

Aplicación del concepto de equilibrio de electrolitos en la calidad del huevo de las gallinas ponedoras almacenados en temperatura ambiente

R. S. FILARDI ^{1*}, L. TEDESCHI ¹, L. G. ALDRIGUI ¹, M. GACIA NETO ², M.F. ANDRADE ¹, A.C. de LAURENTIZ¹

¹Fac. de Ingeniería de Ilha Solteira, Universidad Estatal Paulista, Avda. Brasil, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, ²Fac. de Medicina Veterinaria de Araçatuba, Universidad Estatal Paulista, Calle Clóvis Pestana, 793, Araçatuba, São Paulo, Brasil.

*e-mail: rosefilardi@bio.feis.unesp.br (FAPESP 2012/13348-2)

Gallinas ponedoras en situaciones de estrés por calor aumentan la frecuencia respiratoria para restablecer la temperatura interna del cuerpo, lo que provoca una disminución de HCO₃ y CO₂ sanguíneos, y resulta en un cuadro de alcalosis respiratoria. Este trastorno dificulta el proceso de deposición de calcio sobre la superficie del huevo, causando daños en la calidad del producto final y su tiempo de almacenamiento. Para evaluar la aplicabilidad del concepto de equilibrio de electrolitos sobre la calidad de huevos almacenados, 288 gallinas ponedoras Lohmann con 24 semanas de edad fueron distribuidas en un diseño completamente al azar en un factorial 4 x 3 (balance electrolítico 4 - BE y electrolitos relación - ER), con un total de 12 tratamientos con 4 repeticiones de 6 gallinas cada uno. Los cuatro BE evaluados fueron de 140, 210, 280 y 350 mEq.kg⁻¹ obtenidos teniendo en cuenta la ecuación $[K^+] + [Na^+] - [Cl^-]$. Las ER utilizadas fueron de 2:1, 3:1, 4:1, considerando la ecuación $[(K + Cl)/Na]$. Para la formulación de dietas con distintos balances electrolíticos fueron utilizadas distintas concentraciones de sodio, potasio y cloruro, en raciones isoproteicas, isoenergéticas, isocalcicas e isofosforicas, formuladas en el Programa Práctico de Formulación de Ración (PPFR), software libre de modelaje no lineal. Para siete ciclos de 14 días se recogieron muestras de huevos para evaluar la calidad interna y externa de los huevos puestos en el día y otras muestras se almacenaron a temperatura ambiente durante 7, 14 y 21 días, cuando el mismo análisis se realizaron. El análisis de varianza mostró que, excepto la densidad específica y la unidad Haugh para los demás parámetros evaluados (porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y porcentaje de cáscara) ocurrió interacción significativa (P<0,01) entre el BE y la RE. A partir de los análisis de la superficie de respuesta, de acuerdo con el camino de la máxima pendiente ascendente o descendente, se observaron mejores resultados con BE que cambian de 250 hasta 350 mEq.kg⁻¹ y con ER 2:1, eso para todos los períodos de evaluación (huevos recién puestos o almacenadas durante 7, 14 o 21 días). Aunque la interacción BE x RE no haya influido en el ajuste para unidad Haugh, esa variable sufrió un efecto significativo (P<0,01) para lo BE, siendo los mayores resultados observados para el BE de 140 mEq.kg⁻¹. Eso demuestra las amplias fajas de BE no cambio mucho las respuestas en situación de estrés, lo que explica por qué muchos autores describen buenos resultados en situaciones de altas temperaturas con balances en fajas distintas.

Palabras clave: alcalosis respiratoria; balance electrolítico; calidad de los huevos; equilibrio ácido-base; electrolitos relación

The poultries in situations of heat stress increase respiratory rate to restore internal body temperature, which causes a decrease in blood HCO₃ and CO₂, resulting in respiratory alkalosis. This disorder complicates the process of deposition of calcium on the surface of the egg, impairing the quality of the final product and its storage time. To evaluate the applicability of the concept of electrolyte balance on quality of eggs stored, 288 Lohmann laying hens at 24 weeks

old were arranged in a randomized complete design in a 4 x 3 factorial arrangement with 4 Electrolyte Balance (EB) and 3 Electrolyte Relationship (ER), totaling 12 treatments with 4 replicates of 6 birds. The four EB evaluated were 140, 210, 280 and 350 mEq.kg⁻¹ obtained by applying the equation $[K^+] + [Na^+] - [Cl^-]$. The ER used were 2:1, 3:1, 4:1 using the equation $[(K + Cl)/Na]$. For the formulation of diets with different electrolyte balances were used varying concentrations of sodium, potassium and chloride in diets isonitrogenous, isoenergetic, and isocalcium isophosphoric formulated by Program Practical Feed Formulation (PPFR), free software modeling nonlinear. During seven 14-day period the parameters of internal and external quality of eggs were evaluated in eggs laid in the day and eggs stored in ambient temperature for 7, 14 and 21 days. The analysis of variance indicated that with the exception of specific gravity and Haugh unit for the remaining parameters (yolk percentage, percentage of albumen and shell percentage) occurred significant interaction ($P < 0.01$) the EB and ER. From the analysis of the response surface, according to the path of maximum slope ascending or descending observed better results with EB ranging from 250-350 mEq.kg⁻¹ and RE 2:1, so for all periods review (eggs laid in the day or eggs stored for 7, 14 or 21 days). Although the interaction EB x ER did not influence the adjustment for Haugh unit, the isolated effect of BE influenced ($P < 0.01$) this variable, and the highest observed results for the EB 140 mEq.kg⁻¹. This demonstrates the wide range of EB is slightly altering the responses under stress, which explains why many authors report good performance in situations with high temperatures in different limits of electrolytic balance.

Keywords: acid-basic equilibrium; egg quality, electrolytic balance, electrolytic relationship, respiratory alkalosis;

Introducción

El huevo es un alimento de alto valor nutricional que viene embalajes listos. Sin embargo, para evitar pérdidas en la producción y en el marketing también es esencial mantener la calidad de la cáscara del huevo. La calidad externa se refiere a la integridad de la cáscara, ya que se conserva el valor nutritivo de los huevos, y este factor está directamente relacionada con el tiempo de almacenamiento. La calidad interna depende de factores relacionados con el ave, como la nutrición y la creación de ambiente, por lo que las altas temperaturas aceleran el proceso de fluidificación de los componentes del huevo. Esto ocurre debido a la pérdida de CO₂ presente en la albúmina para el medio ambiente, dejando albúmina más fluido y menos ácido (GONZALES MATEOS e BLAS BEORLEGUI, 1991). Las altas temperaturas no sólo aceleran el proceso de deterioro de los huevos, pero también pueden causar alcalosis respiratoria. Este trastorno es debido al aumento de la frecuencia respiratoria para la regulación de la temperatura central del cuerpo del ave, que determina disminución de CO₂ y HCO₃ en sangre. Esta condición puede resultar en huevos de cáscara delgada y pequeños, especialmente en lo que la concentración de calcio en la sangre se cambia por la perturbación. Es de destacar que el calcio se puede encontrar en la sangre unidos a la proteína complejo con ácidos orgánicos en forma libre o en forma ionizada con este último siendo utilizado por las aves en la formación de la cáscara de huevo (MACARI et al., 2004). La preocupación con la alimentación de las aves y la acción de sus ingredientes en el mantenimiento de pH de la sangre es un principio que se ha estudiado durante más de 60 años, tanto con respecto a los cambios fisiológicos que se producen en las aves como en las modificaciones de los parámetros con desempeños relacionados. Mongin (1968) fue el primero en proponer el uso de un equilibrio parcial de catión-anión en la dieta, expresado como miliequivalentes (mEq) de sodio más potasio menos cloro ($Na^+ + K^+ - Cl^-$), como un método para controlar el equilibrio ácido-base favorable de la sangre. La selección de minerales K, Na y Cl se debe a la importante función que desempeñan en el metabolismo celular, en el equilibrio osmótico, en el equilibrio ácido-base y la regulación del transporte a través de las membranas celulares. Con esto no sólo el equilibrio ácido-base de las aves está influenciada por el equilibrio de estos minerales, sino también el rendimiento, ya que muchas funciones metabólicas dependen de las sales de sodio, cloruro y potasio para que ocurra (JUDICE et al., 2002). Por lo tanto el equilibrio de electrolitos se puede utilizar como un medio para mitigar los

efectos de la exposición de las aves a altas temperaturas (BALNAVE e MUHEEREZA, 1997; BORGES, 2006). La investigación se llevó a cabo con el fin de evaluar la aplicabilidad del concepto de equilibrio de electrolitos en la calidad de los huevos almacenados a temperatura ambiente.

Material y métodos

El experimento se llevó a cabo en la Sección de Aves de la Facultad de Ingeniería de la UNESP, Ilha Solteira, utilizando los huevos de las gallinas ponedoras Lohmann entre 24 y 38 semanas de edad alojadas en jaulas de alambre galvanizado (100 x 60 x 40 cm). El clima de la región, representada por Ilha Solteira, según la clasificación de Köppen, es Aw, definida como tropical húmedo con lluvias en verano y seco en invierno, con una temperatura media anual de 24,5 ° C, precipitación media anual de 1232 mm y la humedad relativa media anual de 64,8%. El experimento fue realizado durante el verano, con una temperatura máxima registrada de 40 ° C y una humedad relativa máxima del 98%, los niveles considerados normales para la época (verano) y locales. Para evaluar la aplicabilidad del concepto de equilibrio de electrolitos sobre la calidad de huevos almacenados, 288 gallinas ponedoras Lohmann con 24 semanas de edad fueron distribuidas en un diseño completamente al azar en un factorial 4 x 3 (balance electrolítico 4 - BE y electrolíticos relación a - ER), con un total de 12 tratamientos con 4 repeticiones de 6 gallinas cada uno. Los cuatro BE evaluados fueron de 140, 210, 280 y 350 mEq.kg⁻¹ obtenidos teniendo en cuenta la ecuación $K^+ + Na^+ - Cl^-$. Las RE utilizadas fueron de 2:1, 3:1, 4:1, considerando la ecuación $(K + Cl) \cdot Na^{-1}$. Para la formulación de dietas con distintos balances electrolíticos fueron utilizados distintas concentraciones de sodio, potasio y cloruro, en raciones isoenergéticas (2800 kcal . kg⁻¹), isoproteicas (16,5% PC), isocalcium (4,02% de Ca), isophosphorica (0,30% de P disponible) y isoaminoacid (0,83% de lisina, 0,73% de metionina y cistina y 0,61% de treonina 0,61%), pero variando los niveles de sodio, cloruro y potasio para satisfacer diferentes equilibrio electrolítico y las relaciones de electrolitos. Las dietas se formularon en el Programa Práctico de Formulación de Ración (PPFR), software libre de modelaje no lineal. Para obtener el balances electrolitos se consideró la ecuación $K + Na - Cl$, y para electrolitos relación la ecuación $(K + Cl) \cdot Na^{-1}$. Para hacer frente a las concentraciones de los electrolitos fueron utilizados el cloruro sodio, cloruro de potasio, cloruro de calcio, sulfato de potasio y bicarbonato de sodio. Los huevos fueron analizados por 7 ciclos de 14 días, con análisis llevados a cabo en el día de la puesta y después del almacenamiento durante 7, 14 y 21 días en condiciones de temperatura ambiente. En cada uno de los periodos de almacenamiento se evaluaron 3 huevos por parcela, que fueron identificados individualmente, pesadas, transferidos a las bandejas de pasta de papel y almacenada en las mismas condiciones de humedad y temperatura. Al final de cada período de almacenamiento se obtuvieron los valores de densidad, la unidad Haugh, porcentaje de albúmina, el porcentaje de yema y el porcentaje de cáscara. Los datos se sometieron a análisis de varianza para comprobar los efectos de los factores y en los casos de efecto significativo se realizó o teste del Tukey ($P < 0,05$) y el análisis de regresión (superficie de respuesta) para evaluar los efectos de los factores, de acuerdo con los procedimientos GLM e RSREG del sistema SAS (SAS INSTITUTE, 2000).

Resultados y discusión

Para el porcentaje de yema, porcentaje de albúmina y el porcentaje de cáscara ocurrió una interacción significativa ($P < 0,01$) entre BE y RE, mientras que para la gravedad específica y la unidad Haugh había un efecto significativo ($P < 0,01$) sólo para el BE (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de P, coeficiente de variación y promedios de los parámetros evaluados para diferentes balances electrolitos (BE), electrolitos relación (ER) y tiempo de almacenamiento (TA).

	Densidad específica (g/cm ³)			Unidad Haugh			Porcentaje de yema (%)			Porcentaje de albumen (%)			Porcentaje de cáscara (%)		
BE	0,0016			0,0001			0,0001			0,0001			0,0001		
RE	0,1242			0,0900			0,0752			0,0169			0,0107		
BE x RE	0,1844			0,0940			0,0001			0,0001			0,0003		
TA	0,0001			0,0001			0,0001			0,0001			0,0001		
CV (%)	0,25			13,42			4,67			2,14			3,59		

Balance	Electrolitos Relación																
	2:1			3:1			4:1			2:1			3:1			4:1	
Electrolítico (mEq.kg ⁻¹)	2:1	3:1	4:1	2:1	3:1	4:1	2:1	3:1	4:1	2:1	3:1	4:1	2:1	3:1	4:1		
140	1,070 7 ^{b*}	1,070 7 ^b	1,071 4 ^a	62,4 3 ^a	64,4 6 ^a	64,2 5 ^a	28, 52 aA	27,8 2 ^{bB}	28,2 2 aAB	61, 57 bB	62,3 1 ^{aA}	61,7 2 ^{bB}	9,89 bB	9,86 cB	10,0 6 ^{aA}		
210	1,070 6 ^b	1,070 9 ^b	1,070 9 ^a	60,3 8 ^b	61,1 7 ^a	63,7 3 ^a	28, 51 aA	27,6 9 ^{bB}	28,4 0 ^{aA}	61, 52 bB	62,3 2 ^{aA}	61,7 1 ^{bB}	9,96 baA	9,98 bcA	9,98 aA		
280	1,071 3 ^b	1,071 2 ^{ab}	1,071 1 ^a	60,3 0 ^b	61,0 1 ^b	60,0 4 ^b	28, 01 bA	28,4 2 ^{aA}	27,4 8 ^{bB}	62, 14 aA	61,5 7 ^{bB}	62,4 9 ^{aA}	9,93 abA	10,0 0 ^{bA}	10,0 2 ^{aA}		
350	1,071 1 ^a	1,072 0 ^a	1,071 5 ^a	58,3 4 ^b	60,7 8 ^b	59,1 4 ^b	27, 42 cB	27,7 3 bAB	28,0 2 ^{aA}	62, 53 aA	62,4 9 ^{bA}	61,9 2 ^{bB}	10,0 3 ^{aB}	10,1 8 ^{aA}	10,0 5 ^{aB}		

	Tiempo de almacenamiento (días)				
0 días	1,0899 ^a				
7 días	1,0733 ^b				
14 días	1,0613 ^c				
21 días	1,0600 ^d				

* En la columna (fila) medias con letras minúsculas (mayúscula) se diferencian por el test Tukey ($P < 0,05$).

Como era de esperar, para todas las variables hubo efecto del tiempo de almacenamiento ($P < 0,01$), por lo que el análisis de superficie de respuesta se realizó teniendo en cuenta los efectos de balance electrolítico y el tiempo de almacenamiento en cada una de las electrolitos relaciones. Las Figuras 1, 2 y 3 muestran los gráficos de superficie para los porcentajes de yema, albumen y la cáscara, respectivamente, en todos los casos la representación gráfica hace referencia a electrolitos relación 2:1, y para las relaciones 3:1 y 4:1 sólo son presentadas las ecuaciones (Tabla 2).

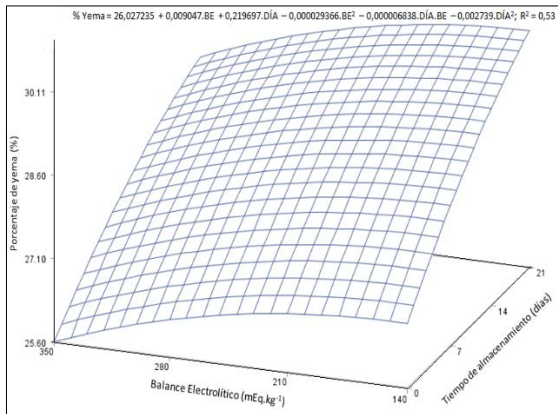


Figura 1. Superficie de respuesta para el porcentaje de yema del comportamiento de balance electrolítico y la de electrolitos relación en diferentes períodos de almacenamiento, en la relación de electrolito 2:1.

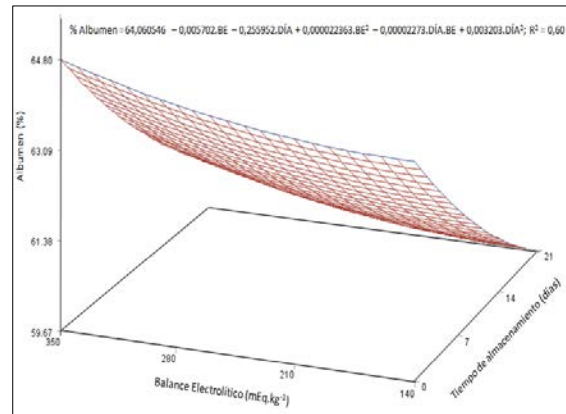


Figura 2. Superficie de respuesta para el porcentaje de albumen del comportamiento de balance electrolítico y la de electrolitos relación en diferentes períodos de almacenamiento, en la relación de electrolito 2:1.

Los gráficos muestran que el tiempo de almacenamiento, independientemente de balance de electrolito afecta negativamente a todos los parámetros, que indican la pérdida en la calidad interna de los huevos, como se evidencia principalmente mediante la reducción del porcentaje de albúmina y el consiguiente aumento en el porcentaje de yema de huevo. Intercambios de gas que se producen durante el almacenamiento de los huevos promueve la pérdida de CO₂ en lo albumen, provocando la licuefacción de la albúmina y la consiguiente disminución en el porcentaje de la albumen, además aumento de la porcentaje de yema y de la cáscara. El análisis de los trazados de contorno proponer que el equilibrio de electrolitos no afectó mucho la calidad interna de los huevos, lo que explica por qué muchos autores como MURAKAMI et al. (2003) y NOBAKTH et al. (2006) indican una amplia gama de equilibrio de electrolitos sin afectar el rendimiento de las aves. Por otra parte la electrolitos relación de 2:1 determinó los mejores resultados para un tiempo de almacenamiento más largo, lo que favoreció el mantenimiento de la calidad interna del huevo.

Independientemente del tiempo de almacenamiento, la densidad específica y la unidad Haugh del huevos vieron poco afectados por las diferentes electrolitos relaciones, mientras el BE mostró un intervalo más estrecho, entre 250 a 350 mEq.kg⁻¹ para la densidad específica (*Figura 4*) entre 140 a 270 mEq.kg⁻¹ para la unidad Haugh (*Figura 5*). Esto demuestra que el cambio en el balance electrolítico poco modifica la respuesta en situaciones de estrés por calor, lo que explica por qué muchos autores informan buen desempeño en situaciones de altas temperaturas cuando se utiliza un límite de BE (MURAKAMI et al. 2003; NOBAKHT et al., 2006 e NOBAKHT et al., 2007). A literatura muestra que la variación de 120-380 mEq.kg⁻¹ en el balance electrolítico no afecta el desempeño de las gallinas ponedoras, pero NOBAKHT et al. (2007) observaron que 360 mEq.kg⁻¹ determina una mejora en la calidad de la cáscara.

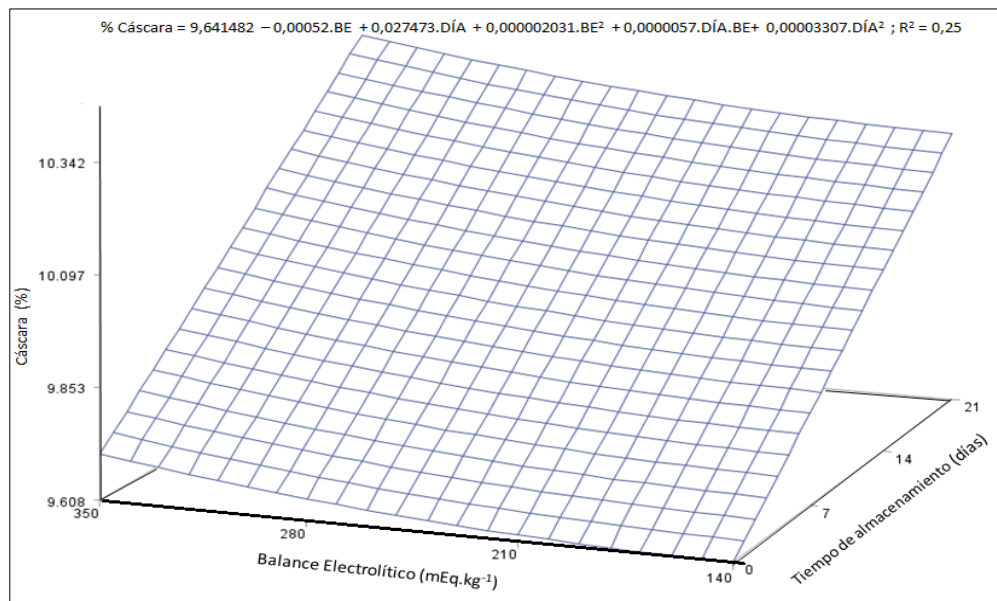


Figura 3: Superficie de respuesta para el porcentaje de cáscara del comportamiento de balance electrolítico y la de electrolitos relación en diferentes períodos de almacenamiento, en la relación de electrolito 2:1.

Tabla 2. Las ecuaciones para las variables dentro de los electrolitos relaciones 3:1 e 4:1.

Variabes	Relación Electrolítica	Ecuaciones	R ²
% de Yema	3:1	% yema = 24,241311 + 0,015885.BE + 0,214995.DIA - 0,000028415.BE ² - 0,000125.DIA.BE - 0,001564.DIA ²	0,38
	4:1	% yema = 27,442877 - 0,011017.BE + 0,248704.DIA - 0,000017947.BE ² + 0,000004275.DIA.BE - 0,00303.DIA ²	0,53
% de Albumen	3:1	% albumen = 66,613724 - 0,021415.BE - 0,235784.DIA - 0,000046404.BE ² - 0,000152.DIA.BE + 0,003529.DIA ²	0,56
	4:1	% albumen = 62,461467 + 0,015903.BE - 0,292912.DIA - 0,000028919.BE ² + 0,000024334.DIA.BE + 0,003109.DIA ²	0,61
% de Cáscara	3:1	% cáscara = 9,464,523 + 0,000065446.BE + 0,033381.DIA + 0,00000345.BE ² - 0,000031902.DIA.BE - 0,000179.DIA ²	0,28
	4:1	% cáscara = 10,011243 - 0,002715.BE + 0,022466.DIA + 0,000005695.BE ² - 0,000003246.DIA.BE + 0,00045.DIA ²	0,29

Día - Tiempo de almacenamiento.

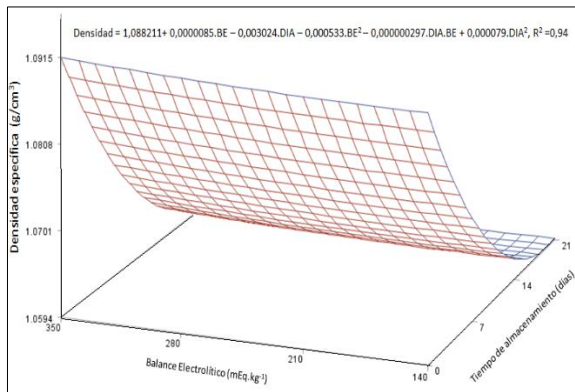


Figura 4. Superficie de respuesta para el densidad específica del comportamiento de balance electrolítico períodos de almacenamiento.

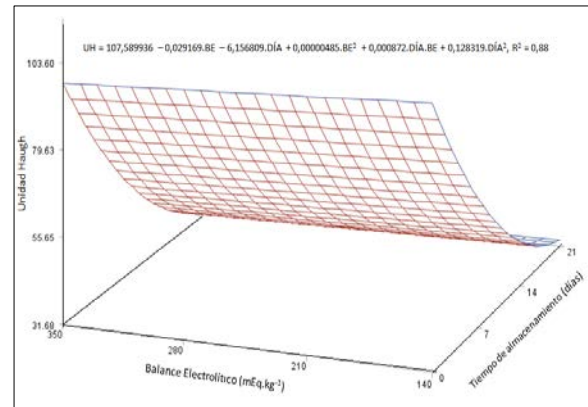


Figura 5. Superficie de respuesta para el Unidad Haugh del comportamiento de balance electrolítico períodos de almacenamiento.

Basado en el análisis de la superficie de respuesta y de acuerdo con los mejores coeficientes de determinación de la ecuación para la densidad específica, se puede inferir que la mejor gama de balance electrolítico en la dieta de las gallinas ponedoras en condiciones de altas temperaturas es entre 250 y 350 mEq.kg⁻¹ y el mejor valor de electrolito relación es a 2:1, o que favorece el mantenimiento de la calidad interna de los huevos almacenados a temperatura ambiente.

Referencias

- BALNAVE, D.; MUHEEREZA, S. K.** Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. *Poultry. Science.*, Savoy, v. **76**, p. 588-593, 1997.
- BORGES, S.A.** Aplicação do conceito de balanço eletrolítico para aves. In: Conferência APINCO 2006 de Ciência e Tecnologia Avícolas, Santos, Anais...,SP, 2006. p. 123-137.
- GONZALES MATEOS, BLAS BEORLEGUI, C.** Nutricion y alimentacion de gallinas ponedoras. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 263p.
- JUDICE, M. P. M.; BERTECHINI, A. G.; MUNIZ, J. A.; RODRIGUES, P. B.; FASSANI, E. J.** Balanço cátião-aniônico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo.. *Ciência e Prática*, Lavras, v. **26**, n.3, p. 598-609, 2002.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; MAIORKA, A.** Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A.A.; NÄÄS, I.A.; MACARI, M. (Eds.). *Produção de frangos de corte*. Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004: 137-155
- MONGIN, P.** Role of acid-base balance in the physiology of egg formation. *World's Poultry Science Journal*. Beekbergen, Netherlands. v.**24**, p. 200-230, 1968.
- MURAKAMI, A. E.; FIGUEIREDO, D. F.; PERUZZI, A. Z.; FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I.** Níveis de sódio para poedeiras comerciais no primeiro e segundo ciclo de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, Viçosa-NG, v. **32**, n.6, p. 1674-1680, 2003.
- NOBAKHT, A.; SHIVAZAD, M.; CHAMANY, M.; SAFAMEHER, A.R.** The Effects of Dietary Electrolyte Balance on Performance of Laying Hens Exposed to Heat - Stress Environment in Late Laying Period. *International Journal of Poultry Science*, v. **5**, n. 10, p. 955-958, 2006.
- NOBAKHT, A.; SHIVAZAD, M.; CHAMANY, M.; SAFAMEHER, A.R.** The Effects of Dietary Electrolyte Balance on the Performance and Eggshell Quality in the Early Laying Period. *Pakistan Journal of Nutrition*, v.**6**, p. 543-546, 2007.
- SAS - STATISCAL ANALYSES SYSTEM Institute Inc.**, SAS, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000.

Apoyo Financiero: FAPESP – 2012/13348-2.