateur du choc thermique reçu par le maïs lors du séchage. Métayer et *al.* (2009) ont montré que le Promatest peut être un indicateur intéressant pour prédire la valeur alimentaire du maïs chez les volailles. Selon Cowieson et Ravindran (2008), la valeur nutritionnelle d'un régime à base de maïs dépend de la solubilité des protéines et de l'amidon et donc de leur digestibilité.

L'objectif de cette étude était d'étudier la relation entre la valeur du Promatest et la valeur nutritionnelle du maïs (digestibilité de l'énergie et de l'amidon) chez le poulet et la digestibilité apparente de l'énergie et de la lysine chez le coq adulte.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Matières premières

Le lot de maïs de variété DKC 4250 et de type corné denté/denté testé dans cette étude, a été récolté à une humidité de 32,5 %. Dès la réception, le maïs humide a été divisé en quatre lots de 80 kg correspondant à quatre modalités de séchage : air ambiant + 5°C (témoin), 110°C, 140°C et 150°C.

Sur les trois lots devant être séchés à l'aide du séchoir expérimental, les températures de séchage ont été appliquées avec un débit d'air classique de 2000 m³ d'air/h/m³ de grains. Après refroidissement du grain, les lots ont été nettoyés à l'aide d'un nettoyeur séparateur Rohr sur grilles planes à trous ronds (grilles Ø 16 mm et 2,75 mm).

Le Promatest a ensuite été déterminé sur les quatre lots de maïs. Les valeurs obtenues ont été respectivement de 47, 28, 18, 14 eq albumine pour les températures de séchage de 25, 110, 140 et 150°C. Afin de disposer d'une gamme pertinente pour étudier la relation entre le Promatest et la valeur nutritionnelle, trois mélanges ont été constitués à partir des lots disponibles en vue d'obtenir trois points intermédiaires.

1.2. Digestibilité chez le poulet et le coq adulte

Les essais de digestibilité chez le coq et le poulet ont été effectués sur les mêmes lots de maïs broyés à l'aide d'un broyeur à marteaux ECMA type BR84 (2900 tr/mn, 58 m.s⁻¹) à la grille de diamètre 3 mm. L'essai de digestibilité de l'énergie et de l'amidon chez le poulet a été conduit à la station expérimentale d'ARVALIS – Institut du végétal à Villerable (41) selon la méthode décrite par Bourdillon et *al.* (1990b). Huit aliments ont été fabriqués : un aliment témoin constitué de 94,8 % d'une fraction appelée complémentaire et de 5,2 % d'un Aliment Minéral et Vitaminique (AMV = mélange minéral, vitamines, acides aminés, additif anticoccidien, Monensin 20) et sept aliments contenant du maïs (50 %), du complémentaire (44,8 %) et de l'AMV (5,2 %). Le complémentaire était composé de 49,8 % de blé, 38,8 % de tourteau de soja, 48,63 % de gluten de maïs et 5,0 % d'huile de soja. L'essai a été réalisé sur des poulets mâles de souche ROSS PM3 (9 répétitions par traitement). Les aliments étaient présentés en granulés. Les poulets ont reçu leurs aliments *ad libitum*.

Le bilan digestif a été réalisé de J21 à J24 et le bilan azoté a été estimé à partir du gain de poids corporel pendant le bilan digestif. L'EMA (EMA corrigée pour un bilan azoté nul) du maïs a été calculée par la méthode par différence.

L'essai de digestibilité de l'énergie et de la lysine chez le coq adulte a été réalisé à la station expérimentale d'EURONUTRITION à St Symphorien (72) selon la méthode décrite par Bourdillon et *al.* (1990a). Les aliments expérimentaux étaient composés de 97 % de maïs et de 3 % d'AMV (1,0 % prémix + 1,3 % Phosphate bicalcique + 0,7 % CaCO₃), sans additif anticoccidien. Les aliments étaient présentés en farine. L'essai a été réalisé sur des coqs adultes intacts de souche ISABROWN (9 répétitions par traitement). Ils ont reçu leurs aliments *ad libitum*. Les fientes ont été lyophilisées, broyées puis analysées par coq. L'énergie brute des maïs, des aliments et des excréta a été mesurée de façon à calculer l'EMA. La digestibilité apparente de la lysine a été mesurée sur des pools d'excréta (3 pools de 3 coqs par traitement).

1.2. Méthodes d'analyses

Les analyses ont été réalisées en double sur les maïs et les aliments et en simple sur les excréta. Le Promatest a été déterminé par le laboratoire Germ-

Services sur les sept lots de maïs selon la méthode NF V03-741, sept. 2008. La teneur en protéines (Nx6,25) des maïs, des aliments et des excréta a été déterminée selon la méthode DUMAS NF EN ISO 16634-1. La teneur en amidon des maïs a été mesurée selon la méthode polarimétrique (Règlement CEE 152/2009). La teneur en amidon enzymatique des aliments a été déterminée selon la norme NF V18-121 et celle des fientes par spectrométrie dans le proche infrarouge. Les teneurs en énergie brute des aliments et des excréta ont été mesurées à l'aide d'un calorimètre isopéribole C2000 (NF EN ISO 9831). La teneur en lysine des maïs et des excréta a été mesurée selon la méthode NF EN ISO 13903.

1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques des résultats de digestibilité (facteur étudié = niveau de Promatest) ont été réalisées par analyse de variance à l'aide du logiciel Statview 5.0.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristiques des maïs

La composition chimique des sept lots de maïs testés dans cette étude est présentée dans le tableau 1.

Les valeurs du Promatest varient de 14 à 47. Le maïs séché à 25°C présente la valeur la plus élevée (47 = très bonne valeur industrielle) et le lot séché à 150°C la valeur la plus faible (14 = valeur industrielle passable). Les lots séchés à 110 et 140°C ont des valeurs intermédiaires (respectivement 28 et 18). Les valeurs de P des mélanges sont très proches des valeurs attendues (calculées à partir des valeurs obtenues sur les quatre lots de maïs séchés et de leur proportion dans les mélanges) et montrent ainsi l'additivité du Promatest (figure 1). Ainsi, la valeur du Promatest d'un mélange peut être estimée à partir des valeurs des lots initiaux pondérées par la proportion de chaque lot constituant le mélange. Ces résultats confirment la relation négative et linéaire observée par Girardin (2000) et Métayer et *al.* (2009) entre P et la température de séchage du maïs ($R^2 = 0,92$, $p < 0,001$).

En moyenne, la composition chimique des sept lots de maïs est voisine des valeurs figurant dans les tables INRA-AFZ (2004). Les teneurs en protéines et en amidon sont très proches entre lots (respectivement 9,0 % MS et 73,0 % MS en moyenne). La teneur en matières grasses est peu variable (4,8 % MS en moyenne). La teneur moyenne en parois insolubles dans l'eau est de 9,3 % MS. La teneur en sucres totaux des sept lots de maïs varie de 2,1 à 3,2 % MS, mais cette variation est indépendante des valeurs de P du maïs. La somme des composants (protéines, amidon, matières grasses, parois, matières minérales et sucres) est proche de 100, confirmant ainsi la cohérence des résultats obtenus pour les différents critères analysés. La teneur en énergie brute des maïs

est peu variable (4522 kcal/kg MS en moyenne). Cette valeur est supérieure de 54 kcal à la valeur rapportée dans les tables INRA-AFZ (2004). La teneur en lysine totale des sept lots de maïs varie de 2,85 à 3,04 g/kg MS pour P = 14 et 40. Ainsi, les maïs avec des Promatests de 14 et 18 (maïs séchés à 150 et 140°C) ont des teneurs en lysine inférieures de 5 % aux autres lots de maïs. Ces résultats montrent que des températures de séchage élevées du maïs affectent peu la composition chimique du grain de maïs à l'exception de la teneur en lysine. Ils sont en accord avec ceux rapportés par Barrier-Guillot et *al.* (1993) mais ils ne confirment pas ceux de Iji et *al.* (2006) qui ont observé, sur des maïs australiens, une augmentation des teneurs en protéines, amidon, matières grasses et acides aminés avec une température de séchage supérieure à 95°C.

2.2. Valeur énergétique et digestibilité de l'amidon du maïs chez le poulet de chair

Les résultats de valeur énergétique (EMAn) et de digestibilité de l'amidon (CUD amidon) chez le poulet figurent dans le tableau 2.

L'EMAn du maïs chez le poulet est en moyenne de 3912 kcal/kg MS. Cette valeur est supérieure à celle citée dans les tables INRA-AFZ (2004) (3623 kcal/kg MS) et par Barrier-Guillot et Métayer (2001) (3828 kcal/kg MS). L'EMAn varie de 3848 kcal/kg MS à 3973 kcal/kg MS pour P = 14 et 40. La différence entre ces deux lots de maïs (125 kcal) est non significative. Nous pouvons cependant noter qu'un niveau de P de 14 correspondant dans cet essai à une température de séchage du maïs de 150°C, dégrade l'EMAn de 75 kcal par rapport aux autres maïs.

La digestibilité de l'énergie (EMAn/EB) est en moyenne de 85,5 %. Elle varie de 84,4 à 87,1 % pour P = 14 et 40. Elle ne diffère pas significativement entre les lots de maïs. Cependant, nous pouvons noter une dégradation de 1,5 % de la digestibilité de l'énergie pour P = 14 par rapport aux autres maïs quel que soit leur niveau de Promatest.

La digestibilité (CUD) de l'amidon du maïs est élevée (98 % en moyenne). Elle varie de 95,3 à 99,9 % respectivement pour P = 22 et 47 ($P < 0,001$). Le CUD de l'amidon explique en moyenne 43 % de la digestibilité de l'énergie du maïs ($P < 0,001$). Il semble d'après ces résultats, qu'en dessous d'un niveau de P = 22, la digestibilité de l'amidon chez le jeune poulet soit légèrement dégradée.

2.3. Valeur énergétique et digestibilité apparente de la lysine du maïs chez le coq adulte

Les résultats de valeur énergétique du maïs (EMA) et de digestibilité apparente de la lysine (CUDa lys) chez le coq adulte figurent dans le tableau 3.

L'EMA du maïs chez le coq est en moyenne de 3745 kcal/kg MS. Elle est intermédiaire entre l'EMAn citée dans les tables INRA-AFZ (2004) (3704 kcal/kg MS pour le coq adulte) et celle rapportée par Métayer et

al. (2009) (EMAn = 3783 kcal/kg MS). Elle varie de 3729 à 3760 kcal/kg MS pour P = 40 et 34 ($P < 0,01$). Toutefois, cet écart est faible ($< 1\%$). Dans cet essai, un faible niveau de P n'affecte pas la valeur énergétique (EMA) du maïs contrairement aux résultats rapportés par Métayer et *al.* (2009) qui ont observé une dégradation de l'EMAn du maïs de 2 % pour P = 12. Cependant, ces résultats avaient été obtenus avec un maïs plus humide à la récolte (37 %) et par conséquent, un choc thermique reçu par le maïs lors du séchage plus important. Chez le coq, Barrier-Guillot et *al.* (1993) ont observé une dégradation de l'EMV d'un maïs récolté dans des conditions similaires à notre étude (32,7 % d'humidité à la récolte) à partir de températures de séchage dépassant 130°C (-90 kcal à 160°C).

Le CUDa lys des sept maïs est en moyenne de 73,4 %. Il varie de 72,4 à 74,2 pour P = 34 et 47. On n'observe pas de différence significative entre les sept niveaux de P. Ces résultats corroborent ceux observés par Barrier-Guillot et *al.* (1993) sur un maïs récolté à 32,7 % d'humidité. Par contre, ces auteurs ont observé sur un maïs récolté à 38,4 % d'humidité une baisse significative de la digestibilité de la lysine pour des températures de séchage élevées. Néanmoins, avec des CUDa lys et des teneurs en lysine légèrement plus faibles, les maïs ayant des valeurs de P inférieures à 22 ont des teneurs en lysine digestible dégradées de 6 % par rapport aux autres maïs ($P < 0,001$). Ces plus faibles teneurs en lysine digestible sont probablement la conséquence d'une réaction de Maillard se produisant au cours du séchage du maïs à des températures élevées.

CONCLUSION

Les résultats de ces essais confirment d'une part, que le Promatest est un bon indicateur de la qualité du séchage du maïs, et d'autre part, ils montrent l'additivité du Promatest. Cependant, la relation avec la valeur nutritionnelle des maïs n'est pas significative, que ce soit chez le coq ou le poulet. Néanmoins, un faible niveau de Promatest (températures de séchage élevées), semble dégrader légèrement la valeur nutritionnelle du maïs chez le poulet et la teneur en lysine digestible chez le coq. L'effet du séchage sur la valeur nutritionnelle du maïs est dépendant du couple température et humidité du maïs à la récolte. Plus que la température de séchage seule, c'est peut-être l'humidité élevée à la récolte couplée à une température et une durée de séchage élevées qui est susceptible de dégrader la valeur alimentaire du maïs. Il conviendra donc de reconduire une étude similaire mais avec un maïs plus humide à la récolte (de l'ordre de 38 à 40 %).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient C. Renaud du pôle stockage des grains, J.Y. Moreau de l'unité de fabrication d'aliment d'ARVALIS à Boigneville (91), P. Brinet de la station expérimentale d'ARVALIS à Villerable (41) pour la réalisation de l'essai poulet ainsi qu' A.L. Réau et le personnel de la station expérimentale d'EURONUTRITION SAS à St Symphorien (72) pour la réalisation de l'essai coq.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barrier-Guillot B., Zuprizal, Jondreville C., Chagneau A.M., Larbier M., Leuillet M. 1993. Anim. Feed Sci. Tech., 41, 149-159.
- Barrier-Guillot B., Métayer J.P., 2001. 4èmes Journ. Rech. Avicoles, Nantes, 27-29 mars 2001, 131-134.
- Bourdillon A., Carre B., Conan L., Duperray J., Huyghebaert G., Leclercq B., Lessire M., McNab J., Wiseman J. 1990a. Brit. Poul. Sci., 31: 557-565.
- Bourdillon A., Carré B., Conan L., Francesch M., Fuentes M., Huyghebaert G., Jansen W.M.M.A., Leclercq B., Cowieson A. J., 2005. Anim. Feed Sci. and Tech., 119: 293-305.
- Cowieson A. J., Ravindran V., 2008. Brit. Poul. Sci., 49: 37-44.
- Girardin P., 2000. Ecophysiologie du maïs, 260-262.
- Iji P.A., Khumalo K., Slippers S., Gous R.M., 2003. Nutr. Dev. 43, 77-90.
- Iji P.A., Khumalo K., Slippers S., Gous R.M., 2006. 18th Annual Aust. Poul. Sci. Symp. Sydney 20-22 february 2006. 18, 87-90.
- INRA-AFZ. 2004. D. Sauvart, J.M. Pérez, G. Tran (eds), Seconde Edition révisée, INRA, Paris, 301p.
- Malumba P., Janas S., Roiseux O., Sinnave G., Masimango T., Sindic M., Deroanne C., Béra F., 2010. Carbohydrate Polymers, 79, 633-641.
- Métayer J.P., Debicki-Garnier A.M., Skiba F., 2009. 8èmes Journ. Rech. Avicoles, St Malo, 25-26 mars 2009, 60-64.
- Setiawan S., Widjaja H., Rakphongphairoj V., Jane J.L., 2010. J. Agric. Food Chem., 58, 12260-12267.

Tableau 1. Caractéristiques des sept lots de maïs (% MS)

T°C séchage	25°C	Mélange ¹	Mélange ²	110°C	Mélange ³	140°C	150°C
Promatest (eq alb./100 ml)	47	40	34	28	22	18	14
Protéines	9,0	9,1	9,0	9,0	9,1	8,9	8,9
Matières minérales	1,3	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Amidon Ewers	73,3	72,7	72,7	73,2	72,9	72,5	73,4
Sucres totaux	2,4	2,1	2,5	3,2	2,4	2,7	2,5
Matières grasses avec hyd.	5,1	4,8	4,7	4,4	4,9	4,8	4,8
Parois	9,7	9,2	9,2	9,0	9,0	9,7	9,2
Energie brute	4531	4537	4529	4507	4519	4516	4515
Lysine (g/kg MS)	3,03	3,04	3,02	3,02	3,03	2,89	2,85

¹ : mélange maïs 25°C (65%) + 110°C (35%)² : mélange maïs 25°C (65%) + 150°C (35%)³ : mélange maïs 110°C (50%) + 140°C (50%)**Tableau 2.** Valeur énergétique et digestibilité de l'amidon des maïs chez le poulet en fonction du Promatest (eq alb./100 ml)

T°C séchage	25°C	Mélange ¹	Mélange ²	110°C	Mélange ³	140°C	150°C	Proba	ETR
Promatest	47	40	34	28	22	18	14		
EMA (kcal/kg MS)	4068	4134	4077	4083	4061	4077	4005	NS	128
EMAn (kcal/kg MS)	3907	3973	3912	3924	3907	3912	3848	NS	127
EMAn/EB (%)	85,9	87,1	85,4	85,6	85,2	85,1	84,4	NS	2,8
CUD amidon (%)	99,9 a	98,2 ab	98,8 ab	99,0 ab	95,3c	97,8 ab	97,2 b	<0,001	1,8

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

NS : P>0,05

Tableau 3. Valeur énergétique et digestibilité apparente de la lysine des maïs chez le coq adulte en fonction du Promatest (eq alb./100 ml)

T°C séchage	25°C	Mélange ¹	Mélange ²	110°C	Mélange ³	140°C	150°C	Proba	ETR
Promatest	47	40	34	28	22	18	14		
EMA (kcal/kg MS)	3740 ab	3729 b	3760 a	3757 ab	3758 ab	3742 ab	3730 ab	<0,01	22
EMA/EB (%)	83,1 ab	82,8 b	83,7 a	83,7 a	83,7 a	83,5 a	83,2 ab	<0,001	1,0
CUDa lysine (%)	74,2	73,7	72,4	73,7	73,6	73,0	73,1	NS	1,3
Lys dig (g/kg MS)	2,25 a	2,24 a	2,18 ab	2,22 a	2,23 a	2,11 b	2,09 b	<0,001	0,04

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

NS : P>0,05

Figure 1. Additivité du Promatest(eq alb./100 ml)