

## El estrés calórico en algunos electrolitos de plasma de gallinas ponedoras durante el verano en clima caliente-húmedo y suplementadas con vitaminas C y E.

J. J. Ajakaiye<sup>1\*</sup>, A. Perez-Bello<sup>1</sup>, M. Cuesta-Mazorra<sup>1</sup>, J. R. García Díaz y Á. Mollineda-Trujillo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Department of Zootechnics and Veterinary Medicine, Universidad Central «Martha Abreu» de Las Villas, Km 5½ Carretera a Camajuani, P. O. 54830, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

<sup>1\*</sup>Correo electrónico: joachim@uclv.edu.cu Tel: +53 5241 6288

Este estudio se realizó para investigar el efecto de las vitaminas C y E en algunos electrolitos de plasma de gallinas ponedoras durante el verano en clima caliente-húmedo. Setecientos veinte aves White Leghorn (L<sub>33</sub>) de 39 semanas de edad se dividieron en cuatro grupos de 180. Un grupo se alimentó con dieta basal (control) y los grupos de tratamiento se alimentaron con dieta basal suplementada con 150 mg de ácido l-ascórbico/kg de dieta (grupo de la vitamina C), 150 mg de  $\alpha$ -dl-tocoferol acetato/kg de dieta (grupo de la vitamina E), mientras que el último grupo recibió 150 mg de l-ácido ascórbico/kg de dieta más 150 mg de  $\alpha$ -dl-tocoferol acetato/kg de dieta (grupo de las vitaminas C + E). Las concentraciones de calcio y fósforo fueron menor ( $P < 0.05$ ) en el grupo control comparado con los grupos suplementados. Contrariamente, la concentración de magnesio fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en todos los grupos experimentales comparados con el grupo tratado con vitamina C. Además, las concentraciones de potasio y sodio fueron significativamente mayores ( $P < 0.05$ ) en todos los grupos comparados con el control. En los microelementos, la concentración de hierro fue significativamente menor ( $P < 0.05$ ) en el grupo control comparado con todos los grupos suplementados, con mayores diferencias en los grupos de vitaminas C y E, respectivamente. Sin embargo, el cobre y el zinc no se afectaron por el tratamiento. Los resultados sugieren que las vitaminas anti-oxidantes aliviaron el efecto negativo del estrés clórico en las aves expuestas ya que intensificaron el suplemento y/o la estabilidad de los electrolitos de plasma. Por lo tanto, se recomienda la incorporación de ambos antioxidantes en la alimentación de gallinas ponedoras durante el intenso verano.

Palabras clave: gallinas ponedoras, macro y microelementos, vitamina C, vitamina E, estrés calórico.

El estrés calórico es un problema mundial en la producción avícola y causa pérdidas económicas cada año. Los avances en genética y nutrición han ocasionado mejor comportamiento de gallinas ponedoras nunca antes alcanzado. Sin embargo, este mejor comportamiento unido a las plumas que cubren sus cuerpos y la falta de glándulas sudoríficas, las hacen más susceptibles a la carga térmica ambiental. Debido a que una proporción creciente de producción avícola cambia de regiones tropicales a sub-tropicales (Tucker 2007), se ha hecho necesario reconsiderar las estrategias nutricionales para aliviar el deterioro del estrés calórico en la fisiología nutricional y el comportamiento (Daghir 2009).

El estrés por la elevada temperatura ambiental (TA) y la humedad relativa (HR) es aún uno de las mayores perturbaciones ambientales que reducen el comportamiento de las aves. Este induce la hiperglicemia, reduce la concentración de proteína en el plasma y aumenta la excreción mineral (Donkoh 1989 y Belay *et al.* 1992). Altas TA y HR demandan de las aves mecanismos termorreguladores que provocan un cambio de la producción latente de calor a sensibilidad al calor (Holik 2009). La reacción a esta incomodidad es a través de la evaporación.

Se ha reportado que la evaporación persistente desequilibra el balance ácido-base y conlleva a una alcalosis respiratoria (Borges *et al.* 2003a). Los minerales monovalentes Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> ejercen efectos característicos en la homeostasis ácido-base de la gallina, en la regulación de la presión osmótica, en la absorción de aminoácidos y monosacáridos y participan en la función

neuronal. El Na y K son alcalogénicos e incrementan el pH de los fluidos corporales mientras que el Cl es acidogénico y lo disminuye (Zisman 1986 y Borges *et al.* 2003a y Borges *et al.* 2003b). La importancia de los minerales para las gallinas ponedoras se evidencia en los cambios en la organización de las fibras de la membrana de la cáscara con respecto a la composición estructural de la cáscara del huevo, por ejemplo cuando se utilizan dietas deficientes en cobre y magnesio (Leach y Gross 1983).

Roberts (2004) demostró que la calidad de la cáscara puede depender de varios factores que incluyen la nutrición mineral. Mientras, Suchy *et al.* (2001) y Balnave (2004) reportaron que en las concentraciones minerales del plasma durante la puesta pueden influir varios factores como la tasa de puesta y requerimientos energéticos y TA (Vecerek *et al.* 2002). Está bien documentado que el calcio, magnesio y fósforo son los mayores constituyentes orgánicos de la cáscara de huevo aviar (Cusack *et al.* 2003). Además, Simons (1976) encontró pequeñas cantidades de potasio, cobre y zinc en la capa de la cáscara de huevo. La presencia de sodio, potasio, magnesio, zinc y cobre se confirmó también en las membranas de la cáscara por Wedral *et al.* (1974). Por lo tanto, la importancia de estos macro y microelementos como constituyentes integrales de la cáscara de huevo no puede ser muy destacada.

Desafortunadamente, hay poca información en la literatura sobre el efecto del estrés calórico *in situ* en los indicadores electrolitos de gallinas ponedoras, por lo que este estudio se realizó para determinarlos en gallinas

ponedoras expuestas a condiciones de calor y humedad y el posible impacto positivo del suplemento dietético de vitaminas C y E.

### Materiales y Métodos

*Sitio experimental.* El estudio se realizó en la unidad avícola «Las Casas II», ubicada en el km 5 ½ de la autopista de Santa Clara y Camajuaní en la provincia de Villa Clara. Está ubicado entre los 22° 53' LN y 82° 02' LO, con altitud entre 90 y 100 metros por encima del nivel del mar. El total de precipitaciones durante el período de estudio fue de 327.2 mm y la velocidad promedio del aire fue de 3.15 m/s.

*Aves experimentales.* Se utilizaron para el experimento gallinas ponedoras híbrido comercial White Leghorn ( $L_{33}$  y  $n = 720$ ). En un diseño completamente aleatorizado, las aves se dividieron *in situ* dentro de las jaulas de producción en cuatro grupos de 180 cada uno y cada grupo fue dividido en cuatro réplicas de 45 aves, y tres aves/jaula de 0.4 x 0.4 m de dimensión. Un grupo recibió dieta basal (grupo control) y los grupos de tratamiento recibieron dieta basal suplementada con 150 mg de ácido l-ascórbico/kg de dieta (grupo de la vitamina C), 150 mg de  $\alpha$ -dl-tocoferol acetato/kg de dieta (grupo de la vitamina E), mientras que el último grupo recibió 150 mg de l-ácido ascórbico/kg de dieta más 150 mg de  $\alpha$ -dl-tocoferol acetato/kg de dieta (grupo de las vitaminas C + E). Las vitaminas C y E provinieron de una compañía comercial (VMD, n.v./s.a, Arendonk, Bélgica). Previo al experimento, las aves se desparasitaron y se vacunaron según las especificaciones de UECAN (2002). Además, se utilizó el método de la gravedad específica de la flotación fecal con solución de Sheather modificada (David y Lindquist 1982) para confirmar la ausencia de helmintos en las aves antes del comienzo del experimento. Las aves recibieron una dieta basal de 110 g/ave/d, y agua *ad libitum*. La tabla 1 muestra los constituyentes alimentarios y el análisis bromatológico calculado de la dieta basal.

La dieta basal contenía 11.5 MJ/kg de EM y 16.5 g de PB, 3.52 g de calcio y 0.25 g de fósforo disponible, todo calculado por debajo de los requerimientos nutricionales recomendados por NRC (1994).

*Toma de muestras de sangre.* Las muestras de sangre de las gallinas se tomaron por la punción de la vena braquial y los tubos de ensayo estaban previamente esterilizados y desmineralizados con heparina no sódica. Se introdujeron 5 mL de sangre en ellos y las muestras se centrifugaron después a 3500 g por 15 min para obtener el plasma sanguíneo. Este se almacenó más tarde a -10 °C hasta el análisis. El diagnóstico mineral se hizo al principio del experimento, dos semanas durante el experimento y en la semana cuatro que coincidió con el final del experimento. Los macro y microelementos se determinaron a través de la espectroscopía de absorción atómica (Miles *et al.* 2001) con un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM. Todos los minerales se analizaron con

Tabla 1: Composición y análisis bromatológico calculado de la dieta basal.

Nutrientes/constituyentes	Cantidad (kg)
Maíz	60.7
Torta de soya	26.8
Aceite vegetal	1.1
Carbonato de calcio	9.17
Fosfato de monocalcio	1.12
Monocalcio	0.07
Cloruro de colina	0.3
Cloruro de sodio	0.25
Pre-mezcla de vitaminas <sup>(a)</sup> y Minerales <sup>(b)</sup>	0.30
DL-Metionina	0.19
<b>Análisis calculado/kg</b>	
EM, MJ/kg	11.5
PB, g	16.5
Lisina, g	0.99
Metionina + Cistina, g	0.66
Triptófano, g	0.23
Treonina, g	0.70
Ca, g	3.52
P(d), g	0.25
Na, g	0.15
Cl, g	0.13

Fuente: Dale y Batal (2006).

<sup>(a)</sup> suplemento vitamínico por kg de dieta: Vitamina A, 12000 UI; vitamina D<sub>3</sub>, 2500 UI; vitamina E, 5 UI; vitamina K<sub>3</sub>, 4,5 mg; timina, 1,5 mg; riboflavina, 4,20 mg; vitamina B<sub>12</sub>, 12,2 µg; piridoxina, 4 mg; ácido pantoténico, 5 mg; ácido nicotínico, 10 mg; ácido fólico, 0,5 mg; colina, 3 mg.

<sup>(b)</sup> suplemento mineral: magnesio, 56 mg; hierro, 20 mg; cobre, 10 mg; zinc, 50 mg; cobalto, 125 mg; yodo, 0.08 mg. PB = proteína bruta; P (d) = fósforo disponible.

reactivos de Helfa® Diagnósticos, según las especificaciones de los fabricantes.

*Análisis estadístico.* Se utilizó el paquete PC STATISTICA 8.0 y la información meteorológica de TA y HR se analizó con la prueba t-Student. El resto de la información estuvo sujeta a un análisis multifactorial variable Anova simple (entre tratamientos y semanas) a través de procedimientos de modelos generales lineales del Sistema de Análisis Estadístico (SAS Guía del Usuario 1985). La prueba de Duncan se utilizó para identificar las medias que diferían a  $P < 0.05$  (Duncan 1955).

### Resultados

La información meteorológica durante el período experimental se presenta en la tabla 2. Durante el período experimental, la TA dentro y fuera de la jaula mostró igual patrón de incremento desde las 9:00 a.m. hasta las 3:00 p.m. y, consecuentemente, disminuyó entre las 3:00 p.m. y las 6:00 p.m. En el exterior, la TA fue mayor ( $P < 0.05$ ) que en el interior. Sin embargo, la HR media dentro de la jaula fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) que fuera de ella.

Tabla 2. Información meteorológica de la temperatura ambiental y la humedad relativa durante el periodo experimental.

Hora	Temperatura ambiental, °C			Humedad relativa, %		
	Fuera	Dentro	EED±	Fuera	Dentro	EED±
9:00 a.m.	31.74	29.31	0.53	85.78	88.71	1.73
12:00 noon.	35.60	33.28	0.42	75.79	81.59	1.91
3:00 p.m.	35.86	34.00	0.85	78.05	79.48	2.53
6:00 p.m.	28.93	28.41	0.62	86.36	88.97	1.97
Mean	33.03	31.25	0.58	81.50	84.69	1.31

Fuera = fuera de la nave; dentro = dentro de la nave; EED = error estándar de la diferencia. Prueba *t*-student

Las concentraciones de calcio, fósforo, magnesio y sodio del plasma disminuyeron durante el período experimental (tabla 3). A la cuarta semana del experimento, la concentración más baja de calcio en plasma se encontró en el grupo control, donde el valor de calcio en el grupo tratado con vitamina C + E mostró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) que en el resto de los grupos. Asimismo, la concentración de fósforo fue significativamente menor ( $P < 0.05$ ) en el control comparado

con los grupos tratados con vitamina C y vitaminas E y C + E, respectivamente.

La concentración de magnesio fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en todos los grupos experimentales cuando se comparó con el grupo tratado con vitamina C. Por el contrario, las concentraciones de potasio y sodio fueron significativamente mayores ( $P < 0.05$ ) en todos los grupos tratados comparados con el de control. Sin embargo, dentro de las semanas, se observaron dismi-

Tabla 3. Comportamiento de macroelementos de plasma en gallinas ponedoras White Leghorn (L<sub>33</sub>) criadas durante el verano en un clima húmedo y caliente y suplementadas con vitaminas C y E (n=160).

Indicadores	Tratamientos por grupos				EED ±	
	En semanas	Vit-C	Vit-E	Vit-C+E		Control
<b>Calcio (mmol/L)</b>						
1		7.37 <sup>A</sup>	7.52 <sup>A</sup>	7.46	7.48 <sup>A</sup>	0.27
2		7.04 <sup>abA</sup>	6.71 <sup>bcB</sup>	7.34 <sup>a</sup>	6.17 <sup>cB</sup>	0.21
4		6.07 <sup>bbB</sup>	6.57 <sup>bbB</sup>	7.31 <sup>ab</sup>	5.97 <sup>bbB</sup>	0.25
EED ±		0.16	0.16	0.12	0.17	
<b>Fósforo (mmol/L)</b>						
1		3.95	3.99	3.90	3.88 <sup>A</sup>	0.19
2		3.79 <sup>a</sup>	3.81 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	2.99 <sup>bbB</sup>	0.23
4		3.56 <sup>b</sup>	3.62 <sup>a</sup>	3.70 <sup>a</sup>	2.44 <sup>cC</sup>	0.26
EED ±		0.12	0.11	0.10	0.16	
<b>Magnesio (mmol/L)</b>						
1		1.37 <sup>A</sup>	1.39	1.45 <sup>A</sup>	1.42	0.03
2		1.17 <sup>cB</sup>	1.32 <sup>b</sup>	1.40 <sup>aA</sup>	1.42 <sup>a</sup>	0.03
4		1.16 <sup>bbB</sup>	1.32 <sup>a</sup>	1.30 <sup>abB</sup>	1.32 <sup>a</sup>	0.04
EED ±		0.03	0.02	0.02	0.02	
<b>Potasio (mmol/l)</b>						
1		4.75	4.79	4.73	4.78 <sup>A</sup>	0.16
2		4.74 <sup>a</sup>	4.77 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	4.07 <sup>bbB</sup>	0.13
4		4.75 <sup>a</sup>	4.80 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	3.43 <sup>bcC</sup>	0.14
EED ±		0.10	0.08	0.07	0.11	
<b>Sodio (mmol/L)</b>						
1		153.45	151.61	156.16	154.15 <sup>A</sup>	1.79
2		151.34 <sup>a</sup>	151.54 <sup>a</sup>	152.90 <sup>a</sup>	144.66 <sup>bbB</sup>	2.10
4		150.50 <sup>a</sup>	151.48 <sup>a</sup>	152.62 <sup>a</sup>	140.11 <sup>bbB</sup>	2.92
EED ±		1.62	1.31	0.99	1.48	

EED = error estándar de la media; μmol/L = Micromol por litro. Valores medios con diferentes superíndices en minúscula y mayúscula dentro de la misma fila difieren significativamente a  $P < 0.05$  (Duncan 1955).

nuciones significativas ( $P < 0.05$ ) para el calcio en todos los grupos experimentales excepto en el tratado con vitaminas C + E. Mientras, el fósforo decreció significativamente ( $P < 0.05$ ) solamente para el grupo control. Para el magnesio, la disminución significativa ( $P < 0.05$ ) se observó en los grupos tratados con vitamina C y vitaminas C + E. Mientras, hubo disminución significativa ( $P < 0.05$ ) durante las semanas para el potasio y sodio solamente en el grupo control.

En los microelementos (tabla 4), la concentración de hierro fue significativamente menor ( $P < 0.05$ ) en el grupo control comparado con todos los grupos, con una mayor diferencia para los grupos con vitaminas C y E. Sin embargo, es interesante el incremento significativo ( $P < 0.05$ ) durante las semanas de este indicador en todos los grupos experimentales con los mayores valores para los grupos suplementados con vitaminas C y E.

Las concentraciones de cobre y zinc no se afectaron por el tratamiento ni hubo diferencias durante las semanas y los valores de probabilidad no fueron significativos aún cuando hubo un ligero marcado descenso en estos electrolitos de plasma en el grupo control.

### Discusión

La TA dentro y fuera de la nave durante el período experimental fue mayor que la recomendada, 22-28 °C (Donkoh 1989) o 18-24 °C (Holik 2009) establecida para esta especie en las regiones tropicales. La combinación de 31.3 °C y 33.0 °C para TA con 84.6 % y 81.5 % para HR dentro y fuera de la nave fue extrapolada con el uso del modelo matemático establecido por Bouraoui *et al.*

(2002) para un índice de humedad relativa (IHR) de 85.5, un valor por encima de 70, establecido para las aves (Bouraoui *et al.* 2002 y Tao y Xin 2003).

Esto se evidenció por la fuerte respiración de las aves y el incremento en el consumo de agua, lo que sugiere que el mecanismo de pérdida de calor pasó de sensible a insensible y a una generación e deshidratación del intenso calor corporal. Tales observaciones las hicieron Sritharet *et al.* (2002) y Mashaly *et al.* (2004) y Holik (2009) y reportaron fatigas, reducción del consumo de alimento y fuertes respiraciones. Estas últimas causan alcalosis respiratoria y un cambio en la homeostasis ácido-base particularmente de los «iones fuertes» lo que resulta en un decrecimiento de la producción. Cuando este balance se altera hacia alcalosis o acidosis, las vías metabólicas cambian a regulación homeostática más que a su uso para apoyar el crecimiento y el comportamiento (Borges *et al.* 2004).

Aún más, bajo el estrés calórico, las aves pierden más agua (a través de la respiración acelerada y la orina) que en la zona de confort térmico. Una disminución del agua corporal (deshidratación) y un aumento de la HR resultan en una habilidad reducida para disipar el calor por evaporación y/o a través del flujo sanguíneo periférico aumentado. Como consecuencia, las aves incrementan el consumo de agua para compensar la pérdida y para incrementar la capacidad de disipar el calor como se observó durante todo el período experimental particularmente en el grupo control.

Sin embargo, la retención de agua se reduce debido al incremento de la excreción de electrolitos en la orina

Table 4. Comportamiento de microelementos de plasma en gallinas ponedoras White Leghorn (L<sub>33</sub>) criadas durante el verano en un clima húmedo y caliente y suplementadas con vitaminas C y E (n=160).

Indicadores	Tratamientos por grupos				EED ±	
	En semanas	Vit-C	Vit-E	Vit-C+E		Control
<b>Hierro (µmol/L)</b>						
1		32.53 <sup>C</sup>	31.66 <sup>C</sup>	33.59 <sup>B</sup>	31.24 <sup>B</sup>	0.70
2		37.15 <sup>aB</sup>	34.35 <sup>abB</sup>	31.82 <sup>bB</sup>	36.58 <sup>aA</sup>	1.06
4		46.42 <sup>abA</sup>	48.61 <sup>aA</sup>	44.15 <sup>bA</sup>	37.29 <sup>cA</sup>	1.48
EED ±		1.01	1.07	0.94	0.84	
<b>Cobre (µmol/L)</b>						
1		3.73	3.72	3.75	3.69	0.19
2		3.72	3.70	3.75	3.60	0.15
4		3.70	3.69	3.75	3.55	0.15
EED ±		0.10	0.10	0.10	0.10	
<b>Zinc (µmol/L)</b>						
1		10.50	10.83	11.05	10.94	0.94
2		10.43	10.79	10.90	10.01	0.27
4		10.41	10.78	10.89	9.97	0.50
EED ±		0.38	0.35	0.34	0.37	

EED = error estándar de la media; µmol/L = Micromol por litro. Valores medios con diferentes superíndices en minúscula y mayúscula dentro de la misma fila difieren significativamente a  $P < 0.05$  (Duncan 1955).

y las heces (Belay y Teeter 1993) según se observó en este experimento, particularmente en el grupo control. Los electrolitos suministrados en las dietas son de gran importancia para mantener el balance ácido-base, la presión osmótica y el potencial eléctrico de las membranas celulares y también son esenciales para la homeostasis intra y extracelular (Borges *et al.* 2003a). Dentro de estos electrolitos, los iones monovalentes (Na, K y Cl) son los principales minerales involucrados en el balance ácido-base de los fluidos corporales (Mongin 1981), ya que tienen mayor permeabilidad y mayor absorción que los iones divalentes (Ca y Mg) (Borges *et al.* 2004).

Belay y Teeter (1993) y Borges *et al.* (2003a) reportaron descubrimientos similares y observaron un incremento en la excreción de orina y heces pero un decrecimiento en la de Cl. Como Na y K son iones alcalogénicos, la pérdida de estos puede conllevar a la acidificación del fluido corporal. Al concluir que los cambios en el pH sistémico en respuesta al estrés calórico son, por lo tanto, complejos e involucran una fase de respuesta respiratoria inicial, que puede producir alcaloidosis sistémica y, por lo tanto, un fenómeno compensatorio que conlleva mecanismos homeostáticos que pueden producir acidosis sistémica, Teeter y Smith (1986) y Lin *et al.* (2006) confirmaron que estos cambios en el balance ácido-base son responsables (conjuntamente con un consumo alimenticio disminuido) de el retardo del crecimiento y del pobre perfil de calidad del huevo bajo estrés calórico.

La disminución de macroelementos en este estudio fue similar a las observaciones de Deyhim *et al.* (1995), Fernández *et al.* (2008) y Pavlik *et al.* (2009) quienes reportaron un decrecimiento de los electrolitos del suero sanguíneo debido a las altas temperaturas. Franco-Jimenez y Beck (2007) reportaron similares descubrimientos en este estudio, o sea, que altas TA y HR reduce el consumo y limita la disponibilidad de calcio en sangre para la formación del huevo debido a la alcalosis inducida y a la reducción en la formación de anhidrasa carbónica, una enzima que resulta en la formación del bicarbonato que contribuye al carbonato de la cáscara del huevo. Igualmente, la disminución de los microelementos en este estudio se corresponde con los descubrimientos de Sahin y Kucuk (2003) quienes reportaron que el suplemento de zinc en dosis de 30 o 60 mg ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O/kg de dieta fue beneficioso para las ponedoras expuestas a estrés calórico porque es un importante componente de los sistemas biológicos antioxidante y es necesario para un comportamiento, crecimiento y modulación óptimas del sistema inmune (Dardene *et al.* 1985). Esto se debe, en parte, a su papel como co-factor de varias enzimas como lactato deshidrogenasa (LDH), fosfatasa alcalina (ALP) y anhidrasa carbónica (Maiorka y Macari 2002). Asimismo, Paik (2001) y Xavier *et al.* (2004) reportaron los efectos beneficiosos del uso de combinaciones de selenio orgánico, zinc, cobre y manganeso en la calidad del huevo de ponedoras pardas sujetas a estrés calórico.

Por otro lado, el sodio, potasio, magnesio, zinc y cobre han sido considerados como parte integral de la cáscara del huevo y de las fibras de las membranas cuticulares (Suchy *et al.* 2001 y Cusack *et al.* 2003) y se reportó su afectación negativa por la AT (Klassing 1998 y Vecerek *et al.* 2002) y por lo tanto es un suplemento mineral recomendado durante este período (Eren *et al.* 2004).

En este estudio, el suplemento dietético con vitaminas C y E en gallinas ponedoras expuestas al estrés calórico tiene un estatus de electrolitos de plasma sostenido significativamente que se evidencia por su estabilidad relativa en todos los grupos tratados. Además, la vitamina C ha demostrado ser un anti-oxidante poderoso que actúa a través de un mecanismo de doble vía, es decir, a través de su conversión a ácido L-dehidroascórbico, un radical inerte particularmente, esta reacción es reversible y la interconversión de estas moléculas forma un sistema redox y por lo tanto la fisiología básica de sus acciones ya que ambas muestran la actividad de la vitamina C.

La otra ruta es la formación de un radical ascórbico que destruye los radicales libres generados por el oxígeno que incluye el hidroxilo (OH\*), mono oxígeno (O\*) y los súper oxígenos (O<sup>2\*</sup>) y también en la transferencia de radicales equivalentes desde las fases lípidos hasta los compartimentos acuosos (Tauler *et al.* 2003), lo que se conoce para incrementar el uso de corticosteroides liberados durante el estrés (Pardue y Thaxton 1986), por lo que juega un importante papel en la respuesta al estrés. Durante el desarrollo de esta función, la vitamina entra en una acción sinérgica con otras enzimas protectoras tales como catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GSHPx).

Estas enzimas dependen de algunos electrolitos como el hierro en CAT, cobre, zinc y manganeso en SOD, mientras que GSHPx tiene el selenio como co-factores para su funcionamiento normal (Foote 1979). Puthongsiriporn *et al.* (2001) confirmaron *in vitro* que la adición de vitamina C redujo la tasa de inducción proteolítica por peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y la destrucción de SOD. En su función como filtro de los radicales libres generados en las membranas de la célula, la vitamina ayuda en la conversión de la forma oxidada de la vitamina E para su forma estable a través de una reacción no enzimática. De igual manera, la vitamina E ha demostrado ser un anti-oxidante que filtra los radicales libres generados en las membranas celulares que participa en la degeneración de tejido (Bollingier-Lee *et al.* 1998; Bollingier-Lee *et al.* 1999 y Yardibi *et al.* 2009). La vitamina participa en una interacción tripartita conjuntamente con el selenio, un complejo vitamínico integral de la enzima GSHPx como protagonista, mientras que los poli insaturados ácidos grasos (PIAG) son los antagonistas (GSHPx) (Rotruck *et al.* 1972).

Los efectos sinérgicos entre estas dos vitaminas son particularmente eficientes ya que reducen la producción

de especies oxigenadas reactivas (EOR). Nuestro resultado con relación al nivel óptimo de suplemento dietético de vitamina E y C bajo estrés calórico en términos de una mayor eficiencia en gallinas ponedoras concuerdan también con los descubrimientos de varios autores (Sahin and Kucuk 2001, Cifti *et al.* 2005, Mehmet *et al.* 2005 y Lagana *et al.* 2007). Se reportó también una respuesta positiva en la retención de N, ceniza, Ca, P, Zn, Fe, Cu y Cr cuando las aves bajo estrés calórico se suplementaron con vitamina C más ácido fólico (Sahin *et al.* 2003).

Los resultados de este estudio indicaron que las AT y tuvieron un efecto negativo en los indicadores de electrolitos de plasma según la disminución persistente, fundamentalmente en el grupo control. Sin embargo, el suplemento de vitamina C y E solo o combinado en dosis de 150 mg/kg de dieta, mitigaron o al menos estabilizaron el efecto decreciente de AT en estos índices. Por lo tanto se recomienda incorporar ambos anti-oxidantes en el régimen alimenticio de gallinas ponedoras durante el verano, especialmente en regiones sub-tropicales y tropicales donde la producción avícola se está convirtiendo en una fuerza naciente para sustentar el comportamiento productivo.

### Referencias

- Balnave, D. 2004. Challenges of accurately defining the nutrient requirements of heat-stressed Poultry. *Poult. Sci.* 83:5
- Belay, T. & Teeter, R.G. 1993. Broiler water-balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. *Poult. Sci.* 72:116
- Belay, T., Wiernusz, C.J. & Teeter, R.G. 1992. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heat stress environment *Poult. Sci.* 71:1043
- Bollengier-Lee, S., Mitchell, M.A., Utomo, D.B., Williams, P.E.V. & Whitehead, C.C. 1998. Influence of high dietary vitamin E supplementation on egg production and plasma characteristics in hens subjected to heat stress. *Br. Poult. Sci.* 39:106
- Bollengier-Lee, S., Williams, P.E.V. & Whitehead, C.C. 1999. Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on egg production in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 40:102
- Borges, S.A., Fischer da Silva, A.V., Ariki, J., Hooge, D.M. & Cummings, K.R. 2003a. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poult. Sci.* 82:301–308.
- Borges, S.A., Fischer da Silva, A.V., Ariki, J., Hooge, D.M. & Cummings, K.R. 2003b. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. *Poult. Sci.* 82:312
- Borges, S.A., Fischer da Silva, A.V., Majorca, A., Hooge, D.M. & Cummings, K.R. 2004. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (Sodium plus Potassium minus Chloride, milliequivalents per kilogram). *Poult. Sci.* 83:1551
- Bourauoi, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M. & Belyea, R. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.* 51: 479
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 4, 2010.
- Ciftci, M., Nihat Ertas, O. & Guler, T. 2005. Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue. Méd. Vét.* 156(Suppl II): 7
- Cusack M., Fraser A.C. & Stachel T. 2003. Magnesium and phosphorus distribution in the avian eggshell. *Comp. Biochem. Physiol. B-Biochem. Mol. Biol.* 134:63
- Daghir, N.J. 2009. Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders. *Lohmann information*, 44:6
- Dale, N. & Batal, D.A. (2006). Feedstuffs ingredients analysis table. En: 2006 eds. University of Georgia, Athens, GA.
- Dardenne, M., Savino, W. & Borrih, S. 1985. A zinc dependent epitope of the molecule of thymulin, a thymic hormone. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 82: 7035.
- David, E.D. & Lindquist, W.D. 1982. Determination of the specific gravity of certain helminthes eggs using sucrose density gradient centrifugation. *J. Parasitol.* 68: 916
- Deyhim, F., Stoecker, S.B., Adeleve, G.B., Robert, G & Teete'rlm, R.G. 1995. The effects of heat distress environment, vitamin, and trace mineral supplementation on performance, blood constituents, and tissue mineral concentrations in broiler chickens. *Nutr. Res.* 15:521
- Donkoh A. 1989. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *Intl. J. Biomet.* 33:259
- Duncan D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11:1-42.
- Eren, M., Uyanik, F. & Kucukersan, S. 2004. The influence of dietary boron supplementation on egg quality and serum calcium, inorganic phosphorus, magnesium levels and alkaline phosphatase activity in laying hens. *Res. Vet. Sci.* 76:203
- Fernandez, J.I.M., Murakami, A.E., Sakamoto, M.I., Souza, L.M.G, Malaguido, A. & Martins, E.N. 2008. Effects of organic mineral dietary supplementation on production performance and egg quality of white layers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 10(1)doi:10.1590/S1516-635X2008000100009.
- Foot C.S. 1979. Quenching of singlet oxygen. En: Wasserman, H.H. & Murray, R.W. Ed. *Singlet Oxygen*. Academic Press, pp. 139
- Franco-Jimenez, D.J. & Beck, M. M. 2007. Physiological Changes to Transient Exposure to Heat Stress Observed in Laying Hens. *Poult. Sci.* 86:538
- Holik, V. 2009. Management of laying hens to minimize heat stress. *Lohmann Information*, 44:16
- Klasing, K.C. 1998. *Comparative Avian Nutrition*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 277
- Lagana, C., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.M., Kratz, L.R. & Pinheiro, C.C. 2007. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 9(1) doi:10.1590/S1516-635X2007000100006.
- Leach, R.M. & Gross, J.R. 1983. The effect of manganese deficiency upon the ultrastructure of the eggshell. *Poult. Sci.* 62:499
- Lin, H., Jiao, H.C., Buyse, J. & Decuypere, E. 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poult. Sci. J.* 62:71
- Maiorka, A. & Macari, M. 2002. Mineral absorption. En: Macari, M., Furlan, R.L. & Gonzales, E. *A compendium of applied avian physiology*. 2<sup>nd</sup> Ed. Jaboticabal: Funep/Unesp; pp. 167

- Mashaly, M. M., Hendricks, G.L., Kalama, M.A., Gehad, A.E., Abbas, A.O. & Patterson, P.H. 2004. Effect of Heat Stress on Production Parameters and Immune Responses of Commercial Laying Hens. *Poult. Sci.* 83:889
- Mehmet, A., Muğdat, Y. & Oktay, K. 2005. Effects of ascorbic acid on the performance and some blood parameters of Japanese Quails reared under hot climate conditions. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 29:29
- Miles, P.H., Wilkinson, N.S. & McDowell, L.R. 2001. Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research. 3<sup>rd</sup> Ed. Department of animal Science, University of Florida, Gainesville, USA, p. 60
- Mongin, P. 1981. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. *Proc. Nutr. Soc.* 40:285
- National Research Council (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9<sup>th</sup> Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Paik, I. 2001. Application of chelated minerals in animal production. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 14: 191-198.
- Pardue, S.L. & Thaxton, J.P. 1986. Ascorbic acid in poultry. A review. *World Poult. Sci.* 43:107
- Pavlik, A., Martina, L.M. & Jelinek, P. 2009. Blood plasma mineral profile and qualitative indicators of the eggshell in laying hens in different housing systems. *Acta. Vet. Brno.* 78:419
- Puthongsiriporn, U., Scheideler, S.E., Sell, J.L. & Beck, M.M. 2001. Effects of vitamin E and C supplementation on performance, *in vitro* lymphocyte proliferation and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poult. Sci.* 80:1190
- Roberts, R.J. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *J of Poult. Sci.* 41(Suppl III):161
- Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G. & Hoekstra, W.G. 1972. Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 179:588.
- Sahin, K. & Kucuk, O. 2001. Effects of vitamin C and vitamin E on performance, digestion of nutrients and carcass characteristics of Japanese quails reared under chronic heat stress (34 °C). *J. Anim. Physiol. & Anim. Nutr.* 85:335-341.
- Sahin, K. & Kucuk, O. 2003. Zinc supplementation alleviates heat stress in laying Japanese Quail. *J. Nutr.* 133:2808-2811.
- Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., Gursu, M.F. & Kucuk, O. 2003. Dietary Vitamin C and Folic Acid Supplementation Ameliorates the Detrimental Effects of Heat Stress in Japanese Quail. *J. Nutr.* 133:1882
- SAS User's Guide. 1985. Statistics In: Joyner SP. Ed. The GLM procedure. SAS Inst Inc; Cary, Newcastle; pp.183
- Simons, P.C.M. 1976. Egg-shell structure. *Poult. Sci.* 55:2092
- Sritharet, N., Hara, H., Yoshida Y., Hanzawa, K. & Watanabe, S. 2002. Effect of heat stress on histological features on pituicytes and hepatocytes, and enzyme activities of liver and blood plasma in Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Journal of Poult. Sci.* 39:167
- Suchy, P., Strakova, E., Vecerek, V. & Sterc, P. 2001 Biochemical studies of blood in hens during the laying period. *Czech. J. Anim. Sci.* 46:383-387.
- Tao, X. & Xin, H. 2003. Temperature-humidity-velocity-index for market size broilers. Proceedings of the 2003 ASAE Annual International Meeting, Nevada, USA, Paper Number 034037.
- Tauler, T., Anguilo, A., Gimeno, I., Fuentespina, E., Tur, J.A. & Pons, S. 2003. Influence of vitamin C diet supplementation on endogenous antioxidant defense during exhaustive exercise. *European J. Physiol.* 446:658
- Teeter, R.G. & Smith, M.O. 1986. High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride and potassium carbonate. *Poult. Sci.* 65:1777
- Tucker, R. 2007. Poultry industry insulated structures data. Honeywell, USA p.1
- UECAN, 2002. Technical instructions for commercial layers and parent breeders. La Habana, Cuba.
- Vecerek, V., Strakova, E., Suchy, P., Voslarova, E. 2002. Influence of high environmental temperature on production and haematological and biochemical indexes in broiler chickens. *Czech. J. Anim. Sci.* 47:176
- Wedral, E.M., Vadehra, D.V. & Baker, R.C. 1974. Chemical composition of cuticle, and inner and outer shell membranes from eggs of *Gallus gallus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 47:631
- Xavier, G.B., Rutz, F., Dionello, N.J.L., Arruda, J.S. & Pan, E.A. 2004. Performance of layers fed diets containing organic selenium, zinc and manganese, during a second cycle of production. Proceedings of the Annual Symposium on Biotechnology in the feed industry, Lexington. p.19
- Yardibi, H., Oztabak, K. & Turkay, G. 2009. The metabolic effect of vitamin E supplementation to the diets of laying hens under heat stress (35°C). *J. Anim. and Vet. Adv.* 8: 912
- Zisman, A. 1986. Acid-base balance and mineral balance in broiler cockerels fed ionophores. Master's Thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, USA.

**Recibido: 7 de diciembre de 2009**