

COMPARAISON DE DEUX CAROTENOÏDES JAUNES SUR L'EFFICACITE DE PIGMENTATION DU JAUNE D'ŒUF

Aureli Raffaella¹, Schierle Joseph², Gadiet Martin² et Umar Faruk Murtala¹

¹DSM Nutritional Products France, Centre de Recherche en Nutrition Animale, BP 170, 68305 SAINT-LOUIS Cedex, France, ²DSM Nutritional Products Ltd, BP 3255, CH-4303 KAISERAUGST, Suisse

raffaella.aureli@dsm.com

RÉSUMÉ

Les effets sur la pigmentation du jaune d'œuf de la stéréoisomérisation de deux esters apo-caroténoïdes (Apo1 et Apo2), contenant respectivement 91 et 51 % d'isomères *trans*, ont été comparés lors d'un essai de pigmentation de trois semaines. Pour cela, les animaux ont été nourris avec un aliment de base pauvre en caroténoïdes auquel 0, 5, 10 et 20 mg par kg d'aliment de chaque caroténoïde ont été ajoutés.

Les performances de ponte et la consommation alimentaire ont été déterminées par groupe. A la fin de l'essai, les deux derniers œufs de chaque poule ont été récoltés et regroupés par traitement. Des mesures de colorimétrie objective (colorimètre Lab Scan) et subjective (éventail de couleur) du jaune d'œuf ont été réalisées. Le taux de dépôt du caroténoïde a été calculé après détermination de la concentration en apo-ester dans l'aliment et dans le jaune d'œuf. Quel que soit le niveau d'inclusion, le taux de dépôt d'apo-ester dans le jaune d'œuf était significativement différent entre les deux caroténoïdes. Un taux de dépôt moyen de 52,5 % ($\pm 5,04$) et 38,8 % ($\pm 2,10$) a été obtenu respectivement pour Apo1 et Apo2. De plus, la représentation linéaire ($y=a+bx$) de la concentration en apo-ester dans le jaune d'œuf (y) en fonction de la concentration dans l'aliment (x) a montré que l'apo-ester de Apo1 ($y=-0,34+3,501x$; $R^2=0,984$) est 35 % plus bio-disponible que l'apo-ester de Apo2 ($y=-0,74+2,587x$; $R^2=0,975$). Ces résultats indiquent également que la configuration *trans* majoritaire d'Apo1 est plus efficace dans la pigmentation du jaune d'œuf.

ABSTRACT

Comparison of two yellow carotenoids on egg yolk pigmentation efficacy

A 3-week egg yolk pigmentation trial was conducted to compare egg yolk pigmenting efficiency of two different apo-ester products, Apo1 and Apo2, containing respectively 91 % and 51% of *trans* isomers. The trial was carried out with a supplementation ranging between 5.0 mg and 20.0 mg apo-ester per kg of feed. The products were tested with special emphasis on the concentration and deposition rate of apo-ester and colour saturation in egg yolk by visual standard determination (DSM Yolk Colour Fan) and by instrumental observation (photometers based on the CIELab system applied to yolk colour).

The mean deposition rate of yellow carotenoids in the yolk was 52.5 % (± 5.04) and 38.8 % (± 2.10) for Apo1 and Apo2 respectively. Regardless of the dose, Apo2 was significantly less deposited in egg yolk compared to Apo1. Linear regression was calculated using the target dosages in the feed (x) and the determined concentration of apo-ester in the egg yolk (y) (CY: $y= -0.34+ 3.501x$. $R^2= 0.984$ and Apo: $y= -0.74 + 2.587x$. $R^2= 0.975$). It showed that apo-ester from Apo1 is 35% more bio-available than Apo2. The data also suggests that Apo1 with higher content of *trans* isomers is more efficient in egg yolk pigmentation.

INTRODUCTION

Pour le consommateur, la couleur du jaune d'œufs est un élément subjectif de la qualité. Elle n'affecte pas la valeur nutritive de l'œuf et dépend principalement de la nourriture consommée par les poules. En effet, comme les poules ne sont pas capables de synthétiser des pigments, ceux-ci doivent être inclus en quantité adéquate dans les régimes alimentaires afin d'assurer l'uniformité de la couleur du jaune d'œuf (Blount *et al.*, 2002).

Ces pigments, principalement des caroténoïdes, sont largement répandus dans la nature et sont utilisés depuis des années pour la pigmentation des œufs (Grashorn et Steinberg, 2002).

Plusieurs facteurs, dont l'état de santé des animaux, le système d'hébergement, la présence d'antioxydant dans la ration alimentaire et la configuration *cis/trans* des isomères de la molécule de caroténoïde ont été identifiés comme ayant une influence sur le transport et la déposition des oxy caroténoïdes et par conséquent sur la pigmentation du jaune d'œuf (Hencken, 1992). A l'état naturel, les caroténoïdes sont rencontrés dans deux configurations : *cis* et *trans*. La forme optiquement active 3R, 3R' est celle prédominante dans la plante et se dépose avec une plus grande efficacité que les autres isomères (Nys, 1999). Les caroténoïdes sont, dans leur configuration *trans*, considérés comme des pigments plus efficaces compte tenu de leur degré de rouge plus poussé et de leur stabilité accrue par rapport aux *cis*-caroténoïdes. Cette étude propose de comparer les effets sur la pigmentation du jaune d'œuf de la stéréo-isomérisation de deux esters apo-caroténoïde contenant respectivement 91 % et 51 % d'isomères *trans*.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et mesures

L'essai expérimental a été réalisé au Centre de Recherche en Nutrition Animale (DSM Nutritional Products France) avec 84 poules pondeuses de lignée Isa Brown âgées de 44 semaines. Les poules ont été réparties en 28 groupes de trois poules, chaque poule étant logée dans une cage individuelle. Quatre groupes de trois poules ont été attribués à chaque régime alimentaire additionné des substances à tester. L'essai a duré 3 semaines et s'est déroulé dans des conditions de température et d'humidité contrôlées (T : 18°C ; H : 55%). L'aliment a été pesé au début et en fin d'essai afin de déterminer l'ingestion alimentaire. Les œufs ont été récoltés et pesés chaque semaine afin de calculer le pourcentage de ponte et le poids moyen des œufs. A la fin de l'essai les deux derniers œufs de chaque poule ont été récoltés et regroupés par régimes alimentaires en vue des analyses de colorimétrie.

1.2. Aliment

Les animaux ont été nourris pendant les trois semaines précédant le début de l'essai avec un aliment de base sans pigment et composé de blé, de riz, d'avoine et de tourteau de soja. L'aliment a été formulé de manière à répondre aux besoins nutritionnels des poules pondeuses (Tableau 1). Les animaux avaient accès *ad libitum* pendant toute la durée de l'essai expérimental à l'eau et à l'aliment sous forme de farine. Pendant l'essai, les groupes témoins ont été nourris avec l'aliment de base. Les autres groupes ont été nourris avec un des six aliments expérimentaux composés de l'aliment de base auquel un des caroténoïdes à évaluer a été ajouté à une des trois doses testées. Les deux esters apo-caroténoïde Apo1 (CAROPHYLL® Yellow 10 % avec 91% isomères *trans*) et Apo2 (ApoEplus 10 % avec 51 % isomères *trans*) ont été testés à la dose de 5, 10 et 20 mg par kg d'aliment.

1.3. Analyses biochimiques

Des mesures de colorimétrie du jaune d'œuf ont été réalisées sur chaque œuf individuellement, à l'aide d'un colorimètre Lab Scan XE 16436 (CIE-Lab system, Xenocolor Chromameter) pour déterminer, selon le système international de couleur, la clarté (L*), la couleur rouge (a*) et jaune (b*) du jaune d'œuf, et pour calculer dans l'espace colorimétrique CIE 1976 L*a*b*, la teinte (h*ab) et l'intensité lumineuse (C*ab) de la couleur du jaune de l'œuf. La pigmentation du jaune d'œuf a été aussi évaluée sur une échelle de 1 à 15 en utilisant l'éventail DSM de couleurs du jaune de l'œuf (Hernandez, 2005). La concentration en apo-ester dans l'aliment et dans le jaune d'œuf a été déterminée par chromatographie liquide haute performance en phase inverse selon une méthode décrite par Klünter *et al.* (1988), et Schierle *et al.* (1995). Deux mesures par prise au minimum ont été réalisées. Le taux de dépôt du pigment a été calculé et correspond au pourcentage de pigment consommé par jour qui s'est déposé dans l'œuf.

1.4. Analyses statistiques

Une analyse de variance à un facteur (Stat box V.5 ; Grimmersoft, 1995) a été utilisée afin d'évaluer statistiquement le taux de déposition des caroténoïdes dans le jaune d'œuf et les valeurs des mesures de colorimétrie du jaune d'œuf obtenues à chaque niveau d'inclusion pour les deux produits testés. Pour les paramètres dont aucune interaction produit-dose n'a été observée, une analyse de variance à deux facteurs (produit et dose) a aussi été réalisée. Les moyennes significativement différentes (P<0,05) ont été comparées grâce au test de Newman Keuls. Une équation de régression linéaire ($y=a+bx$) de la concentration analysée en apo-ester dans le jaune d'œuf (y) en fonction de la concentration analysée

dans l'aliment (x) a été calculée pour les deux produits.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La durée de l'expérience ne permet pas de tirer de conclusion quant à l'effet des produits d'apo-ester sur les performances biologiques des animaux. Cependant, aucune différence de production d'œufs, de poids de l'œuf et d'ingestion d'aliment n'a été notée entre les traitements. Un taux de ponte moyen de 92,5 % a été relevé. Cette valeur est en accord avec la courbe de ponte des poules pondeuses Isa Brown âgées de 44 semaines. Le poids moyen de 62 g $\pm$ 0,88) des œufs récoltés rentre dans la classe 55-65 g correspondant à la classe des œufs les plus recherchés pour la vente d'après la réglementation européenne (Sauveur, 2002).

Les résultats des analyses de la concentration en caroténoïdes dans l'aliment et dans le jaune d'œuf sont présentés dans le Tableau 2. La concentration en apo-ester dans les différents régimes alimentaires est en accord avec les concentrations souhaitées. Dans les jaunes d'œufs, la concentration en apo-ester augmente significativement avec le niveau d'inclusion de chaque produit dans l'aliment. De plus, une équation de régression linéaire a été calculée pour Apo1 ($y = -0,34 + 3,501x$, $R^2 = 0,984$) et Apo2 ($y = -0,74 + 2,587x$, $R^2 = 0,975$) (Figure 1) et les valeurs de la pente de régression (b) (Apo1 = 3,501 et Apo2 = 2,587) ont montré que les deux produits ont une efficacité de pigmentation différente. Aussi, quel que soit le niveau d'inclusion, la concentration en apo-ester dans l'œuf a été significativement plus élevée avec Apo1 qu'avec Apo2 ($P = 0,001$ à 5 mg/kg ; $P < 0,001$ à 10 et 20 mg/kg). L'apo-ester Apo1 a été 35 % plus bio-disponible que Apo2.

Le taux de déposition d'apo-ester dans le jaune d'œuf a été comparé pour les deux caroténoïdes à chaque niveau d'inclusion (Tableau 3). Quel que soit la dose, le taux de déposition d'Apo1 dans le jaune d'œuf a été significativement plus élevé qu'Apo2 ($P < 0,05$). Une analyse de variance à deux facteurs a montré que la valeur moyenne du taux de déposition d'apo-ester dans le jaune d'œuf était dépendante du niveau d'inclusion dans l'aliment. En moyenne, 52,5 % ($\pm 5,04$) et 38,8 % ($\pm 2,10$) d'apo-ester provenant respectivement d'Apo1 et Apo2 se sont déposés dans le jaune d'œuf (Figure 2). Apo2 a été 26% moins

déposé dans le jaune d'œuf qu'Apo1. Une étude menée par Balnave et Bird (1996) a montré un taux de déposition de 50,5 % avec l'addition d'apo-ester à 2,8 mg/kg.

Les valeurs de colorimétrie et les valeurs obtenues sur une échelle de 1 à 15 de l'éventail de couleur DSM sont présentées dans le Tableau 4. Les effets des deux produits Apo1 et Apo2 ont été comparés statistiquement à chaque niveau d'inclusion en caroténoïdes jaunes. A 5 et 10 mg/kg d'aliment, Apo1 a montré une efficacité de pigmentation du jaune d'œuf significativement meilleure à celle obtenue avec Apo2 pour toutes les variables étudiées, excepté pour la luminosité (L^*) au niveau d'inclusion de 10 mg par kg d'aliment. A 20 mg par kg d'aliment, les valeurs de tous les paramètres étudiés, à l'exception de la saturation (C^*ab) et de la couleur jaune (b^*), ont été significativement différentes entre les deux produits Apo1 et Apo2. L'addition d'Apo1 et Apo2 s'est aussi caractérisée par une augmentation de la valeur de la couleur sur l'échelle DSM. En effet, des notes de 9, 11 et 13 ont été obtenues respectivement avec 5, 10 et 20 mg d'Apo1 par kg d'aliment. Pour Apo2, l'augmentation de la note (9 à 11,5) s'est faite que pour une dose de 20 mg par kg d'aliment.

Dans cette étude, les deux esters apo-caroténoïde-testés différaient par la teneur en isomère *trans* retrouvée dans l'aliment supplémenté. En effet, les aliments supplémentés ont montré une teneur d'environ 83 % et 55 % en isomères *trans* avec l'addition d'Apo1 et Apo2 respectivement. La configuration *trans* prédominante dans l'aliment supplémenté en Apo1 a donc permis une meilleure déposition du caroténoïde et donc une plus grande efficacité de pigmentation du jaune d'œuf que Apo2.

CONCLUSION

En conclusion, cette étude a montré que les esters apocaroténoïde testés permettaient tous deux de pigmenter le jaune d'œuf. Cependant, les différents paramètres d'évaluation de la couleur ont démontré que le produit Apo1 a été plus efficace dans la pigmentation du jaune d'œuf que le produit Apo2, et ce quel que soit le niveau d'inclusion. La configuration *trans* prédominante des caroténoïdes est bien responsable de leur efficacité de pigmentation du jaune d'œuf.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blount, J.D., Houston, D.C., Moller, A.P., 2002. Proceeding of the Royal Society of London B.269, 29-36
 Grashorn M.A. and Steinberg W., 2002. Arch. Geflügelk. 66, 258-262
 Hencken, H., 1992. Poult.Sci. 71:711-717
 Hernandez, J.-M., 2005. Int. Poult. Prod. 13:3
 Klünter, A.-M., Devaud, A., Schierle, J., Steinberg, W., Schwager, J., 1998. Roche Res. Rep., B-169'117
 Nys, Y., 1999. European Symposium on the quality of eggs and egg products, Bologna, Italy
 Sauveur, B., 1988. INRA édition 395-411
 Schierle, J., 1995. Roche Publication, 50771, 1-5

Tableau 1 : Composition de l'aliment de base

Ingrédients	%
Blé	38,50
Riz	21,50
Avoine	5,50
Tourteau de soja	21,00
Huile de soja	2,75
Carbonate de calcium	7,90
Phosphate bicalcique	1,70
NaCl	0,10
DL-Méthionine	0,05
Premix-Vitamine/Mineral ¹	1,00
Teneur calculée²(par kg)	
Energie métabolisable (MJ)	12,1
Protéine brute (g)	160
Matières grasses (g)	46,4
Lysine (g)	8,9
Méthionine + cystéine (g)	6,6
Calcium (g)	37,5

¹Premix-Vitamine/Mineral (par kg)

Vitamin A: 10'000 I.U.; vitamin D₃: 3'000 I.U.; vitamin E: 30,0 mg; vitamin K₃: 2,5 mg; vitamin C: 100 mg; vitamin B₁: 2,00 mg; vitamin B₂: 6,00 mg; vitamin B₆: 4,00 mg; vitamin B₁₂: 0,02 mg; niacin: 30,0 mg; pantothenic acid: 9,0 mg; folic acid: 0,80 mg; biotin 0,13 mg; cholin: 300 mg; Na: 0,98 g; Mg: 0,8 g; Mn: 120 mg; Fe: 50 mg; Cu: 10 mg; Zn: 70 mg; I: 1,24 mg; Co: 1,0 mg; Se: 0,20 mg

²Teneurs calculées à partir de la composition nutritionnelle des ingrédients

Tableau 2 : Concentration en caroténoïdes jaune dans l'aliment et le jaune d'œuf (moyenne ± ES¹)

Produit	Doses mg/kg	Isomère <i>trans</i>	Concentration en apo-ester	
		aliment %	aliment mg/kg	Jaune d'œuf mg/kg
Apo1	5	83	5,4	17,1 ^c ± 1,94
	10	84	9,5	35,0 ^b ± 2,89
	20	85	20,4	70,5 ^a ± 3,40
Apo2	5	56	4,1	10,8 ^c ± 0,54
	10	56	8,9	20,7 ^b ± 1,15
	20	55	18,2	46,9 ^a ± 4,78

a,b, c: les valeurs marquées avec différentes lettres au sein d'un même produit sont significativement différentes ($P < 0,05$)

¹ES : erreur standard

Figure 1 : Régression linéaire de la teneur en apo-ester dans le jaune d'œuf (y) en fonction de la concentration dans l'aliment (x)

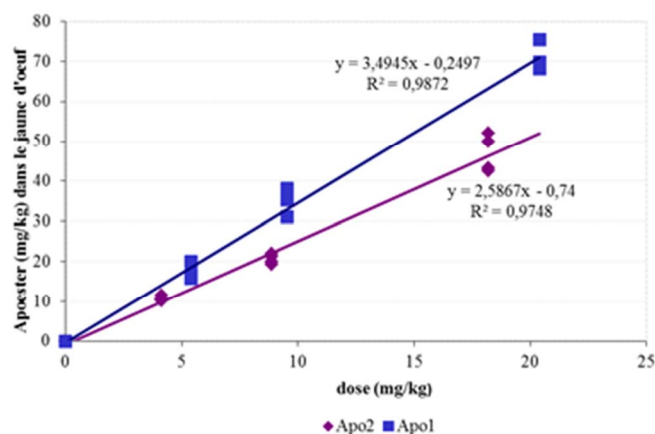
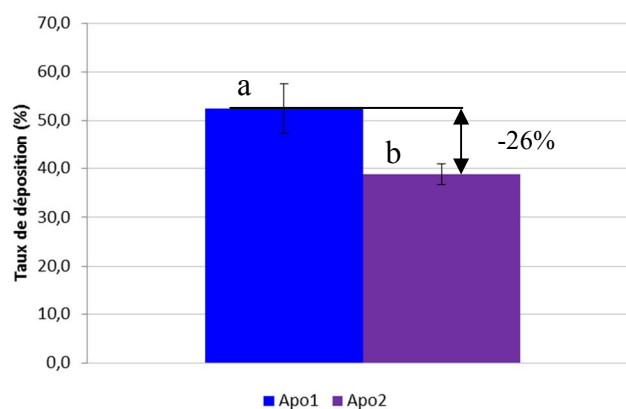


Tableau 3 : Comparaison entre Apo1 et Apo2 à chaque niveau d'inclusion pour le taux de déposition et la concentration en apo-ester dans le jaune d'œuf (moyenne $\pm$ ES¹)

Produit	Doses	Taux de déposition ²
	mg/kg	%
Apo1	5	49,7 ^a $\pm$ 5,0
Apo2	5	38,6 ^b $\pm$ 1,9
Apo1	10	57,4 ^a $\pm$ 4,0
Apo2	10	39,0 ^b $\pm$ 2,7
Apo1	20	50,3 ^a $\pm$ 1,6
Apo2	20	38,8 ^b $\pm$ 2,3
P	Produit	<0,001
	Dose	0,035
	Produit*Dose	0,057

¹ES : erreur standard ; ²Taux de déposition : le pourcentage de pigment consommé par jour qui s'est déposé dans l'œuf ;
a,b: les valeurs marquées avec différentes lettres pour une même dose sont significativement différentes ($P < 0,05$)

Figure 2 : Taux de déposition moyen d'Apo1 et Apo2 dans le jaune d'œuf (moyenne $\pm$ ES¹)

¹ES: erreur standard

Tableau 4 : Valeurs des mesures de colorimétrie pour le jaune d'œufs (moyenne $\pm$ ES¹)

Dose	Paramètre de colorimétrie						Echelle DSM
	mg/kg	L*	a*	b*	h*ab	C*ab	
Apo1	5,0	64,9 ^a $\pm$ 0,90	14,6 ^a $\pm$ 1,14	80,4 ^a $\pm$ 2,43	79,7 ^b $\pm$ 0,48	81,7 ^a $\pm$ 2,59	9,0
Apo2	5,0	66,3 ^a $\pm$ 1,22	10,7 ^b $\pm$ 0,42	73,2 ^b $\pm$ 1,05	81,7 ^a $\pm$ 0,41	74,0 ^b $\pm$ 1,00	9,0
P		0.124	0.001	0.002	0.001	0.002	
Apo1	10,0	61,4 ^b $\pm$ 0,66	20,3 ^a $\pm$ 0,95	88,0 ^a $\pm$ 2,02	77,0 ^b $\pm$ 0,34	90,3 ^a $\pm$ 2,17	11,0
Apo2	10,0	64,6 ^a $\pm$ 1,26	15,7 ^b $\pm$ 0,62	83,8 ^b $\pm$ 0,91	79,4 ^a $\pm$ 0,30	85,3 ^b $\pm$ 1,00	9,0
P		0.004	<0.001	0.009	<0.001	0.006	
Apo1	20,0	58,6 ^a $\pm$ 2,00	27,5 ^a $\pm$ 0,74	92,3 ^a $\pm$ 2,76	73,4 ^b $\pm$ 0,42	96,3 ^a $\pm$ 2,77	13,0
Apo2	20,0	60,5 ^a $\pm$ 0,90	23,5 ^b $\pm$ 1,29	92,7 ^a $\pm$ 1,38	75,8 ^a $\pm$ 0,56	95,7 ^a $\pm$ 1,64	11,5
P		0.140	0.002	0.786	0.001	0.700	

¹ES : erreur standard ; ²CT : groupe contrôle

luminosité (L*); couleur rouge (a*); couleur jaune (b*); ton (h*ab); saturation (C*ab)

a,b: les valeurs marquées avec différentes lettres pour une même dose sont significativement différentes ($P < 0,05$)