



## Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura

Adolpho Marlon Antoniol de Moura<sup>1</sup>, Fátima Naomi Takata<sup>2</sup>, Guilherme Rodrigues do Nascimento<sup>3</sup>, Almir Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Thiago Vasconcelos Melo<sup>3</sup>, Paulo Roberto Cecon<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães - CPqAM/FIOCRUZ - Recife, PE.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE - Recife, PE.

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Maringá - UEM - Maringá, PR.

<sup>4</sup> Departamento de Estatística - Universidade Federal de Viçosa - UFV - Viçosa, MG.

**RESUMO** - Esta pesquisa foi realizada para avaliar os efeitos do uso de pigmentantes naturais e extratos de marigold e páprica em rações à base de sorgo para codornas japonesas. Foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix japonica*), com 98 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, composto por cinco tratamentos e seis repetições com seis aves cada. O experimento foi dividido em seis períodos de quatro dias, totalizando 24 dias. Foram analisados o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos das codornas. A cor da gema foi avaliada a cada quatro dias durante 24 dias pelo método do escore colorimétrico DSM. Não houve efeito dos tratamentos sobre o desempenho e a qualidade dos ovos das codornas, à exceção da cor da gema. O extrato de marigold proporcionou escore colorimétrico da gema equivalente ao das aves alimentadas com milho. A suplementação associada dos extratos de marigold e páprica proporcionou maior escore colorimétrico e em menor tempo. A utilização de pigmentantes naturais deve ser analisada considerando o escore colorimétrico que se deseja obter e o custo da suplementação de cada fonte comercial.

Palavras-chave: avaliação de alimentos, marigold, páprica, pigmentação da gema

## Natural pigments on sorghum-based rations for laying Japanese quails

**ABSTRACT** - The objective was to evaluate the effects of natural pigments from marigold extract and paprika to Japanese quails fed sorghum-based diets. One hundred and eight Japanese quails (*Coturnix japonica*), with 98 days of age were distributed in a complete randomized design in a split plot arrangement, with five treatments and six replicates of six birds each. The experiment was divided into six periods of four days each, totaling 24 days. Parameters productive performance and quail egg quality were evaluated. Yolk color was evaluated every 4 days for 24 days by the DSM colorimetric score method. There was no effect of experimental diets on performance or quality of quail egg, except for egg yolk color. The extract of marigold promoted yolk color scores equivalent to those obtained with corn. Supplementation of marigold extract with paprika provided higher color scores in less time. The use of natural pigments should be analyzed as for the color scores one wishes to obtain and cost of each commercial source supplementation.

Key Words: assessment of food, marigold, paprika, yolk pigmentation

### Introdução

A cor da gema é uma característica sensorial de relevância econômica por ser associada à sua qualidade nutricional. O milho é o ingrediente com maior participação em rações para aves e principal fonte de carotenoides, pigmentos que conferem a cor amarela à gema dos ovos.

Em situações em que a utilização do milho é restringida, o sorgo pode substituí-lo totalmente. Entretanto, por ser deficiente em carotenoides, ocasiona redução na cor das gemas (Moura et al., 2009), um efeito que pode

ser corrigido por meio da inclusão de pigmentantes na dieta das aves (Oliveira et al., 2008).

A preferência pelo grau de pigmentação da gema varia entre os consumidores de diferentes países, ou mesmo entre regiões de um mesmo país. Nos Estados Unidos e no Brasil, o consumidor prefere colorações entre 7 e 10 na escala colorimétrica DSM (DYCF). Por outro lado, na Europa e Ásia, os consumidores têm preferência por gemas mais pigmentadas, entre 10 e 14 no DYCF (Galobart et al., 2004).

Devido às exigências de mercado, os pigmentantes naturais têm sido cada vez mais utilizados para potencializar

a cor das gemas dos ovos. Os principais pigmentantes naturais utilizados no Brasil são os derivados do urucum (*Bixa orellana* L.), a óleoresina de páprica (*Capsicum annum*) e o extrato de pétala de marigold (*Tagetes erecta*).

O extrato de marigold apresenta aproximadamente 12 g/kg de xantofilas, sendo 80 a 90% de luteína, um carotenoide amarelo. A páprica apresenta entre 4 e 8 g/kg de xantofilas, sendo 50 a 70% capsantina, um pigmento vermelho-alaranjado (Galobart et al., 2004). Os pigmentos são absorvidos no ileo juntamente com os ácidos graxos, na forma de micelas, são esterificados e armazenados principalmente no tecido adiposo e na pele como hidroxicarotenoides (Pérez-Vendrell et al., 2001).

Apesar de menos onerosas, as fontes naturais apresentam menor eficiência de pigmentaao se comparadas às fontes sintéticas (Garcia et al., 2002). Essa observaao foi asseverada por Baião et al. (1999) ao avaliarem a eficiência de pigmentaao de gema de ovos de poedeiras utilizando diferentes relaoes entre pigmentantes amarelo e vermelho na forma sintética e natural.

Este estudo foi realizado para avaliar o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas alimentadas com raoes à base de sorgo com baixo tanino, suplementadas com os pigmentantes naturais amarelo e vermelho.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foram utilizadas 180 codornas japonesas, fêmeas, linhagem Fujikura (*Coturnix japonica*) com 98 dias de idade e peso médio de  $176,8 \pm 3,3$  g.

As codornas foram uniformizadas pelo peso corporal e pela produao de ovos ( $\pm 91\%$ ) e distribuídas em gaiolas de arame galvanizado com dimensão de  $33 \times 33 \times 30$  cm, contendo comedouro e bebedouro do tipo calha. A gua foi disponibilizada à vontade e a raao foi fornecida duas vezes ao dia na proporao de 40 g/ave/dia.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, contendo cinco tratamentos nas parcelas (raoes experimentais), seis repetioes e seis codornas por unidade experimental. O experimento teve duraao de 24 dias, subdividido em seis períodos de quatro dias (4<sup>o</sup>, 8<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup>, 16<sup>o</sup>, 20<sup>o</sup> e 24<sup>o</sup> dia) para avaliaao da cor das gemas, constituindo as subparcelas.

Foi estabelecido o programa de luz com 17 horas de iluminaao natural e artificial com lâmpadas fluorescentes distribuídas uniformemente para evitar sombreamentos e controladas por relógio automático temporizado (*timer*).

As temperaturas mínimas e máximas e a umidade relativa do ar no interior do galpão foram registradas duas vezes ao dia por termohigrometro digital posicionado à altura das aves.

Foram formuladas uma raao-referência à base de milho e farelo de soja, e as demais com o sorgo de baixo tanino em substituiao integral ao milho, constituindo os seguintes tratamentos: raao-referência à base de milho (RM); raao à base de sorgo (RS); RS + 0,1% de marigold (RSM); RS + 0,1% de páprica (RSP); e T5 – RS + 0,1% de marigold + 0,1% de páprica (RSMP). Foram utilizados os produtos comerciais Yellow Sun<sup>®</sup> e Red Sun<sup>®</sup>, a partir dos extratos de marigold (*Tagetes erecta*) e páprica (*Capsicum annum*) como pigmentantes naturais amarelo e vermelho, respectivamente, em substituiao ao inerte (*areia lavada*).

As raoes experimentais (Tabela 1) foram formuladas para atender às exigências nutricionais de codornas em postura (NRC, 1994), exceto em proteína bruta e cálcio, cujo conteúdo foi calculado com base nas recomendaoes de Oliveira et al. (1999) e Barreto et al. (2007), respectivamente.

Para composiao bromatológica das matrizes nutricionais, utilizaram-se as informaoes descritas por Rostagno et al. (2005), exceto pela energia metabolizável aparente e proteína bruta, em que foram considerados os dados obtidos por Moura et al. (2010a). Depois de formuladas, as raoes foram analisadas para determinaao da porcentagem de proteína bruta e cálcio, conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Na análise comparativa do custo médio das raoes, foram utilizados os valores médios dos ingredientes comercializados na cidade do Recife, Pernambuco, no ano de 2009. O custo médio dos pigmentantes naturais Yellow Sun e Red Sun no período foi de R\$ 58,00/kg e R\$ 62,00/kg, respectivamente.

As variáveis analisadas foram consumo médio de raao (g/ave/dia), produao de ovos (%/ave/dia), massa de ovos (g de ovo/ave/dia), peso médio dos ovos (g), conversão alimentar por massa de ovo (g de raao/g de ovo), conversão alimentar por dúzia de ovos (g de raao/dz. de ovos) peso da gema (g), peso da casca (g), peso do albúmen (g), porcentagem de gema, porcentagem de casca e porcentagem de albúmen.

No dia anterior ao início do experimento, 100 ovos (20 de cada grupo experimental) foram coletados aleatoriamente e analisados quanto à cor da gema, para serem utilizados como referência (tempo zero). A cor da gema foi avaliada no 4<sup>o</sup>, 8<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup>, 16<sup>o</sup>, 20<sup>o</sup> e 24<sup>o</sup> dias após o fornecimento das raoes experimentais por três avaliadores em sala preparada para avaliaao cromática, utilizando-se o leque com escore colorimétrico DSM<sup>®</sup> *Yolk Color Fun* (DSM, 2008), segundo metodologia proposta por Santos-Bocanegra et al. (2004).

Tabela 1 - Composição das rações experimentais

Ingrediente	Composição percentual da ração (%)				
	Ração com milho	Ração com sorgo (RS)	RS + Marigold	RS + Páprica	RS + Marigold + Páprica
Milho moído	57,89	-	-	-	-
Sorgo baixo tanino	-	57,89	57,89	57,89	57,89
Farelo de soja	31,16	27,24	27,24	27,24	27,24
Calcário calcítico	6,51	6,55	6,55	6,55	6,55
Areia lavada	2,02	1,72	1,69	1,69	1,66
Óleo de soja	0,02	3,86	3,86	3,86	3,86
Fosfato bicálcico	1,34	1,35	1,35	1,35	1,35
Premix mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34
L-lisina.HCl	0,13	0,29	0,29	0,29	0,29
DL-metionina	0,10	0,17	0,17	0,17	0,17
L-treonina	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08
Marigold em pó <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
Páprica em pó <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
Antioxidante <sup>4</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Custo por kg (R\$)	0,71	0,71	0,72	0,73	0,74
Composição bromatológica calculada (%)					
EMAn (kcal/kg) <sup>5</sup>	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína bruta	19,00(19,23)*	19,00(19,38)*	19,00(19,30)	19,00(19,33)	19,00(19,27)
Cálcio	3,00(3,11)*	3,00(3,06)*	3,00(3,03)*	3,00(3,07)*	3,00(3,08)*
Fósforo disponível	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Lisina total	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
Metionina + cistina	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Metionina total	0,503	0,580	0,580	0,580	0,580
Treonina total	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Triptofano total	0,234	0,221	0,221	0,221	0,221
Sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

<sup>1</sup> Níveis de garantia por quilo do produto: cianocobalamina - 10.000 mcg; ácido fólico - 400 mg; pantotenato de cálcio - 3000 mg; biotina - 10 mg; colina - 126.000 mg; niacina - 7000 mg; piridoxina - 800 mg; tiamina - 800 mg; riboflavina - 1200 mg; menadiona - 500 mg; vit. A - 2.000.000 UI; vit. D3 - 50.000 UI; vit. E - 10.000 UI; Cu - 2.000 mg; Fe - 16000 mg; I - 200 mg; Mn - 18.000 mg; Zn - 14.000 mg; Se - 10000 mcg.

<sup>2</sup> Yellow Sun® (Seifun).

<sup>3</sup> Red Sun® (Seifun).

<sup>4</sup> BHT (butil-hidroxi-tolueno).

<sup>5</sup> Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio.

\* Analisado no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.

O leque colorimétrico apresenta uma escala numérica (escore) que varia de 1 a 15 no croma entre o amarelo opaco ao alaranjado intenso. Quanto maior o valor obtido no leque, maior o grau de pigmentação da gema.

A ração de cada repetição foi acondicionada em saco plástico (80 × 50 cm) devidamente identificado e o consumo foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e a sobra.

Os ovos foram coletados e pesados diariamente em balança de precisão de 0,01 g. A produção média foi expressa como percentual de ovos produzidos sobre o número de aves viáveis por dia (%/ave/dia), computando-se os ovos inteiros, quebrados, trincados, deformados e sem casca. A massa de ovos, obtida em g de ovo/ave/dia, foi calculada dividindo-se a produção de ovos pelo peso médio dos ovos.

A conversão alimentar por massa de ovo foi calculada dividindo-se o consumo médio de ração pela massa de ovo (g/g). A conversão alimentar por dúzia de ovo foi calculada pela multiplicação do consumo médio de ração por doze (g/dúzia).

Nos dois últimos dias de cada período experimental, foram coletados quatro ovos íntegros de cada parcela para determinação do peso da gema, do albúmen e da casca e da espessura da casca. Os ovos foram identificados e pesados individualmente em balança com precisão de 0,01 g para obtenção do peso dos ovos. Posteriormente, foram quebrados, e as gemas separadas manualmente e pesadas. As cascas foram secas em estufa de ventilação forçada por 24 horas a 105 °C e pesadas, segundo descrito por Abdallah et al. (1993).

O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo e dos pesos da gema e da casca. A porcentagem de gema, albúmen e casca foi calculada em relação ao peso total do ovo.

Os efeitos dos tratamentos e dos períodos experimentais sobre as variáveis foram verificados por meio da análise de variância utilizando-se a versão 9.1 do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2007).

Foram estimadas equações de *Linear Response Plateu* - LRP para cor em função dos períodos para estimar o ponto platô da cor da gema, respeitando-se os desdobramentos

significativos dos graus de liberdade e soma de quadrados. As médias das variáveis qualitativas com efeito significativo foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

As médias da temperatura mínima e máxima e a umidade relativa do ar registradas durante o período experimental foram, respectivamente,  $24,3 \pm 1,69$  °C;  $30,8 \pm 1,23$  °C e  $79,7 \pm 5,89\%$ . A mortalidade foi de 3,4% durante todo período experimental.

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as médias das variáveis em estudo (Tabelas 2 e 3), com exceção da cor da gema ( $P<0,05$ ). Esses resultados corroboram os de Galobart et al. (2004) e Santos-Bocanegra et al. (2004) de que os pigmentantes naturais não influenciam a produtividade e a qualidade dos ovos das aves, apenas na cor das gemas.

Assim, é viável a substituição total do milho pelo sorgo com baixo tanino na alimentação de codornas japonesas sem interferir nas suas características produtivas, como relatado por Moura et al. (2010b). Outro ponto relevante é que, apesar de alguns carotenoides serem precursores da vitamina A (Pérez-Vendrell et al., 2001), isso não refletiu em melhora significativa no desempenho das codornas.

Ressalta-se que o nível de garantia de vitamina A do suplemento vitamínico fornecido na ração das aves era muito superior às exigências de codornas em produção

(NRC, 1994). Desta maneira, os carotenoides presentes nos produtos comerciais foram metabolizados e direcionados para síntese da gema (órgão-alvo), além de utilizados em outras funções bioquímicas, como atividade antioxidante e efeito imunomodulador (Soto-Salanova, 2003).

Essa observação foi descrita anteriormente por Maruschi & Bauernfeind (1981) ao afirmarem que a contribuição dos carotenoides naturais contidos nos alimentos é mínima para síntese de vitamina A. Segundo Surai (2003), apesar da grande variedade de carotenoides conhecidos (mais de 600 tipos), menos de 10% deles podem ser convertidos em vitamina A nas aves. Apenas o  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e a criptoxantina (carotenoides naturais) podem contribuir significativamente para o suprimento de vitamina A nas aves. O apo-ester 10% e a cantaxantina 10% (pigmentos sintéticos) também podem potencialmente ser convertidos em vitamina A, porém, com menor eficiência.

Para avaliação da cor, foram comparados os grupos experimentais a partir do escore de cor no início do experimento (tempo zero), em que o valor médio obtido foi de 4,87. A partir dos dados de cor da gema subsequentes ao fornecimento das rações experimentais, foi constatado efeito significativo ( $P<0,05$ ) das dietas e dos períodos sobre a pigmentação (Tabela 4).

Até os quatro primeiros dias após o fornecimento das rações experimentais, não foi observada diferença ( $P>0,05$ ) entre os escores colorimétricos dos diferentes grupos

Tabela 2 - Desempenho produtivo de codornas japonesas alimentadas com rações à base de sorgo e contendo pigmentantes naturais

Tratamentos	Produção de ovos (%/dia)	Massa de ovo (g/ave/dia)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Peso do ovo (g)	Conversão por massa (g/g)	Conversão por dúzia (g/dúzia)
Ração à base de milho	91,58	7,55	29,13	12,13	3,86	349,6
Ração à base de sorgo (RS)	93,73	7,50	28,32	12,49	3,78	339,8
RS + marigold	90,12	7,30	26,04	12,35	3,57	312,5
RS + páprica	95,57	7,60	30,78	12,57	4,05	369,4
RS + marigold + páprica	93,03	7,31	26,30	12,72	3,60	315,6
Média	92,81	7,45	28,11	12,45	3,77	337,4
CV (%)	4,53	6,05	10,49	4,80	7,35	8,12

CV - coeficiente de variação.

Tabela 3 - Pesos e porcentagens de gema, casca e albúmen de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações à base de sorgo e contendo pigmentantes naturais

Tratamentos	Peso (g)			Porcentagem (%)		
	Gema	Casca	Albúmen	Gema	Casca	Albúmen
Ração à base de milho	3,86	1,02	7,24	31,82	8,49	59,68
Ração à base de sorgo (RS)	4,15	1,08	7,25	31,23	8,72	58,04
RS + marigold	3,95	1,07	7,28	32,17	8,74	59,07
RS + páprica	3,99	1,08	7,49	31,80	8,64	59,54
RS + marigold + páprica	4,10	1,12	7,49	32,21	8,87	58,90
Média	4,01	1,07	7,35	31,85	8,69	59,05
CV (%)	6,25	6,30	5,79	4,71	2,70	4,45

CV - coeficiente de variação.

Tabela 4 - Valores médios da cor da gema nos períodos experimentais

Tratamentos	Período experimental (dias)					
	4	8	12	16	20	24
Ração à base de milho	4,92a	6,06c	5,76b	5,52b	5,97b	6,05c
Ração à base de sorgo (RS)	4,79a	2,19e	1,16d	1,06d	1,00d	1,08e
RS + marigold	5,16a	4,91d	4,51c	4,12c	4,38c	4,50d
RS + páprica	4,74a	6,91b	9,36a	8,88a	9,05a	8,31b
RS + marigold + páprica	4,94a	9,18a	9,43a	9,40a	9,70a	9,45a
Média	4,91 <sup>ns</sup>	5,85*	6,04*	5,80*	6,02*	5,88*
Fonte de variação	Valor P			Coeficiente de variação (%)		
Tratamento	264,8213*			11,46		
Período	5,3584*			7,51		
Tratamento × período	12,2738*			-		

\*Efeito significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> Efeito não-significativo pelo teste F.

Médias na coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste Tukey.

experimentais. Todavia, a variável tempo evidenciou efeito acumulativo dos pigmentantes no decorrer dos períodos experimentais, uma vez que cada ração experimental proporcionou um ponto de saturação de cor (*plateau*) em diferentes dias.

Ao analisar os períodos, fixando-se os tratamentos, equações de regressão foram ajustadas pelo modelo *Linear Response Plateau (LRP)*, que melhor descreveu o comportamento da cor da gema em função do tempo (Tabela 5; Figura 1).

A ração à base de milho promoveu escore colorimétrico entre 4,92 e 6,05, com um platô de 5,83, que se deve à própria variação na concentração de carotenoides nos grãos de milho. Entretanto, quando o milho foi substituído pelo sorgo na ração, ocorreu redução no escore de cor da gema, que se estabilizou a partir dos 12 dias após o fornecimento da ração experimental.

A partir da inclusão de pigmentantes naturais à ração com sorgo, observou-se maior eficiência de pigmentação do extrato de páprica em relação ao de marigold. Todavia, a associação das duas fontes de pigmentantes foi mais eficiente que sua utilização isoladamente, uma vez que potencializou o aumento do escore colorimétrico das gemas dos ovos das codornas em relação às aves dos demais grupos experimentais.

Tecnicamente, o extrato de marigold proporcionou cor de gema semelhante à obtida com a ração à base de milho,

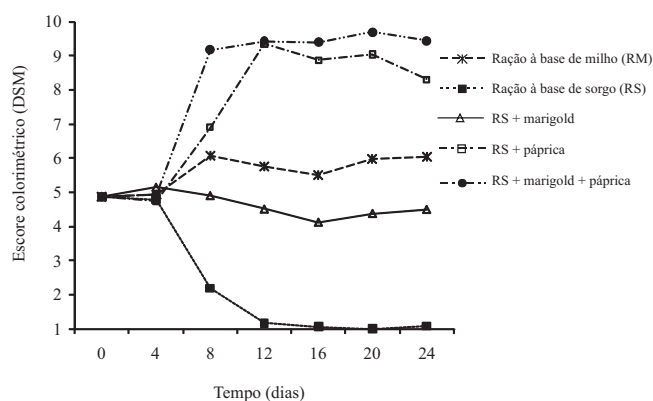


Figura 1 - Escores colorimétricos das gemas dos ovos em resposta a rações contendo pigmentantes naturais.

mesmo constatada diferença estatística significativa. A variação entre 4 e 6 no escore colorimétrico DSM apresenta pouca relevância mercadológica, pois é a faixa de escore observada em gemas dos ovos de aves alimentadas com rações à base de milho.

Contudo, se o objetivo for intensificar a cor da gema, com escore mais elevado, o extrato de páprica é mais eficiente que de marigold. Neste estudo, obteve-se o platô aos 11 dias com escore colorimétrico médio de 8,75 no leque DSM. Quando o extrato de páprica foi usado em associação ao de marigold, houve aumento no escore colorimétrico até 9,5, porém foi necessário menos tempo para atingir o platô (8,3 dias), em comparação ao resultado obtido com seu uso isoladamente.

Tabela 5 - Equações *Linear Response Plateau* e tempo para estabilização do escore de cor da gema de acordo com as rações experimentais

Tratamento	Equação LRP	R <sup>2</sup>	Tempo (dias)	Cor platô
Ração à base de milho	$\hat{Y} = 3,7824 + 0,286P$	0,98	7,16	5,83
Ração à base de sorgo (RS)	$\hat{Y} = 7,3981 - 0,650P$	0,99	9,71	1,08
RS + marigold	$\hat{Y} = 2,3858 + 0,578P$	0,90	12,68	4,44
RS + páprica	$\hat{Y} = 5,5625 - 0,088P$	0,98	11,03	8,75
RS + marigold + páprica	$\hat{Y} = 0,7082 + 1,059P$	0,97	8,30	9,50

Esses resultados são inferiores aos reportados por Santos-Bocanegra et al. (2004), que obtiveram média de 11 para o escore colorimétrico DSM de gemas de ovos de galinhas poedeiras suplementadas com pigmentantes naturais. Entretanto, o nível de suplementação utilizada por esses autores foi o dobro da suplementada neste estudo.

Baião et al. (1999) também constataram maior escore colorimétrico das gemas em pesquisa com suplementação de produtos comerciais derivados de marigold e páprica, além de pigmentantes sintéticos. Os autores confirmaram maior eficiência dos pigmentantes sintéticos em relação às fontes naturais na pigmentação da gema e relataram que os pigmentantes sintéticos com maior concentração de xantofilas são mais estáveis, homogêneos e menos susceptíveis à oxidação. Além disso, o pigmentante natural pode ter sua eficiência reduzida em até 30% pelas condições de armazenagem.

A deposição de pigmentos nos tecidos específicos depende da quantidade na dieta, da taxa de deposição no tecido e da capacidade da ave em digerir, absorver e metabolizá-lo. Os carotenoides livres são absorvidos com os ácidos graxos, dissolvidos nas micelas e transportados por lipoproteínas no sangue (Klasing, 1998).

Para os carotenoides, a biodisponibilidade depende do objetivo de sua suplementação na dieta. Carotenoides adicionados às dietas visando efeitos na cor devem ser armazenados nos órgãos-alvo e não ser usados para síntese de vitamina A ou outras funções. No entanto, além do nível de gordura na dieta, a biodisponibilidade dos carotenoides é influenciada por outros fatores intrínsecos e extrínsecos, como genéticos, tipo de carotenoide, quantidade de carotenoides consumidos, modificações na absorção, estado nutricional do organismo, entre outros (Pee & West, 1996).

Gonzales & Sartori (1999) avaliaram a deposição de carotenoides na gema dos ovos e observaram maior deposição obtida com apo-ester (50%), seguido da cantaxantina (45%), luteína (20%), zeaxantina (22%), capsantina (11%) e  $\beta$ -caroteno (1%).

A suplementação dos pigmentantes naturais é tecnicamente viável para potencializar a cor da gema quando ingredientes deficientes em carotenoides são utilizados em elevadas proporções nas rações. Todavia, a suplementação com pigmentantes deve ser avaliada sob a ótica econômica, uma vez que o custo do quilograma de ração variou de R\$ 0,71 a R\$ 0,74 e a suplementação com dois pigmentantes elevou o custo da ração em R\$ 0,03 por quilograma.

Consideração semelhante foi feita por Moreno et al. (2007), de que a inclusão de pigmentantes naturais em rações à base de sorgo, para codornas, eleva o custo da formulação a ponto de torná-la economicamente inviável.

A suplementação de extrato marigold em rações à base de sorgo é a mais viável do ponto de vista econômico, pois, além de aumentar em apenas R\$ 0,01 por quilograma de ração, proporcionou um padrão de cor equivalente ao obtido em rações à base de milho.

A avaliação mercadológica deve ser considerada, uma vez que o ovo de codorna é consumido inteiro e a característica sensorial “cor da gema” tem pouca relevância sobre o consumo desse produto. Todavia, em casos de nichos específicos de mercado, a utilização de pigmentantes naturais é uma estratégia viável para se obterem cores de gema em diferentes escores.

## Conclusões

O sorgo pode substituir totalmente o milho em rações para codornas japonesas em postura. O uso dos extratos de páprica e marigold não interferem no desempenho de codornas nem na qualidade dos ovos. Além disso, o extrato de marigold proporciona cor da gema equivalente à obtida com o fornecimento de rações à base de milho e tem menor custo para suplementação. A suplementação associada do extrato de páprica com extrato de marigold promove maior escore colorimétrico e em menor tempo, porém deve ser avaliada considerando a relação benefício/custo, pois eleva significativamente o custo da ração.

## Agradecimentos

À Granja Fujikura e ao IPA-PE, pela doação das codornas e do sorgo, respectivamente, utilizados nesta pesquisa.

## Referências

- ABDALLAH, A.G.; HARMS, R.H.; EL-HUSSEINY, O. Various methods of measuring Shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poultry Science**, v.72, n.11, p.2038-2043, 1993.
- BAIAO, N.C.; MENDEZ, J.; MATEOS, J. et al. Pigmenting efficacy of several oxycarotenoids on egg yolk. **Journal Applied of Poultry Research**, v.8, n.4, p.472-479, 1999.
- BARRETO, S.L.T.; PEREIRA, C.A.; UMIGI, R.T. et al. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.68-78, 2007.
- DSM – Nutritional Products of North América. **Feed carotenoids: Carophyll**. In: Carotenoids in animal nutrition. Disponível em: <[http://www.dsm.com/en\\_US/html/dnpus/an\\_carotenoids.htm](http://www.dsm.com/en_US/html/dnpus/an_carotenoids.htm)>. Acesso em: 10 mar. 2008.
- GALOBART, J.; SALA, R.; RINCO, X. et al. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmentation sources. **Journal Applied of Poultry Research**, v.13, n.2, p.328-334, 2004.
- GARCIA, E.A.; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C. et al. Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.1, p.1-7, 2002.

- GONZALES, E.; SARTORI, J.R. **Aditivos para rações de aves e suínos**. Unesp, Botucatu: FCA - UNESP, 1999. p.40-42.
- KLASSING, K.C. **Comparative avian nutrition**. New York: CAB International, 1998. 350p.
- MARUSICH, W.L.; BAUERNFEIND, J.C. Oxycarotenoids in poultry feeds. In: BAUERNFEIND, J.C. (Ed.) **Carotenoids as colorants and vitamin A precursors: Technological and nutritional applications**. New York: Academic Press, 1981. p.319-462.
- MORENO, J.O.; ESPINDOLA, G.B.; SANTOS, M.S.V. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.2, p.159-163, 2007.
- MOURA, A.M.A.; FONSECA, J.B.; MELO, E.A. et al. Características sensoriais de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*, Temminck e Schlegel, 1849) suplementadas com pigmentantes sintéticos e selenometionina. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p.1594-1600, 2009.
- MOURA, A.M.A.; FONSECA, J.B.; TAKATA, F.N. et al. Energia metabolizável aparente de alimentos determinados em codornas japonesas (*Coturnix japonica*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.178-183, 2010a.
- MOURA, A.M.A.; FONSECA, J.B.; RABELLO, C.B.V. et al. Desempenho e qualidade de ovos de codornas alimentadas com rações a base de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2697-2702, 2010b.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academic Science, 1994. p.44-45.
- OLIVEIRA, A.M.; FURLAN, A.C.; MURAKAMI, A.E. et al. Exigência nutricional de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1050-1053, 1999.
- OLIVEIRA, N.T.E.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N. et al. Pigmentação de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1525-1531, 2008.
- PEE, S.; WEST, C.E. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.50, Suppl. 3, p.38-53, 1996.
- PÉREZ-VENDRELL, A.M.; HERNANDEZ, J.M.; LLAURADO, L. et al. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. **Poultry Science**, v.80, n.3, p.320-326, 2001.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2005. 186p.
- SANTOS-BOCANEGRA, E.; OSPINA-OSORIO, X.; OVIEDO-RONDÓN, E.O. Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erectus* (marigold flower) and *Capsicum Sp.* (red pepper paprika) as a pigment for egg-yolks compare with synthetic pigments. **International Journal of Poultry Science**, v.3, n.11, p.685-689, 2004.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.
- SOTO-SALANOVA, M.F. Natural pigments: practical experiences. In: GARNSWORTHY P.C.; WISEMAN J. (Eds.) **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 2003. p.67-75.
- SURAI, P.F. **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. Nottingham: Nottingham University Press, 2003. 614p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 8.1. Viçosa, 2003. 301p.