

**EVALUATION DE L'EFFET PIGMENTANT DE L'APO-CAROTENE ESTER EN
SUBSTITUTION PARTIELLE A LA LUTEINE+ZEAXANTHINE
CHEZ DES POULETS JAUNES**

Castaing Julien¹, Larroudé Philippe¹, Hamelin Catherine², Hernandez Jose-Maria³

¹*ADAESO, 21 chemin de Pau, 64 121 MONTARDON*

²*DSM Nutritional Products, Tour Atlantique, 1 place de la Pyramide – La Défense 9, 92 911
PARIS La Défense*

³*DSM Nutritional Products Ltd., Bldg. 241/838, P.O.Box 3255, 4002 Basel – Switzerland*

RÉSUMÉ

Cette étude avait pour but d'évaluer le pouvoir pigmentant de l'apo-carotène ester (APO) en substitution partielle au duo lutéine + zéaxanthine (LZ) sur le filet et les pattes de poulets jaunes, selon un rapport de 1 pour 2.

Quatre aliments expérimentaux ont été testés sur deux périodes d'élevage (démarrage/croissance : 1-20 jours et finition : 21-38 jours). Par période d'élevage, la formule alimentaire de base est identique pour les quatre aliments. Elle renferme 3 ppm de canthaxanthine (CAROPHYLL® Rouge) pour obtenir une base de rouge. Le témoin T1 reçoit un apport de 30 ppm de LZ apporté par des tagètes. Dans le traitement 2, on introduit 2 ppm d'APO (CAROPHYLL® Jaune) en substitution à 4 ppm de LZ. Dans le traitement 3, le rapport est de 4 pour 8 ppm, dans le traitement 4, il est de 8 pour 16 ppm. Les niveaux de pigmentation sont mesurés en fin d'élevage sur 15 animaux prélevés au hasard dans chaque parquet d'élevage (environ 90 par traitement expérimental). Les mesures sont effectuées 24 heures *post-mortem* sur les filets et les pattes par notation avec l'éventail colorimétrique DSM BROILER Colour (prototype RVE 04/2003) puis avec le chromamètre MINOLTA. A l'issue, 4 animaux (24 par traitement) représentatifs de la coloration de chaque parquet d'élevage sont retenus pour une évaluation par Rank Test sur les carcasses et les pattes.

Le résultat global de pigmentation mesuré par les trois méthodes montre que les poulets sont tout aussi bien pigmentés avec APO en substitution de LZ aux trois taux d'incorporation. La pigmentation du filet est significativement augmentée d'une classe à l'éventail DSM Broiler Colour (108 vs 107) avec les trois doses étudiées. La pigmentation des pattes est également significativement améliorée mais à un niveau inférieur (110,8 vs 110,3). Ces résultats confirment la forte aptitude du CAROPHYLL® Jaune à pigmenter la peau et le gras sous-cutané et à un moindre degré les pattes des poulets. L'équivalence de 1 ppm d'APO pour 2 ppm de LZ est validée au vu des résultats obtenus avec les trois niveaux de substitution testés pour un total d'environ 40 ppm de xanthophylles jaunes dans les aliments.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the pigmenting capacity of apo-carotene ester (APO) in partial substitution for the lutein + zéaxanthine (LZ) on the fillet and the shanks of yellow chickens, according to a ratio of 1 per 2.

Four experimental feed were tested over two periods of breeding (starter/grower: 1-20 days and finisher: 21-38 days). Per period of breeding, the basic feed formula is identical. It contains 3 ppm canthaxanthin (CAROPHYLL® Red) to obtain a base of red. Control T1 receives 30 ppm of LZ brought by tagetes. Into treatment 2, one introduces 2 ppm APO (CAROPHYLL® Yellow) in substitution with 4 ppm of LZ. In treatment 3, the report/ratio is 4 per 8 ppm, in treatment 4, it is 8 per 16 ppm. The pigmentation levels are measured at the end of the breeding with 15 animals taken randomly in each pen (90 per treatment). The breasts and shanks measurements are done 24 hours *post-mortem* by notation with the colorimetric fan DSM BROILER Colour (prototype RVE 04/2003) and the chromameter MINOLTA. Then, 4 animals (24 per treatment) representative of the colouring of each pen are retained for a Rank Test with carcass and shanks.

The total result of pigmentation measured by the three methods shows that the chickens are just as easily pigmented with APO in substitution LZ at the three studied levels. The breast pigmentation is significantly increased by one note with the DSM Broiler Colour fan (108 vs 107) at the three studied amounts. The shank pigmentation is also significantly improved but in a less extend (110,8 vs 110,3). These results confirm the strong aptitude of the CAROPHYLL® Yellow to pigment the skin and the subcutaneous fat and for a less degree the chickens shanks. The equivalence of 1 ppm of APO for 2 ppm of LZ is validated according to these results obtained with the three levels of substitution with a total of approximately 40 ppm yellow feed xanthophylls.

INTRODUCTION

La pigmentation est un facteur important d'acceptation et de la qualité perçue des poulets chez le consommateur (Lapierre et al., 2005). La pigmentation de la volaille de table est due aux caroténoïdes présents dans leur régime alimentaire. En effet, les volailles ne pouvant pas synthétiser les caroténoïdes il est nécessaire de les apporter par l'alimentation. Tous les caroténoïdes utilisés dans l'alimentation des animaux ont été identifiés et isolés dans la nature.

Pour obtenir la couleur désirée, l'alimentation contient habituellement un mélange de caroténoïdes jaunes : apo-carotène ester, lutéine, zéaxanthine et rouge : canthaxanthine (Marusich et Bauerfeind, 1981). L'efficacité des caroténoïdes dépend à la fois de leur efficacité de dépôt dans les tissus mais aussi de leur teinte (jaune, orange, rouge). Les caroténoïdes jaunes ont une efficacité différente, qui doit être prise en compte dès la formulation des aliments.

Dans le domaine de la pigmentation du jaune de l'œuf, de nombreux travaux ont montré que l'apo-carotène ester était 3 fois plus efficace que l'association lutéine-zéaxanthine trouvée dans les ingrédients végétaux (Nys, 1999 ; Grashorn et Seehawer, 1999 ; Steinberg et al., 2001 ; Windhausen et al., 2001 ; Huyghebaert, 1991, 2004). En revanche, dans le domaine de la pigmentation du poulet jaune, aucun travail récent n'a été publié sur l'efficacité relative des caroténoïdes jaunes.

Cette étude concerne l'évaluation du pouvoir pigmentant de l'apo-carotène ester en substitution aux tagètes apportant lutéine et zéaxanthine. Les effets sont recherchés sur la pigmentation du filet et des pattes des animaux. Les performances zootechniques de consommation, de croissance et d'efficacité alimentaire sont contrôlées pour s'assurer de la validité du test à performances équivalentes. Le choix entre les deux types de pigments est guidé par le contexte économique et l'efficacité des produits ; la bonne homogénéité de la couleur obtenue avec l'Apo-carotène ester est souvent signalée par les utilisateurs qui l'utilisent entre 2 et 10 ppm.

1. MATERIEL ET METHODES

Le facteur étudié est la dose de supplémentation en apo-carotène ester apportée par le Roxafil® Amarillo D 10 (dilution du CAROPHYLL® Jaune) introduit en substitution partielle, selon le ratio 1 ppm pour 2 ppm respectivement, au couple lutéine+zéaxanthine apportées par les tagètes titrant 20 g/kg de lutéine+zéaxanthine. Le schéma expérimental comporte quatre traitements avec une composition identique en matières premières mais supplémentés en caroténoïdes chacun différemment :

Traitement 1 : + 30 ppm de lutéine/zéaxanthine
 Traitement 2 : + 26 ppm de lutéine/zéaxanthine
 + 2 ppm d'apo-carotène ester
 Traitement 3 : + 22 ppm de lutéine/zéaxanthine
 + 4 ppm d'apo-carotène ester
 Traitement 4 : + 14 ppm de lutéine/zéaxanthine
 + 8 ppm d'apo-carotène ester

Dans chaque traitement, 3 ppm de canthaxanthine sont apportés via un prémix, dilution du "CAROPHYLL® Rouge".

1.1 Aliments expérimentaux

Les prémix sont introduits selon les traitements expérimentaux dans les aliments de démarrage-croissance (0 à 20 jours) et de finition (21 à 38 jours) distribués à volonté aux animaux.

Tableau 1. Composition, caractéristiques chimiques des aliments

Aliments	Démarrage	Finition
Composition, %		
Maïs Sud-Ouest	31,0	32,8
Blé	21,8	27,0
Tourteau de soja 48	20,0	13,0
Graine de soja extrudée	18,0	18,0
Gluten de maïs 60	3,6	3,5
Huile soja	2,0	2,5
Phosphate bicalcique	1,8	1,6
Carbonate de calcium	0,95	0,85
Prémix oligo/vitamines/acides aminés de synthèse	0,85	0,78
Caractéristiques chimiques, g/kg brut		
Energie Mét. (EM), kcal	3045	3139
Cellulose brute	33,4	30,7
Matière grasse	71,3	76,2
Protéines brutes	222	197
Lysine	11,5	9,7
Méthionine	5,1	4,6
Méthionine + Cystine	9,0	8,2
Calcium	10,2	9,2
Phosphore disponible	4,3	4,0
Caroténoïdes, ppm		
Lutéine + zéaxanthine (1)	16	16
Lutéine + zéaxanthine (2)	Protocole	Protocole
Apo-carotène ester (2)	Protocole	Protocole
Canthaxanthine	3	3

(1) apportées par les matières premières,

(2) apportées par les prémix expérimentaux.

Les aliments sont présentés en miettes la première semaine puis en granulés de 2,5 mm de diamètre après granulation à sec.

1.2 Animaux

L'expérimentation est conduite avec 960 poulets de souche ROSS 308 ; il y a 6 répétitions de parquet avec 40 poulets par parquet (22 poulets / m²) pour chacun des quatre traitements. Elle a été réalisée dans le bâtiment volailles de chair de l'ADÆSO à Montardon (64121) du 8 avril au 17 mai 2005.

1.3 Contrôles

• Performances

Les animaux identifiés individuellement sont pesés à 20 et 38 jours d'âge. Les consommations hebdomadaires et indice de consommation sont mesurés et calculés à chaque période par parquet d'élevage pour s'assurer du bon déroulement zootechnique de l'essai.

• Mesure de la pigmentation

Le contrôle de pigmentation est réalisé sur les carcasses de poulets prélevés par parquet d'élevage. A 38 jours, 15 animaux pris au hasard dans chacun des 6 parquets d'élevage de chaque traitement expérimental sont abattus. Les carcasses ressuées pendant 24 heures à 4°C font ensuite l'objet, en premier, d'une notation de pigmentation des filets (partie grasseuse du bréchet) et des pattes selon deux approches :

- Notation visuelle avec l'éventail colorimétrique DSM – Broiler Colour FAN – Prototype RVE 04/2003. Les travaux conduits dans cette étude avec ce prototype ont été utilisés pour la mise au point de l'éventail colorimétrique définitif DSM (Hamelin et al., 2007).

- Mesure objective au chromamètre MINOLTA (*espace L*, a*, b**). équipé d'une tête de lecture CR-300 de 8 mm de diamètre, étalonné et calibré selon l'espace couleur Hunter (Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) - 1976): luminosité (L), rouge (a) et jaune (b) et avec l'illuminant standard C Lumière du jour moyenne ne comprenant pas la zone des ultraviolets.

Dans un deuxième temps, un Rank test de synthèse est organisé (Braunlich, 1974). Parmi les 15 animaux contrôlés précédemment issus de chacun des 24 parquets d'élevage, 4 poulets font l'objet d'un échantillonnage représentatif des pigmentations observées sur le lot. Positionnés sur le dos sans repère visible, les 96 animaux sélectionnés (4 x 24) sont classés par un premier juge selon la couleur de la carcasse, dans une graduation du moins coloré au plus coloré. Ensuite, un deuxième juge, réalise les modifications de classement qui lui paraissent nécessaires. Un troisième juge, réalise lui aussi les modifications de classement qui lui semblent pertinentes. Enfin les trois juges se mettent d'accord sur le classement final et attribuent une position de

pigmentation allant de 1, pour la carcasse la moins colorée, à 96 pour la carcasse la plus colorée. Le relevé des identifiants et de leur position de pigmentation peut alors s'effectuer. La position moyenne de chaque traitement est alors calculée. La même opération est réalisée pour la pigmentation des pattes.

• Analyses statistiques

Les données sont traitées par analyse de variance à l'aide du logiciel statistique SAS (procédure GLM). Dans les tableaux de résultats, les moyennes sont significativement différentes au seuil $P < 0,001$ pour ***, P compris entre 0,001 et 0,01 pour **, P compris entre 0,01 et 0,05 pour * (test de Newman et Keuls). NS : $P > 0,20$, il n'y a pas de différence significative. Pour P compris entre 0,05 et 0,20, les probabilités sont indiquées et les résultats commentés en tendance.

2. RESULTATS

2.1 Caractéristiques aliments

Les caractéristiques chimiques des aliments sont conformes aux valeurs prévisionnelles pour la protéine et la cellulose. Les niveaux de matière grasse sont légèrement plus élevés pour les traitements 2, 3 et 4 de la période démarrage-croissance.

Les niveaux de caroténoïdes analysés par HPLC (Schierle et al., 1995) pour les teneurs en caroténoïdes (lutéine, zéaxanthine et apo-carotène ester) sont tout à fait conformes aux valeurs prévisionnelles. Les taux de recouvrement varient de 82 à 105 % (tableau 2). Le niveau global est d'environ 40 ppm de xanthophylles jaunes.

Tableau 2. Teneurs en caroténoïdes des aliments, ppm et % de la valeur théorique

Traitement	1	2	3	4
Démarrage				
- LZ	41,5 (90)	43,9 (105)	39,7 (104)	32,8 (109)
- APO	< ld (1)	2,0 (101)	4,2 (105)	7,1 (118)
Finition				
- LZ	43,3 (94)	37,6 (89)	37,3 (98)	30,6 (102)
- APO	< ld	1,7 (82)	3,5 (88)	6,5 (108)

(1) <ld : inférieur à la limite de détection analytique

2.2 Performances zootechniques

Les performances zootechniques de la période totale sont similaires entre traitements étudiés : pour une consommation moyenne d'aliment de 3434 g, le poids moyen des animaux à 38 jours est de 2038 g et l'indice de consommation de 1.69 kg/kg.

2.3 Evaluation de la pigmentation

Les résultats des analyses de variance des données de pigmentation des filets ou des pattes proviennent du

prélèvement aléatoire intra traitement des carcasses de même gabarit. Le poids moyen des poulets est équivalent entre traitements, et représentatif des résultats de croissance de l'essai (tableaux 3 et 4).

Selon l'Eventail colorimétrique Poulets de DSM, l'utilisation d'apo-carotène ester en substitution partielle à l'association "lutéine+zéaxanthine" des tagètes donne des notes supérieures de pigmentation. Pour les filets, l'écart est de 1,1 point et cet écart est hautement significatif. Les notes attribuées aux animaux des traitements 2, 3 et 4 sont identiques. Pour les pattes, l'écart de pigmentation est moins important (0,5 point en moyenne) mais reste hautement significatif. De même que pour les filets, il n'y a pas de différence de pigmentation des pattes entre les traitements 2, 3, 4.

Avec le chromamètre Minolta dans l'espace L*, a*, b*, les mesures effectuées sur les filets font apparaître un effet des régimes alimentaires supérieur à celui mesuré sur les pattes. L'apport d'apo-carotène ester donne une peau de clarté (L*) inférieure dès 2 ppm d'apport et simultanément des teintes significativement plus rouges (a*) et plus jaunes (b*) à 4 et 8 ppm d'apport (respectivement 2,70 pour la valeur a* et 34,9 pour la valeur b* en moyenne pour les traitements T3 et T4 vs 2,01 et 33,4 pour le traitement témoin). Le traitement 2 est intermédiaire pour ces critères.

Les pattes apparaissent significativement moins claires pour les animaux ayant reçu le traitement T4 par rapport au traitement T3 mais ces deux valeurs sont identiques aux traitements T1 (Témoin) et T2. Pour les teintes rouge et jaune, il n'y a pas de différence significative. Pour la valeur a*, les résultats sont très proches ; pour la valeur b* (P=0,18) il semble qu'il y ait une progression jusque T3 mais T4 est au même niveau que le témoin.

Les Rank tests (tableau 4) réalisés sur les carcasses et les pattes font apparaître des tendances. Sur les carcasses, les animaux du traitement 1 semblent moins pigmentés (P=0,19) que ceux des autres traitements. Sur les pattes (P=0,08), les animaux du traitement 4 apparaissent plus pigmentés que ceux des traitements 1, 2, et 3.

DISCUSSION - CONCLUSION

Le pouvoir pigmentant de l'apo-carotène ester sur les tissus de poulets jaunes est au minimum de 2 fois celui du duo lutéine + zéaxanthine au vu des résultats de pigmentation des filets et des pattes observés dans cet essai.

Les résultats de pigmentation mesurés, uniquement en fin d'élevage après l'abattage et ressuyage, par trois méthodes (Eventail colorimétrique, Chromamètre et Rank test) montrent que les poulets sont au moins aussi bien pigmentés avec l'apo-carotène ester en

substitution des tagètes. La pigmentation de la peau est augmentée visuellement quelle que soit la dose. Cependant la pigmentation évolue progressivement pour les couleurs rouges (a*) et jaunes (b*) lorsqu'elle est mesurée avec le chromamètre pour les filets. Ce résultat n'étant pas visible à l'œil nu (Rank Test) nous retiendrons l'effet similaire voire améliorateur de l'Apo-carotène ester indépendamment de la dose utilisée dans la gamme étudiée.

Les poulets correspondaient bien du point de vue de la pigmentation au standard demandé dans le sud-ouest, marché traditionnel du poulet jaune. Ces résultats confirment la bonne efficacité de l'apo-carotène pour la pigmentation de la peau et du gras sous-cutané. Pour les pattes, la source d'apport en caroténoïdes jaunes a moins d'influence. Il est en effet admis que les caroténoïdes rouges ont plus d'effet car ils se déposent mieux dans les pattes que les caroténoïdes jaunes.

Selon ces résultats, l'équivalence de 1 ppm d'apo-carotène ester pour 2 ppm de lutéine-zéaxanthine est validée dans ce type d'aliment à 40 ppm de xanthophylles jaunes totaux. En ce qui concerne la pigmentation du filet, cette équivalence pourrait même être supérieure à 2 pour 1, mais le protocole de la présente étude ne permet pas de l'évaluer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Braunlich, K., 1974. XV World's Poultry. Congress, New Orleans, USA, 236-239.
- Lapierre, O., Pressenda, F., Tran, G., Tristant, D., Wisner-Bourgeois, C., Lévy, C., Besnard, J., Hamelin, C., Hernandez, J.M., 2005. 6th Conference on Poultry Research, St Malo, France, 15-19.
- Nys, Y., 1999. Journées de la Recherche Avicole, St Malo, France, 3, 423-426.
- Grashorn, Seehawer, 1999. 8th Eur.Symp.Quality Eggs and Egg products, Italy, 163-166.
- Hamelin, C., Hernandez, J.M., Fagoaga, N., 2007. Journées de la Recherche Avicole, Tours, France, 7, *sous presse*.
- Huyghebaert, G., 1991. 4th European Symp. on Quality of Eggs and Egg Products, Doorwerth, Netherlands, 269-278.
- Huyghebaert, G., 2004. 22° World Poultry Congress Istanbul, Turkey, 1-5.
- Marusich W.L., Bauernfein, J.C., 1981. Oxy-carotenoids in poultry feeds. In: Ed. Bauernfein, J.C. Academic Press, New York, USA, 320-341.
- Schierle J., Faccin N., Riegert V., 1995. Analytical methods for vitamins and carotenoids in Feed. Hoffmann-La Roche Publ. 50771, pp5.

Steinberg, W., Klüenter, A.M., 2001, 9th Eur. Symp. Quality Eggs and Egg products, Turkey, 151-156.

Tableau 3. Mesures de pigmentation réalisées sur les filets et sur les pattes à 38 jours.

Traitement	1	2	3	4	Moyenne	ETR	Prob. H0 (1)
Lutéine + zéaxanthine	30	26	22	14			
Apo-carotène ester	0	2	4	8			
Animaux contrôlés	87	87	85	93			
Poids, g	2040	2017	2078	2044	2044	214	NS
Filet (Partie grasseuse)							
Eventail colorimétrique DSM	107,0 b	108,1 a	108,1 a	108,1 a	107,8	0,7	***
Chromamètre Minolta							
L*	76,0 a	75,4 b	75,6 ab	75,5 ab	75,6	1,4	*
a*	2,01 b	2,43 ab	2,56 a	2,85 a	2,47	1,49	**
b*	33,4 b	34,1 ab	34,9 a	34,8 a	34,3	2,9	**
Pattes							
Eventail colorimétrique DSM	110,3 b	110,9 a	110,7 a	110,8 a	110,7	0,8	***
Chromamètre Minolta							
L*	73,4 ab	73,4 ab	73,8 a	73,1 b	73,4	1,7	*
a*	6,78	7,04	6,65	6,95	6,86	1,75	NS
b*	53,9	54,6	55,0	54,0	54,3	3,8	0,18

(1) NS : P > 0,20 ; * : P compris entre 0,01 et 0,05 ; ** : P compris entre 0,001 et 0,01 ; *** P < 0,001

Tableau 4. Rank test sur les carcasses et les pattes

Traitement	1	2	3	4	Moyenne	ETR	Prob. H0 (1)
Lutéine + zéaxanthine	30	26	22	14			
Apo-carotène ester	0	2	4	8			
Animaux contrôlés	24	24	24	24	-	-	-
Poids, g	2050	2032	2081	2034	2049	81	NS
Note moyenne Carcasses	38,8	51,0	55,6	46,8	48,5	27,3	0,19
<i>Ecart-type</i>	±29,5	±28,3	±27,9	±23,1			
Note moyenne Pattes	45,6	40,6	47,3	60,5	48,5	27,3	0,08
<i>Ecart-type</i>	±29,4	±22,7	±28,3	±28,3			

(1) NS : P > 0,20 ; * : P compris entre 0,01 et 0,05 ; ** : P compris entre 0,001 et 0,01 ; *** P < 0,001