ORIGINAL ARTICLE

Effect of expanded cottonseed meal on laying performance, egg quality, concentrations of free gossypol in tissue, serum and egg of laying hens

Chao YUAN,[1] Hua-hui SONG,[1] Xiao-yun ZHANG,[1] Yuan-jing JIANG,[1] Ai-ting ZHANG,[1] Mahmoud Mostafa AZZAM[2] and Xiao-ting ZOU[1]

[1]*Feed Scie ce I i e, C llege f A i al Scie ce, Zhejia g U i e i , Ha g h , Chi a; a d* [2]*Fac l f Ag ic l e, P l P d c i De a e , Ma a U i e i , Ma a, Eg*

ABSTRACT

Three hundred and sixty Hy-Line Brown hens, 40 week of age, were allocated to five treatments, each of which included four replicates of 18 hens. After an expanded process of cottonseed meal (CSM), free gossypol content in CSM was decreased from 1.24 to 0.40 g/kg. The dietary treatments were corn-soybean meal based diets including 6% CSM and 6%, 8% and 10% expanded cottonseed meal (ECSM). Hens fed 8% ECSM had higher ($P < 0.05$) laying rate and average egg weight than those fed 6% CSM. The albumen height and Haugh unit in the control group, 6% and 8% ECSM groups were superior ($P < 0.05$) to other treatments. Hens fed 6% CSM resulted in severe ($P < 0.05$) egg yolk discoloration. Free gossypol (FG) concentrations in yolk and albumen and tissues of the 6% CSM group were greater ($P < 0.05$) than those in any ECSM treatments. Hens fed 6% CSM and 10% ECSM had the highest ($P < 0.05$) FG concentrations in the liver compared with those in the kidney and muscle, and higher ($P < 0.05$) FG residues in yolk than those in albumen. In conclusion, FG in CSM can be reduced by 68% through an expanded process and ECSM can be available in laying hens at up to 10% of the total diet and an appropriate replacement of soybean meal with ECSM may improve performance in laying hens.

Key words: *egg ali , e a ded c eed eal, g l, la i g he , la i g e f a ce.*

IN OD C ION

C e e e e , ee e (C), e e e ee , ee e e e e e e e e e e . A C e e e e e e , e e e e e , e e e e e e e e e e e (D *e al.* 2002). e e , C e ee e e e e e e (& 2008). e e e e e e e e e e e e (*e al.* 2011; *e al.* 2012). e e , e

e e C e e e , e e e ee e e e e e FG, e e, e e e e (& 1996; e *al.* 2002), e (1990; e *al.* 2012) e e e - e e e C (e *al.* 2007; e *al.* 2012). e e, e e e -e e e e ee e e e e e e e e FG C (e *al.* 2000). e e , e e e e e e e e ee e (EC) e . e e e, e e e e e e e EC e e, e , e FG e, e e e .

ad libi e e ee e e e e e e e e e e . e e e e e 9 ee , 1 ee e 8 ee e e e e . Fee e e e e e e e e ee e e e e e ee e (ADF). E e e e e e e e e e e, e e e e ee e . e e e e e e e e e e e e e e e . A e e e e e e e e e A C e e C ee A e e C e e e (, e , C).

MA E IAL AND ME HOD

E ,

A 360 - e B e e 40 ee e e e e 20 (e e ee e e , ee / e) e e e e e e e e (e / e e). E e 2250 ²(45 × 50) e e e e e e ee e . e e e e e e - e e - e e e e e 0, 6%, 8% 10% E C 6% C (e Fee C . , , e , C) (e 1). C e e e e e e e e e e e ee 21 27 C 16 / (10 20). D e e e e e e

A e e 49 ee , 16 e e e e e e ee e e e 12 (e e e *ad libi*), e e, e e e e e e e e . B e e e ee e e e e e 10 (958 × *g*) e e e . A e e e e 80 C . , 36 e (e e e e e) e e e e e e e e FG e e e .

E

A e 200 e e , C EC e e e e 20 C e e (C), e e A AC (2002). e e (D) e C EC e e e 105 C 5 , e 550 C 24 e e (F, e e e C ., , , C) e e e e

Table 1 Ingredients and nutrient composition of experimental diets†

e (% e e)	C	6% C	6% EC	8% EC	10% EC
C	65.75	66.30	66.30	66.50	66.75
e e (44.2% C)	20.89	12.84	12.84	10.02	7.19
F e (60.2% C)	2.70	4.20	4.20	4.80	5.40
C ee e		6.00			
E e ee e			6.00	8.00	10.00
e e	8.66	8.66	8.66	8.68	8.66
e	0.30	0.26	0.26	0.25	0.23
C e e	0.72	0.50	0.50	0.42	0.37
D e e	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12
e e e	0.34	0.61	0.61	0.71	0.78
e	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
e e e					
E (/)	2,690	2,680	2,680	2,678	2,676
C , e	16.01	16.03	16.03	16.05	16.04
C , e	3.62	3.52	3.55	3.49	3.58
, e	0.67	0.71	0.68	0.73	0.76
	0.83	0.81	0.81	0.81	0.80
e	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41
e + C	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

† e e e e . e e e e e e e e e e 60 C 60, 80 100 EC e e . C , e e ; E, e e e ; , e; e , e e; C , e e; C , ee e ; EC , e e ee e . e e e : A, 7000 , D₃, 2500 , E, 30 , ₃, 1 ; B₁, 1.5 ; B₂, 4 ; B₆, 2 ; B₁₂, 0.02 ; , 30 ; , 0.55 ; e , 10 ; , 0.16 ; e e, 400 ; C , 10 ; Fe, 70 ; , 100 ; , 70 ; , 0.4 ; e, 0.5 . e e e e e Fee D e C (2009).

e e e e *e al.* (2004). e e e e e e e e e e A e C e e (A C 2009). FG e e e e e e - e (C: -8900 A A A e, ,) - e e A C (2009). E e e e e e, e e , , e - e e e e e e e e e e e e (DE -6000; e C . , ,). E e e (e e e e e) e e e e e e . A e e e e e e 80 C. e e FG e, , e, e, e e e e e e e e e A C (2009).

e e e e e- e (A A) e e FG e e e e e e e , e 16.0 (., C , , A). D e e e e e e e e e e e e , e e 0.05 e e e e . e e e e e e ± E.

E L AND DI C ION

e e e (e 2) e e e e e C - e e e 68% FG e C - C (1.24 / 0.40 /), e e e e e

e . e e e e FG e e e e e e , e e e , e e - e e C e e e e (C & B e 1981). ee e , e e *al.* (2001) e e C e e e FG e e e . e C ee ee e e e ; e e, e e e ee e e e e e EC e . e e e e e e e e e e ( ). A e 3, e e e ADF e e e ee C EC e e . ADF e e e e e EC e e, e e 10% EC e ($P < 0.05$) ADF e e . B e 8% EC e ($P < 0.05$) e e e e e e e 6% C . e e , ee e (FC) e 6% C e e e ($P < 0.05$) e e . ee e e e e C e e e e - e e (e *al.* 1993; A & 2005). e e *al.* (2001) e e C e e e e e e e e e e e e C . e e e , e e e e ee e e C (1994) e e , e 6% C (FG e : 75.12 /) e e e e e e ' e e . , ee e EC e e e, e e e e FC e e e e e e e e e . e e e e e e C e e e e e e e e . A e e e e e e EC e e , e e 8% EC e e e e e e FC e e EC e e . E e e e e e e e e e e .

Table 2 Nutrient composition and contents of free gossypol of cottonseed meal and expanded cottonseed meal†

e (% e e)	C	EC
D	91.20	91.02
EE	0.63	0.57
C	43.99	43.87
A	6.63	6.50
CF	5.97	5.74
C	0.27	0.26
	1.04	1.08
FG, /	1.24	0.40

† A e, e e e . CF, e e ; C , e e ; C , ee e ; D , e ; EC , e e ee e ; EE, e e e ; FG, ee .

Table 3 Average feed intake, laying rate, average egg weight and feed conversion of laying hens†

e	e e				
	C	6% C	6% EC	8% EC	10% EC
ADF ( )	119.72 ± 1.78	123.57 ± 1.26	122.00 ± 2.20	123.81 ± 0.52	124.95 ± 1.06
e (%)	95.71 ± 1.08	92.96 ± 1.08	94.03 ± 0.60	96.47 ± 0.36	95.52 ± 1.23
A e e e e ( )	57.92 ± 0.89	54.91 ± 0.97	56.53 ± 0.46	57.74 ± 0.36	57.17 ± 0.88
FC (:)	2.07 ± 0.06	2.25 ± 0.06	2.16 ± 0.04	2.14 ± 0.02	2.19 ± 0.05

e e e e ($P < 0.05$). D e e e e 18 e / e e. ADF , e e ee e; C , ee e ; EC , e e ee e ; FC , ee e .

Table 4 Egg quality of laying hens†

[illegible]	[illegible]				
	C	6% C	6% EC	8% EC	10% EC
[illegible]	6.66 ± 0.54	5.40 ± 0.85	6.81 ± 0.43	6.15 ± 0.51	5.42 ± 0.86
[illegible]	83.05 ± 1.75	73.42 ± 1.75	82.97 ± 2.41	77.96 ± 3.67	74.09 ± 2.36
[illegible]	5.90 ± 0.43	7.19 ± 0.19	6.75 ± 0.41	6.60 ± 0.30	6.89 ± 0.35
[illegible]	3.98 ± 0.28	3.50 ± 0.88	3.48 ± 0.69	4.38 ± 0.44	4.24 ± 0.30
[illegible]	0.372 ± 0.012	0.388 ± 0.031	0.393 ± 0.027	0.385 ± 0.043	0.406 ± 0.034

† [illegible] ($P < 0.05$). [illegible]

[illegible]

Table 5 Concentrations of FG in yolk, albumen, liver, kidney, muscle and serum of laying hens†

e	e e			
	6% C	6% EC	8% EC	10% EC
(/)	0.200 ± 0.012	0.068 ± 0.012	0.093 ± 0.010	0.155 ± 0.018
A e (/)	0.103 ± 0.005	0.033 ± 0.007	0.055 ± 0.010	0.075 ± 0.006
e (/)	0.442 ± 0.020	0.182 ± 0.019	0.258 ± 0.014	0.350 ± 0.012
e (/)	0.385 ± 0.011	0.160 ± 0.006	0.195 ± 0.006	0.297 ± 0.013
e (/)	0.250 ± 0.028	0.039 ± 0.002	0.089 ± 0.002	0.142 ± 0.010
e (µ /)	1.931 ± 0.009	0.523 ± 0.030	0.715 ± 0.029	0.892 ± 0.006
			FG e (/)	
D e			e	
6% C	0.276 ± 0.033		0.129 ± 0.017	
6% EC	0.096 ± 0.017	A e	0.067 ± 0.008	
8% EC	0.138 ± 0.021	e	0.308 ± 0.030	
10% EC	0.204 ± 0.028	e	0.259 ± 0.027	
		e	0.130 ± 0.024	
A e		*P*- e		
D e	3		0.000	
e	4		0.000	
D e × e	12		0.000	

e e e e (*P* < 0.05). e e e e (*P* < 0.05).- D e e e / e e e / e e. C , ee e ; EC , e e ee e . FG, ee .

, FG C e e e 68% e e e EC e e e 10% e e e e e e e e EC e e e e .

ACKNO LEDGMEN

e e e e e e , e A - e e e e C (. CA -41- 17).

EFE ENCE

A AC. 2002. *Of cial Me h d f A al i , A cia i f Of cial A al ical Che i* , 17 e . A AC, , DC.

A C . 2009. *Of cial Me h d a d Rec e ded P ac ice , A e i-ca Oil Che i S cie* , 6 e . A C , C , .

A A, . 2005. e e e e e e e e e e e e e. *Re e de Medeci e Ve e i ai e* **156,** 104 106.

B A , e , G e DGF, A , C , -B B. 2012. E e -e e e ee e e e e e e e e ee . *Re e de Medeci e Ve e i ai e* **163,** 147 152.

C , B e GA. 1981. E e e e e e , e - e e e e ee e e . *J al f A i al Scie ce* **52,** 292 301.

D A , e , D e . 2002. e e ee e e e e e . *J al f A lied P l Re ea ch* **11,** 127 133.

E e . 1996. *Re d ci i P l* . CAB , e e , C e, .

Fee D e C . 2009. *Table f Feed C i i a d N i i e Val e i Chi a*. Fee D e C , Be . e 2009 . A e : ://. ee . .

F C, e e , E. 1989. e - e e e ee e ee e . *Ca adia J al f A i al Scie ce* **69,** 425 431.

G DA, C C, , A , B e CA. 2001. e e e ee e e e e e e e . *P l Scie ce* **80,** 789 794.

e , e G , B , ee , e , E e e , D. 2001 . e e e e e e e e ee e e- e e e. *P l Scie ce* **80,** 762 768.

e , e G , B . 2001 . e . *A ia Di ea e* **45,** 598 604.

e e , A e , , E - e . 1983. e e e e e e e e e - ee e e e e : . G ee e e . *A al f Ag ic l al Scie ce, Ai -Sha U i e i , Eg* **28,** 1415 1428.

e e e A , e B , G, ee E . 1966. E e e e e . *P l Scie ce* **45,** 1025 1028.

AAA , e , A , e E. 2009. e e e e e. *Paki a Ve e i a J al* **29,** 165 168.

, C C, D. 1996. A e e e e e . *C a a i e Bi-che i a d Ph i l g Pa B: Bi che i a d M lec la Bi l g* **113,** 417 420.

e DA, B e CA, C C. 1995. C e ee e . *I f* **6,** 486.

e , C C, D e , D , D A . 2007. e e e e ee e e . *P l Scie ce* **86,** 582 590.
e , D A , C C, D , D e . 2005. e e e e - e . *P l Scie ce* **84,** 1376 1382.
F, , A, G, e . 2011. e e - e e ee e e ee e e . *Paki- a J al f Z l g* **43,** 357 365.
D. 1990. G e e ee e e . *Feed ff* **62,** 14 17.
e G. 2009. F e e e e - e : e e . C e 12 2012 . A - e : ://e e . /e e / - e / /2012/04/ e e .
e F . 2004. e e e e - ee e . *Gha a J al f Ag i- c l al Scie ce* **37,** 43 47.
e , BA, D DE, B e C, . 2000. E e e e e -e e e ee e . *J al f Dai Scie ce* **83,** 2539 2547.
C. 1994. *N ie Re i e e f P l* , 9 e . e . A e e , , DC.
AA, AA, A EA. 2007. E e e e e e e e e - e e ee (C) e e e e . *W ld A lied Scie ce J al* **3,** 567 571.
, . 1991. E e e ee e - e e ee e e e e e . *B i i h P l Scie ce* **32,** 167 184.
, E. 1996. E e e e ee e e - e e e e e . *B i i h P l Scie ce* **37,** 403 411.
, E, D . 1989. E e e ee e , e , e . *B i i h P l Scie ce* **30,** 641 651.
E , . 2008. e e e e e , , e ee e e' e e . *J al f he W ld A ac l e S cie* **39,** 521 527.
AA, , e , , , . 2012. E e ee e e e e e e (e e) e e e e . *Re i a B a ilei a de Z ec ia-B a ilia J al f A i al Scie ce* **41,** 2225 2231.
e e FG, A. 2001. E e e e e e e e e . *P l Scie ce* **80,** 1240 1245.
F, G A, e . 2002. De e e e ee e e e . *Ag ic l al Scie ce a d Tech- l g* **16,** 3 15.
, , , F, , Fe . 2012. E e e e e e e e e e - ee e e e, e e e e e e - e e e e . *A ia -A ala ia J al f A i al Scie ce* **25,** 393 400.
F, , DF, , e e BB. 2004. e e e e e . *J al f A i al Scie ce* **82,** 2615 2622.
E, e , A , . 1993. A e - ee e e e e 1. E e ee e e e e e e . *J al f A lied P l Re ea ch* **2,** 221 226.
, , , , . 2007. De e - e e e e e e - ee e . *A i al Feed Scie ce a d Tech l g* **135,** 176 186.