

녹차의 급여가 스트레스하의 산란계가 생산한 계란의 저장성에 미치는 영향

김지민*** · 윤형숙*** · 최양호** · ***

Effects of Dietary Green Tea on Egg Storage in Laying Hens Under Stress

Kim, Jimin · Yoon, Hyung-Sook · Choi, Yang-Ho

Green tea has been known to show beneficial effects on alleviating stress. The present study was conducted to determine the effects of dietary green tea on quality of eggs, during storage, laid by laying hens treated with corticosterone in order to mimic the current practice of the egg market. Hens were fed for 2 weeks one of three diets containing green tea at 0.0, 0.4 or 1.0%. Each dietary group was divided into two subgroups receiving corticosterone at 0 or 30 mg/kg for 1 week. Eggs, laid at 5-7 days following the initiation of corticosterone treatment, were stored at 10 °C for 1 or 5 weeks and then analyzed for egg quality. After 1 week of storage, egg weight was significantly increased by green tea ($p < 0.025$) but decreased by corticosterone ($p < 0.0001$), but no interaction was observed between both. Corticosterone decreased shell color ($p < 0.0001$) but green tea significantly decreased shell strength ($p < 0.006$). Yolk color, albumen height and Haugh unit were not affected by both treatments. After 5 weeks of storage, corticosterone resulted in reduced egg weight ($p < 0.01$) and eggshell color ($p < 0.001$) and increased shell strength, which were not attenuated by green tea. Taken together, the results of the current study show that dietary corticosterone reduces egg quality during storage, which are attenuated in part by dietary green tea.

Key words : *egg quality, storage, green tea, corticosterone, stress*

* 본 연구는 농촌진흥청 차세대바이오그린사업(PJ008049)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** Correspondence author, 경상대학교 축산학과(yhchoi@gnu.kr)

*** 경상대학교 축산학과, 농업생명과학연구원

I. 서 론

녹차는 전세계의 가장 오래된 음료 중의 하나로, polyphenol류를 다량 함유하고 있으며(Yen & Chen, 1996), 기능성분으로 polyphenol류에 속하는 flavan-3-ol을 기본으로 하는 (-)-epigallocatechin, (-)-epigallocatechin-gallate, (-)-epicatechin, (-)-epicatechin gallate 외 다수의 catechins를 함유하고 있다(Chu et al., 2004). 이러한 polyphenol류는 항동맥경화, 항노화, 항암, 항콜레스테롤, 항스트레스 등의 효과를 가지고 있다(Mitscher et al., 1997; Yoshino & Murakami, 1998; Youdim et al., 2000).

녹차 단독 또는 발효된 녹차와 probiotics로 급여하였을 때 육계성장(Sarker et al., 2010) 또는 산란계의 산란율이나 난중(Kojima and Yoshida, 2008; Uganbayar et al., 2006)에 기여하는 것으로 보고되고 있다. 한편, 산란계에게 녹차 함유 사료를 급여했을 때 난황의 콜레스테롤 함량과 산패도가 감소되었으며, 선도(호유닛)는 영향 받지 않았다(AI-Harhi, 2014; Uganbayar et al., 2006). 그러나 다른 연구에서 녹차는 저장기간 동안 계란의 선도를 오래 유지시킨다고 보고되었다(Biswas et al., 2000). 뿐만 아니라 녹차 또는 녹차추출물은 육계혈 중의 glutathione peroxidase 활성을 향상시키고(Sarker et al., 2010) 계육의 산화를 감소시킨다(Sarker et al., 2010). 이러한 결과로 보아 녹차는 저장기간 동안 계란의 선도유지에 도움이 되거나 적어도 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

스트레스는 캐나다의 내분비학자 H. Selye에 의해 처음 사용된 용어로서(Selye, 1950; Selye & Fortier, 1950), glucocorticoids의 분비를 증가시키는 것(Levine, 2000), 또는 신체의 기능 또는 생리기능을 비정상적으로 변화시키는 것(Thaxton et al., 2005)이라고 정의될 수 있다. Corticosterone은 시상하부-뇌하수체-부신 축(HPA axis)의 말단인 부신의 피질에서 분비되는 호르몬으로(Carsia and Harvey, 2000), 조류에서 스트레스 지표의 하나로 인식되고 있다(Lin et al., 2004a, b). 다양한 자극에 의해 시상하부로부터 분비되는 corticotropin-releasing hormone이 뇌하수체를 자극하여 adrenocorticotrophic hormone(ACTH)의 분비를 증가시키고, ACTH는 부신을 자극하여 혈중 glucocorticoids(가금의 경우 corticosterone)의 분비를 항진시킨다(Charmandari et al., 2005). 따라서 corticosterone은 가금에서 스트레스 반응을 연구하기 위해 흔히 이용된다(El-Iethy et al., 2001; Shini et al., 2009).

산란계 농장에서 생산성에 부정적 환경요인들은 고온 및 저온, 소음, 사육밀도, 질병, 사료의 양과 질, 부리 자리기, 강제 환우 등이다. 이러한 요인들에 대한 초기의 반응은 corticosterone, Epinephrine 과 norepinephrine이 혈류로 방출되어 혈압증가, 근육경직, 혈당량 및 호흡의 증가이다(Siegel, 1995; Siegel and Gross, 1965). 환경 요인들의 영향이 더 심해진다면 사료섭취량 저하, 증체량 감소, 산란율 감소 및 난중 감소와 같이 양적, 질적 생산성의 저하가 관찰되며, 궁극적으로는 동물들의 면역력이 저하되고 질병감염과 발병으로 폐사에 이르게 되어 생산성에 막대한 피해를 준다(Larson et al., 1985; McCowan et al., 2006).

본 연구에서는 스트레스 그 자체가 산란율과 계란의 선도에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에, 천연항산화제로 알려진 녹차가 포함된 사료를 섭취하는 산란계가 스트레스를 받았을 때 생산된 계란의 저장성에 대하여 조사하였다. 특히 산란농장에서 계란의 출하와 실제 시장에서 계란이 유통되는 기간을 고려하여 산란 후 1주 그리고 5주에 계란 품질변화를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 사양관리

본 시험에서는 111일령 하이라인 브라운 레그혼 산란계를 니플이 창작된 4칸이 한 조인 3단형 직립 케이지에 4수씩 개별적으로 수용하였다. 시험기간 동안 사육실은 환경온도가 20℃ 내외로 유지되었고, 입식 당시에 10시간 점등(오전 6시), 14시간 소등에서 일주일마다 1시간씩 점등시간을 늘려서 시험기간 동안 15시간 점등, 9시간 소등으로 유지하였다. 3주의 적응기간 동안에 산란계는 상용 산란계 사료(농협)를 공급 받았으며, 그 후 시험사료가 공급되었다. 황색옥수수과 대두박 위주로 만들어진 기초사료에서(Table 1) 첨가되는 녹차의 양만큼 사료의 양을 제한 후 녹차를 첨가하였다. 시험 기간 내에 모든 사료와 물은 제한 없이 공급되었다.

Table 1. The composition of experimental diets for hens (%)

Ingredient	Weeks in age	
	16~18	19~30
Corn	59.05	56.05
Wheat bran	12.9	5
Soybean meal	17.4	20
Corn gluten meal	2.8	4
Limestone	5	12
Dicalcium phosphate	1.5	1.5
Methionine	0.3	0.3
Lysine	0.3	0.4
Vitamin-mineral mixture	0.5	0.5
Salts	0.25	0.25
Total	100	100

2. 시험설계

3주의 적응기간 후, 산란계를 3개의 처리구로 나누고, 녹차(경남 하동군 화개농협)가 0.0, 0.4 및 1.0% 첨가된 사료를 2주 동안 급여하였다. 그 후 corticosterone(Sigma, C2505)을 ethanol에 용해시킨 후, 이들 각각의 사료 kg 당 30 mg의 corticosterone 첨가 또는 무첨가 사료를 1 주 동안 급여하였다. 즉, 본 연구에서는 2*3요인분석설계에 따라 3개의 녹차사료(0.0, 0.4 및 1.0%) 각각에 대하여 2개의 corticosterone 처리(0 및 30 mg)의 조합으로 총 6처리구를 두었으며, 처리구 당 산란계 20수씩 총 120수가 이용되었다.

3. 조사항목 및 분석방법

녹차가 스트레스(corticosterone)를 처리한 산란계의 계란 저장성에 미치는 영향을 조사하기 위하여, corticosterone 사료를 급여한 다음, 5~7일에 집란한 계란을 10°C에 냉장 보관하였다. 그 후 1주 및 5주째에 각 처리구별 12개씩의 계란을 무작위로 선별하여 난질 분석을 실시하였다. 계란의 품질을 평가하기 위하여 난중, 난황색, 난백높이, 호유니트(Haugh unit, HU), 난각색, 난각강도, 난각두께 및 난각무게를 측정하였다. 각 처리구 별로 난중과 난각무게는 전자저울(Ohaus, England)로, 난황색은 BASF Color Fan(BASF, Co., Ltd., Germany)으로, 난각강도는 압축강도시험기(Fugihira Industry Co., Ltd., Japan)로 측정하였다. 난각두께는 난각의 중간부위를 두께측정기(micrometer, NSK, Japan)로, 난각색, 농후난백의 높이와 호유니트(HU)는 QCM+(TSS Co. Ltd., England)로 측정하였다. HU는 계란의 신선도를 나타내는 단위로서 계란의 무게(W, g)와 농후난백의 높이(H, mm)를 측정하여 다음 식으로 계산하는데 HU가 높을수록 신선한 것임을 나타낸다(Haugh, 1937).

$$\text{Haugh unit} = 100 * \log\{H - (1.701 * W^{0.37}) + 7.57\}$$

4. 통계처리

통계분석은 SAS(Statistical Analysis System 9.1)를 이용하여 Two-way analysis of variance (ANOVA)로 수행되었고, P<0.05에서 유의성이 인정되었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

Corticosterone은 부신에서 분비되는 스트레스 호르몬으로(Carsia and Harvey, 2000), 가끔

에서 스트레스 반응을 연구하기 위해 흔히 이용된다(El-Iethy et al., 2001; Henriksen et al., 2011; Shini et al., 2009). Corticosterone의 처리는 산란의 개시를 지연시키고 최고 산란기간을 단축시키며(El-Iethy et al., 2001; Shini et al., 2009), 난관과 난소의 무게를 감소시킴으로써(Mumma et al., 2006; Pilo et al., 1985; Shini et al., 2009) 산란계의 생산성을 저하시킨다. 뿐만 아니라 이러한 닭에서는 많은 수의 폐색난포가 관찰된다(Mumma et al., 2006). 또한 corticosterone은 다양한 혈중 생화학 및 면역 지표 그리고 에너지 및 지방대사에 영향을 미친다(Lin et al., 2004a; Siegel and Van Kampen, 1984). 따라서 corticosterone의 처리는 산란을 뿐만 아니라 저장성에도 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료되고 있다. 그러나 이와 반대로 녹차는 산란계의 산란율이나 난중(Kojima and Yoshida, 2008; Uganbayar et al., 2006) 및 계란의 저장성(Biswas et al., 2000)을 향상시키는 것으로 보고되고 있다. 따라서 스트레스 그 자체가 산란율과 계란의 선도에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에, 본 연구에서는 천연항산화제로 알려진 녹차가 포함된 사료를 섭취하는 산란계가 스트레스를 받았을 때 생산된 계란의 저장성에 대하여 조사하였다. 특히 산란농장에서 계란의 출하와 실제 시장에서 계란이 유통되는 기간을 고려하여 산란 후 1주 그리고 5주에 계란의 품질변화를 연구하였다.

Table 2에는 녹차나 corticosterone이 첨가되지 않은 사료를 섭취한 대조구, 녹차사료를 섭취한 처리구들, 녹차사료에 corticosterone을 첨가한 사료를 섭취한 처리구들에서 생산된 계란들을 1주 동안 냉장 저장한 후 난질 분석결과를 나타내었다. 녹차가 첨가된 사료를 섭취한 산란계로부터 생산된 계란의 무게는 증가하였다($p < 0.025$). 반대로 corticosterone의 처리는 난중을 유의적으로 감소시켰지만($p < 0.0001$), 녹차는 이러한 난중 감소에 영향을 미치지 않았다($p < 0.344$). 난각색은 corticosterone에 의해 유의적으로 감소되었지만($p < 0.0001$) 녹차의 영향은 받지 않았다($p < 0.611$). 녹차는 난각강도를 유의적으로 감소시켰다($p < 0.006$). 녹차와 corticosterone처리 모두 난각두께와 난각무게를 유의적으로 변화시키지 못하였지만 사료 내 녹차의 함량에 따라 corticosterone의 영향이 바뀌는 경향이 관찰되었다(각각, $p < 0.083$ 및 $p < 0.082$). 그러나 두 처리는 난황색, 농후난백고 및 HU 모두에 영향을 주지 않았다($p > 0.05$). 한편, 5주간 저장 후 계란의 품질을 분석한 결과는 Table 3에 표시되었다. Corticosterone이 첨가된 사료를 섭취한 산란계로부터 생산된 계란의 무게는 5주간의 저장기간 동안 유의적으로 감소되었으며($p < 0.01$), 이 효과는 녹차의 영향을 받지 않았고($p < 0.202$) 녹차 그 자체의 효과도 없었다($p < 0.353$). 난각색과 난각강도에서는 corticosterone의 처리만이 유의적으로 영향을 주었다. 즉, corticosterone의 처리로 난각색은 감소되었고($p < 0.001$) 난각강도는 유의적으로 높아졌으며($p < 0.035$), 이러한 영향을 녹차가 변화시키지는 못했고 녹차 그 자체의 효과도 나타나지 않았다. Corticosterone의 처리에 의해 난각강도가 증가된다는 발견은 다소 의외의 발견이지만 예상하지 못하는 결과는 아니다. 즉, 감소된 산란율과 증가된 사료섭취량이 난각두께의 증가에 기여했을 것으로 판단된다. Corticosterone의 처리에 의해 난각두께

가 증가되었지만 이는 녹차의 급여량이 증가함에 따라 대조구와 근접하고 있으며 또한 이러한 산란계에서 산란율도 회복되는 것으로 관찰되었다.

Table 2. Effects of dietary green tea (GT) and corticosterone (CORT) on quality of eggs stored in refrigerator for 1 week

GT(%)	Treatment ¹						ANOVA		
	0.0	0.0	0.4	0.4	1.0	1.0	GT	CORT	GT *CORT
CORT(mg/kg)	0	30	0	30	0	30			
Egg weight(g)	54.3±0.9	51.6±1.4	57.3±1.1	48.7±1.2	53.1±1.2	47.6±1.6	0.025	<.0001	0.344
Egg yolk color	8.0±0.2	9.4±0.3	7.7±0.2	8.6±0.3	7.9±0.1	9±0.2	0.249	0.222	0.246
Albumen height(mm)	9.5±0.4	8.7±0.3	10.1±0.3	8.7±0.4	9.2±0.1	8.4±0.3	0.296	0.714	0.652
Haugh unit(HU)	98.2±1.7	95.1±1.2	100±1.4	96.7±1.3	97.6±0.6	94.8±1.3	0.303	0.160	0.228
Eggshell color(unit)	19.5±0.6	16.3±1.0	19.9±0.9	17.7±1.0	20.9±0.9	15.4±1.1	0.611	<.0001	0.247
Eggshell strength (kg/cm ²)	5.8±0.1	6±0.0	5.1±0.2	5.7±0.1	5.1±0.3	5.2±0.3	0.006	0.307	0.395
Eggshell thickness(m)	392±4	421±8	387±5	399±9	388±10	395±13	0.279	0.915	0.083
Eggshell Weight(g)	6.6±0.2	7±0.1	7±0.1	6.4±0.1	6.6±0.2	6.2±0.2	0.540	0.511	0.082

¹Laying hens were provided for 14 days with one of three diets including green tea powder at 0.0, 0.4 or 1.0% and then each dietary group was divided into two subgroups resulting in 6 treatment groups (n=20 each). Each diet was mixed with corticosterone at 0 or 30 mg/kg diet and was fed for 1 week. Eggs, stored for 1 week at 10 °C, were analyzed for the evaluation of egg quality. Data show mean SEM (n=12).

다양한 연구를 고려해 볼 때, corticosterone의 처리 또는 corticosterone의 분비를 지속적으로 향진시키는 환경조건은 산란율뿐만 아니라 난중을 감소시킨다(El-Iethy et al., 2001; Mumma et al., 2006; Pilo et al., 1985; Shini et al., 2009). 녹차는 항산화(Zhao et al., 2001), 항염증 그리고 항콜레스테롤(Feng, 2006; Sutherland et al., 2006) 효과뿐만 아니라 혈중 콜레스테롤, 중성지방 및 저밀도지질단백질(LDL, low density lipoprotein)의 함량을 감소시키고, 고밀도지질단백질(HDL, high density lipoprotein)의 함량을 증가시킨다. 가금에서 녹차는 난황 콜레스테롤 및 중성지방함량의 감소(Ariana et al., 2011) 뿐만 아니라 난질에 대해서도 긍정적인 효과를 가지고 있다(Al-Harathi, 2014; Biswas et al., 2000). 본 연구의 결과에서, 사료를 통한 녹차의 급여는 계란의 저장기간이 단기간인 경우 난질의 저하를 지연시키는데 기여한다는 것을 보인다. 그러나 저장기간이 길어질 경우 녹차의 효과는 인정되지 않았다.

Table 3. Effects of dietary green tea (GT) and corticosterone (CORT) on quality of eggs stored in refrigerator for 5 weeks

GT(%)	Treatment ¹						ANOVA		
	0.0	0.0	0.4	0.4	1.0	1.0	GT	CORT	GT *CORT
CORT(mg/kg)	0	30	0	30	0	30			
Egg weight(g)	50.3±0.8	49.2±0.8	51.6±1.0	47.7±0.9	50±0.8	47.5±0.7	0.353	0.001	0.202
Egg yolk color	8±0.2	8.5±0.2	7.4±0.2	8±0.2	8±0.2	8.2±0.2	0.511	0.830	0.985
Albumen height (mm)	6.0±0.2	5.7±0.2	5.9±0.3	5.9±0.2	5.7±0.3	5.8±0.2	0.445	0.806	0.576
Haugh unit(HU)	80.7±1.0	77.7±1.4	78.6±2.8	80.6±1.2	77±2.1	79.4±1.0	0.690	0.726	0.746
Eggshell color(unit)	20.2±0.4	18.6±0.6	19.5±0.6	18.7±1.0	19.6±0.6	17.1±0.7	0.391	0.001	0.703
Eggshell strength (kg/cm ²)	5.7±0.1	5.9±0.1	5.4±0.2	5.8±0.1	5.6±0.2	5.8±0.1	0.506	0.035	0.844
Eggshell thickness (m)	391±8.0	409±8.0	376±7.0	385±10.2	377±7.0	387±8.6	0.235	0.272	0.751
Eggshell weight(g)	6.7±0.1	6.7±0.1	6.6±0.1	6.5±0.1	6.8±0.1	6.3±0.1	0.437	0.793	0.447

¹Laying hens were provided for 14 days with one of three diets including green tea powder at 0.0, 0.4 or 1.0% and then each dietary group was divided into two subgroups resulting in 6 treatment groups (n= 20 each). Each diet was mixed with corticosterone at 0 or 30 mg/kg diet and was fed for 1 week. Eggs, stored for 5 weeks at 10°C, were analyzed for the evaluation of egg quality. Data show mean SEM (n= 12).

IV. 요약

본 연구의 목적은, 녹차의 급여가 스트레스 하에 있는 산란계가 생산한 계란의 저장성에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 특히 농장에서 계란의 출하와 시장에서 계란이 유통되는 기간을 고려하여 산란 후 1주 그리고 5주에 계란의 품질변화를 조사하였다. 하이라인 브라운 레그혼 산란계를 3개의 처리구로 나누고, 녹차가 0.0, 0.4 및 1.0% 첨가된 사료를 2주 동안, 그 후 이들 각각의 사료에 kg 당 corticosterone 30 mg의 첨가 또는 무첨가 사료를 1 주 동안 급여하였다. 급여 5~7일에 채란된 계란을 냉장 보관하였고, 그 후 1주 및 5주째에 계란의 품질을 평가하기 위하여 난중, 난각색, 난각강도, 난황색, 난각두께, 난각무게 난백높이 및 호유니트(Haugh unit)가 측정되었다. 저장 1주째에 녹차는 난중을 증가시켰고(p<0.025) corticosterone은 난중을 감소시켰지만(p<0.0001), 녹차는 이러한 난중 감소에 영향을 미치지 않았다. Corticosterone에 의해 난각색은 유의적으로 감소된 반면(p<0.0001), 녹차는 난각강도를 유의적으로 감소시켰다(p<0.006). 그러나 난황색, 농후난백고 및 HU는 두 처리의 영향

을 받지 않았다. Corticosterone의 처리로 5주간의 저장기간 동안 난중($p<0.01$)과 난각색($p<0.001$)은 감소되었고 난각강도는 높아졌지만($p<0.035$), 녹차가 이러한 영향을 변화시키지는 못했고 녹차 그 자체의 효과도 나타나지 않았다. 본 연구의 결과, 녹차의 급여는 계란의 저장기간이 단기간인 경우 난중의 저하를 지연시키는데 기여하지만 저장기간이 길어질 경우 녹차의 효과는 인정되지 않는 것으로 사료된다.

[논문접수일 : 2014. 11. 5. 논문수정일 : 2014. 11. 13. 최종논문접수일 : 2014. 11. 14.]

참 고 문 헌

1. Al-Harathi, M. A. 2014. The effect of natural and synthetic antioxidants on performance, egg quality and blood constituents of laying hens grown under high ambient temperature. *Ital. J. Anim. Sci* 13: 444-449.
2. Ariana, M., A. Samie, M. A. Edriss, and R. Jahanian. 2011. Effects of powder and extract form of green tea and marigold, and α -tocopheryl acetate on performance, egg quality and egg yolk cholesterol levels of laying hens in late phase of production. *J. Med. Plants Res.* 5: 2710-2716.
3. Biswas, M. A. H., Y. Miyazaki, K. Nomura, and M. Wakita. 2000. Influences of long-term feeding of japanese green tea powder on laying performance and egg quality in hens. *Asian-Austral. J Anim. Sci* 13: 980-985.
4. Carsia, R. V., S. Harvey. 2000. Chapter 19. Adrenals. In: G. C. Whittow (ed.) *Sturkie's avian physiology* (5th Ed.). pp. 489-537. Academic Press, San Diego.
5. Charmandari, E., C. Tsigos, and G. Chrousos. 2005. Endocrinology of the stress response. *Annu. Rev. Physiol.* 67: 259-284.
6. El-Iethy, H., T. W. Jungi, and B. Huber-Eicher. 2001. Effects of feeding corticosterone and housing conditions on feather pecking in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Physiol. Behav.* 73: 243-251.
7. Feng, W. Y. 2006. Metabolism of green tea catechins: An overview. *Curr. Drug Metab.* 7: 755-809.
8. Haugh, R. R. 1937. A new method for determining the quality of an egg. *U.S. Egg Poult. Mag.* 39: 27-49.
9. Kojima, S. and Y. Yoshida. 2008. Effects of green tea powder feed supplement on perfor-

- mance of hens in the late stage of laying. *Int. J. Poult. Sci.* 7: 491-496.
10. Larson, C. T., W. B. Gross, and J. W. Davis. 1985. Social stress and resistance of chicken and swine to staphylococcus aureus challenge infections. *Can. J. Comp. Med.* 49: 208-210.
 11. Lin, H, E. Decuypere, and J. Buyse. 2004a. Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) 1. Chronic exposure. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* 139: 737-744.
 12. Lin, H., E. Decuypere, and J. Buyse. 2004b. Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) 2. Short-term effect. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* 139: 745-751.
 13. McCowan, B., J. Schrader, A. M. DiLorenzo, C. Cardona, and D. Klingborg. 2006. Effects of induced molting on the well-being of egg-laying hens. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 9: 9-23.
 14. Mumma, J. O., J. P. Thaxton, Y. Vizzier-Thaxton, and W. L. Dodson. 2006. Physiological stress in laying hens. *Poult. Sci.* 85: 761-769.
 15. Pilo, B., R. J. Etches, and J. C. George. 1985. Effects of corticosterone infusion on the lipogenic activity and ultrastructure of the liver of laying hens. *Cytobios* 44: 273-285.
 16. Sarker, M. S. K., S. Y. Ko, G. M. Kim, and C. J. Yang. 2010. Effects of camellia sinensis and mixed probiotics on the growth performance and body composition in broiler. *J. Med. Plants Res.* 4: 546-550.
 17. Shini, S., A. Shini, and G. R. Huff. 2009. Effects of chronic and repeated corticosterone administration in rearing chickens on physiology, the onset of lay and egg production of hens. *Physiol. Behav.* 98: 73-77.
 18. Siegel, H. S. 1995. Gordon memorial lecture. Stress, strains and resistance. *Br. Poult. Sci.* 36: 3-22.
 19. Siegel, H. S. and W. B. Gross. 1965. Social grouping, stress and resistance to coliform infection in cockerels. *Poult. Sci.* 44: 1530-1536.
 20. Siegel, H. S. and M. Van Kampen. 1984. Energy relationships in growing chickens given daily injections of corticosterone. *Br. Poult. Sci.* 25: 477-485.
 21. Sutherland, B. A. and R. M. Rahman, I. Appleton. 2006. Mechanisms of action of green tea catechins, with a focus on ischemia-induced neurodegeneration. *J. Nutr. Biochem.* 17: 291-306.
 22. Uuganbayar, D., I. S. Shin, and C. J. Yang. 2006. Comparative performance of hens fed diets containing Korean, Japanese and Chinese green tea. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* 19: 1190-1196.
 23. Zhao, B., Q. Guo, and W. Xin. 2001. Free radical scavenging by green tea polyphenols. *Method. Enzymol.* 335: 217-231.