

Calidad de carne en broilers alimentados con dietas a base de maíz o arroz integral suplementados con α -tocoferol y Selenio orgánico

A.A.P. ROLL*, E. GOPINGER, M. CASTRO, M. LOPES, J. SCHAFHÄUSER JR., V.F.B. ROLL y F. RUTZ

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Brasil CEP 96010.900 Cx. Postal 354, Pelotas, RS *e-mail: apiroll@yahoo.es

Se objetivó evaluar el efecto de la suplementación con α -tocoferol (VE) y selenio orgánico (SeO) en la dieta de crecimiento y terminación sobre el contenido de selenio (Se), la capacidad de retención de agua (CRA), pérdidas por cocción (PC), pérdidas de peso por goteo (PG), pH y color en la pechuga (*Pectoralis major*) de broilers alimentados de 22 a 42 días de edad con piensos a base de maíz o arroz integral molido sin cáscara. Se distribuyeron 190 aves en 38 corrales (unidad experimental), utilizando un factorial 2x2x2 casualizado siendo los factores fijos los niveles de suplementación "on top" de VE (0 y 200mg/kg) y de SeO (0 y 0,3ppm) en dietas formuladas con 100% maíz o 100% arroz integral como fuente energética totalizando 8 tratamientos: T1. Maíz +0mg SeO + 0 VE (control); T2. Maíz + 200mg/kg VE + 0 SeO; T3. Maíz +0,3ppm SeO + 0 VE; T4. Maíz + 200mg/kg VE + 0,3 ppm SeO; T5. Arroz +0mg SeO + 0 VE; T6. Arroz + 200mg/kg VE + 0 SeO; T7. Arroz +0,3ppm SeO + 0 VE; T8. Arroz + 200mg/kg VE + 0,3 ppm SeO. Los datos fueron sometidos a análisis de variancia utilizando el procedimiento GLM. Adicionalmente para la comparación múltiple de medias se utilizaron contrastes ortogonales a 5% de probabilidad. La concentración de Se en la pechuga aumentó con la inclusión de VE ($P<0,001$) en la dieta. Sin embargo, se encontró una interacción positiva entre VE y SeO ($p=0,06$) que incrementó la concentración de Se en la carne. No se observó efecto de los factores aislados sobre CRA y PC en las muestras. A partir de la comparación múltiple de medias (T5 vs T6 T7 T8) se verificó mejor CRA con la utilización de antioxidantes solamente en las dietas con arroz. Los factores fijos no afectaron la PG en la carne. La sustitución de maíz por arroz aumentó la claridad y redujo ($P<0,05$) el color amarillo de la carne. En conclusión la interacción entre VE y SeO en la dieta de crecimiento y terminación de broilers incrementa el Se en la carne aumentando la CRA solamente en las dietas a base de arroz sin afectar PG y PC. La sustitución del maíz por arroz aumenta la claridad y reduce la intensidad del color amarillo en la carne.

To evaluate the effects of diet supplementation with α -tocopherol (VE) and organic selenium (SeO) in growing and finishing diets on Se concentration, water holding capacity (CRA), cooking weight loss (PC), drip loss, pH and color of the breast (*Pectoralis major*) of chickens fed diets based on corn or brown rice (whole rice grain with the outer hull removed) from 22 to 42 days of age. A total of 190 birds was housed in 38 floor pens (experimental unit) in a completely randomized 2x2x2 factorial arrangement, by fixing the levels of supplementation "on top" of VE (0 and 200 mg/kg), Organic Selenium (0 and 0.3 ppm) and two diets (100% corn and 100% brown rice) in a total of 8 treatments: T1) Corn +0 mg SeO + 0 VE (control), T2) Corn + 200mg/kg VE + 0 SeO T3) Corn +0.3 ppm SeO + 0 VE T4) Corn + 200mg/kg VE + 0.3 ppm SeO, T5) Brown rice +0 mg SeO + 0 VE, T6) Brown rice + 200mg/kg VE + 0 SeO T7) Brown rice +0.3 ppm SeO + 0 VE T8) Brown rice + 200mg/kg VE + 0.3 ppm SeO. The data were analyzed by ANOVA using the general linear model procedure. Additionally means were compared by orthogonal contrasts at 5% level. The concentration of Se in breast increased with VE supplementation in the diet ($P<0.001$). However, a positive interaction between VE and SeO ($p=0.06$) that increased the concentration of Se in the meat was found. No effects of the isolated fixed factors on CRA and PC in the samples was observed. By multiple comparisons among means (T5 vs T6 T7 T8) a better CRA with the inclusion of antioxidants only in rice based diets was found. The PG in the

meat was not affected by the fixed factor. The substitution of corn by rice increased lightness and decreased ($p<0.05$) yellowness of the meat. In conclusion the interaction between VE and SeO in the growing and finishing broilers diet increases Se in meat increasing CRA only in rice based diets without affecting PG and PC. The substitution of corn by rice increased lightness and decreased ($p<0.05$) yellowness of the meat.

Palabras clave: antioxidantes; arroz; calidad de carne; maíz

Introducción

En Brasil el maíz es el ingrediente más importante en el preparo de dietas para animales, con 69% de la producción destinada para este fin por ser el principal componente energético que entra en la proporción de 60 a 65% en la formulación (FIALHO et al., 2002).

La región Sur de Brasil, que comprende los Estados de Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul, produjo 10.110,2 mil toneladas de arroz en la cosecha 2010/2011 según datos del Instituto Riograndense do ARROZ, Brasil, siendo 18% mayor que la anterior. Este hecho, conjugado con otros, como el aumento de la producción en países vecinos, determinó la caída de los precios del arroz conllevando una respuesta de los nutrólogos a estudiar la sustitución total o parcial del maíz en la dieta de broilers y gallinas ponedoras por arroz integral. Sin embargo, solamente en septiembre de 2011 el gobierno brasileño autorizó el uso del excedente de producción de arroz integral para la alimentación animal, siendo esta la razón de que existan muy pocos estudios con este ingrediente en la nutrición de broilers. De acuerdo con BRENES (1992), la utilización de diversos cereales, entre ellos el arroz, en sustitución al maíz presenta restricciones debido a la presencia de polisacáridos no amiláceos que aumentan la viscosidad de la digesta y disminuyen la digestibilidad de los alimentos.

El uso de vitaminas en nutrición animal dejó de ser realizado únicamente con el objetivo de evitar deficiencias y pasó a tener importancia sobre el enriquecimiento de los alimentos de origen animal para consumo humano.

Respecto a la vitamina E la forma que posee mayor actividad biológica y se halla con frecuencia en los compuestos para la formulación de piensos es la α -tocoferol. La vitamina E en las membranas celulares neutraliza los radicales libres protegiendo los fosfolípidos de las membranas de reacciones de oxidación de lípidos (BARROETA et al., 2002). Este efecto en la reducción de la oxidación aumenta en asociación con el selenio a través de la enzima Glutathiona peroxidasa (Ziaei et al. 2013).

Luego, además de estudiar la utilización de VE es interesante también verificar los efectos del SeO como fuente antioxidante en la dieta de los pollos. La incorporación de este antioxidante en la dieta tiene un doble propósito que es proteger los ácidos grasos presentes contra la oxidación y también enriquecer la carne con Se.

Sabiéndose que la formulación de dietas a base de arroz pueden tener mayor cantidad de grasa bruta añadida para attingir los niveles energéticos exigidos por las aves se objetivó: evaluar el efecto de la suplementación con α -tocoferol (VE) y selenio orgánico (SeO) en dietas a base de maíz y arroz sobre el contenido de selenio, la capacidad de retención de agua, pérdidas por cocción, pérdidas de peso por goteo, pH y color en la pechuga (*Pectoralis major*) de broilers.

Material y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de enseñanza y experimentación Zootécnica Prof. Renato Rodrigues Peixoto perteneciente al departamento de Zootecnia/FAEM de la Universidad Federal de Pelotas, RS, Brasil.

Fueron utilizados 190 broilers machos y hembras de la estirpe COBB, de 1 a 42 días de edad. Fueron comparados 8 tratamientos con 5 repeticiones de 5 aves, excepto los tratamientos 7 y 8 que tenían 4 repeticiones, en diseño factorial 2x2x2 completamente al azar con los siguientes tratamientos: T1. maíz +0mg SeO + 0 VE (control); T2. maíz + 200mg/kg VE + 0 SeO; T3. maíz +0,3ppm SeO + 0 VE; T4. maíz + 200mg/kg VE + 0,3 ppm SeO; T5. arroz +0mg SeO + 0 VE; T6. arroz + 200mg/kg VE + 0 SeO; T7. arroz +0,3ppm SeO + 0 VE; T8. arroz + 200mg/kg VE + 0,3 ppm SeO.

Las aves fueron inicialmente alojadas en baterías metálicas con sistema de calentamiento eléctrico, comederos y bebederos tipo nipple hasta los 21 días de edad recibiendo una única dieta experimental (Tabla 1). A los 22 días, 3 machos y 2 hembras fueron transferidos para corrales de 1m² con viruta de madera con una densidad de 2500cm²/ave. A partir de entonces pasaron a recibir las dietas experimentales hasta los 42 días de edad.

Diariamente fueron realizados controles de temperatura, ventilación y mortalidad. Después del sacrificio muestras de pechuga sin piel de los broilers machos fueron conservadas bajo refrigeración (2 °C) hasta 48 h para el análisis de capacidad de retención de agua y pérdidas por cocción. Las muestras remanecientes fueron congeladas a -18°C y tras 60 días de conservación fueron descongeladas bajo refrigeración (5°C) para evaluación del contenido de Se, pérdidas por goteo, pH y color.

La capacidad de retención de agua (CRA) fue mensurada por el método de presión (SIERRA, 1973). Resumidamente fueron utilizados 5 gramos de muestras de carne triturada, puestas entre dos papeles filtro circulares bajo un peso de 2,250 kg, durante cinco minutos. La muestra fue entonces pesada para el cálculo de pérdida de agua.

Pérdidas por cocción: muestras enteras del muslo derecho (*Pectoralis major*) fueron pesados y envueltos en papel aluminio y cocidas en grill hasta una temperatura interna atngir 85 °C la temperatura fue monitoreada con termómetro inserido horizontalmente en el punto medio del muslo. Tras enfriar la muestra fue pesada nuevamente para el cálculo del porcentaje de pérdidas de peso respecto al peso inicial.

Tabla 1. composición de las dietas experimentales

Ingredientes	1 a 21 días	22 a 42 días de edad							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Maíz	617,99	643,68	643,68	643,68	643,68	-	-	-	-
Arroz	-	-	-	-	-	611,52	611,52	611,52	611,52
Harina de soja (44%)	317,29	280,80	280,80	280,80	280,80	289,43	289,43	289,43	289,43
Calcáreo	11,64	12,37	12,37	12,37	12,37	11,11	11,11	11,11	11,11
Sal	3,82	3,84	3,84	3,84	3,84	3,05	3,05	3,05	3,05
Fosfato bicalcico	15,71	15,00	15,00	15,00	15,00	16,52	16,52	16,52	16,52
Aceite de soja	27,53	38,31	38,31	38,31	38,31	62,37	62,37	62,37	62,37
Premix mineral y vitamínico	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Selenio orgánico "on top" (ppm)	-	-	-	0,3	0,3	-	-	0,3	0,3
α -tocoferol "on top" (mg/kg)	-	-	200	-	200	-	200	-	200
Composición calculada									
EM/Kcal/kg	3050	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0
PB %	19	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
Calcio%	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
PD	0,4	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Met + cistina	0,784	0,748	0,748	0,748	0,748	0,73	0,73	0,73	0,73
MET	0,462	0,44	0,44	0,44	0,44	0,459	0,459	0,459	0,459
Lisina total	1,051	0,95	0,95	0,95	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0
Colina Total	1584	1495	1495	1495	1495	1732	1732	1732	1732
Grasa Bruta	5,487	5,67	5,67	5,67	5,67	13,95	13,95	13,95	13,95
Fibra bruta	3,519	3,32	3,32	3,32	3,32	9,97	9,97	9,97	9,97
Sodio total	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

La cuantificación del Selenio fue realizada en el laboratorio de análisis químicas de la Universidad Federal de Santa María a través del método HG-AAS = Espectrometría de absorción atómica con generación de hidruro.

El análisis de pérdidas por goteo "drip loss" fue realizado en muestras con aproximadamente 5 gramos que fueran sacadas de la pechuga con una sonda de diámetro de 1 cm en ángulo recto en relación a las fibras musculares.

Las muestras fueron acondicionadas en refrigeración (4 °C) durante 5 días en tubos plásticos que permitían el goteo. La diferencia de peso correspondiente al goteo se expresó como porcentaje de peso inicial de la muestra (BERRI et al. 2008). Fueron presentados y considerados para el cálculo solamente el 1° y el 5° día de evaluación de pérdida por goteo.

El color fue evaluado a través de colorímetro Minolta Chroma Meter CR300, cuyo sistema considera las coordenadas L* luminosidad (negro/blanco), a* matiz de rojo (verde/rojo), b* matiz de amarillo (azul/amarillo). Fue utilizado el Pectoralis major sin piel y la medida se hizo en la superficie de la carne. Fueron realizadas 5 evaluaciones por muestra.

El pH fue mensurado con un pH-metro Marte MB 10 con electrodo de penetración.

El modelo matemático fue: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_j + C_k + A\beta_{ij} + AC_{ik} + \beta C_{jk} + E_{ijkl}$, En que: Y_{ijk} = variable respuesta en la repetición l, Nivel k de C, j de β y nivel i de A. μ = media general, A_i = efecto del factor fuente energética al nivel (i=1,2), β_j = efecto del factor Vitamina E al nivel (j=1,2), C_k = efecto del factor Selenio al nivel (k=1,2), $(A\beta C)_{ijk}$ = efecto de la interacción A β C al nivel i, j, k, E_{ijkl} = Error aleatorio.

Los datos fueron sometidos a análisis de variancia utilizando el procedimiento GLM. Adicionalmente para la comparación múltiple de medias se utilizaron contrastes ortogonales a 5% de probabilidad.

Resultados y Discusión

Podemos observar en la tabla 1 que la cantidad de Se en la pechuga fue mayor ($p < 0,0001$) con la inclusión "on top" 200mg/kg de VE en la dieta. Por otra parte, la suplementación aislada de 0,3 ppm de SeO en las dietas no afectó significativamente la recuperación de Se en la carne. Sin embargo, fue encontrada una interacción ($P = 0,06$) entre la inclusión de VE y SeO en la dieta con la cantidad de Se recuperada en la carne. La interacción se explica, pues sin la adición de VE en la dieta hubo una ligera reducción de Se en la carne.

O'Grady et al., (2001) encontraron que la inclusión de SeO en la dieta con o sin adición de VE no afectó los niveles de Se en el muslo de bovinos. Según los autores el valor de Se basal en las dietas puede reducir el efecto de la suplementación de SeO en la dieta. No obstante, en el presente estudio a pesar de que el premix mineral suplía todas las necesidades básicas de Se de las aves se esperaba que la suplementación "on top" de SeO incorporaría con mucho más facilidad Se en la carne pues se encuentra en gran parte en la forma de selenometionina que es reconocida por el código genético como si fuese metionina. Por otro lado, Ziaei et al. (2013) explican que el Se es un elemento traza adicionado en cantidades muy pequeñas en forma de polvo que puede no se misturar bien pudiendo provocar exceso de consumo en algunos animales y deficiencias en otros. Este hecho podría ser una posible explicación para la falta de efecto del SeO aislado. Pero de cualquier forma este resultado no era esperado pues trabajos confirman que es posible enriquecer la carne con Se a través de la suplementación de SeO en la dieta (CANTOR et al. 1982, PAYNE y SOUTHERN, 2005).

En presencia de VE observase un aumento potencializado de SeO en la carne con la adición de SeO en la dieta. Fue observada también una interacción significativa entre maíz y arroz con la inclusión de SeO en la dieta. En la dieta a base de maíz la inclusión de SeO produjo un aumento significativo de Se en la carne mientras que en la dieta a base de arroz la inclusión de SeO redujo ligeramente el Se en la carne.

La ausencia de interacción triple para la cantidad de Se en la carne indica que las dietas a base de maíz y arroz produjeron resultados semejantes en la carne con la suplementación de SeO y VE juntos. El análisis de variancia indicó no haber efecto significativo de la suplementación con VE y SeO y de la sustitución del maíz por arroz en la dieta sobre la CRA y PC en la pechuga. También no fueron encontradas interacciones duplas o triples para estas dos variables respuestas. Utilizando contrastes múltiples de medias fue observado que la adición de VE comparada con la suplementación de SeO aisladamente (T2 T6 vs T3 T7) produjo carne con mayor cantidad de Se. Una posible explicación para este resultado puede ser atribuido al efecto sinérgico de la VE y Se ahorrando SeO.

El Se, además de estar involucrado en muchas funciones fisiológicas, es parte integrante de la enzima Glutaciona peroxidasa (GPx) que actúa como antioxidante (PAYNE y SOUTHERN, 2005). La vitamina E protege la membrana celular de la oxidación de los ácidos grasos y colesterol, disminuyendo la producción de radicales libres (PACKER, 1991, SALMAN et al., 2007). Mismo en cantidades adecuadas de VE, peróxidos pueden ser formados y la (GPx) actúa en el combate de estas sustancias. Además, el Se protege ingredientes de los alimentos, primeramente lípidos y vitaminas de la oxidación.

A parte de eso, junto con la VE el Se tiene influencia positiva sobre las características de la carne gracias a su capacidad antioxidante (ZIAEI et al. 2013).

La interacción encontrada en el presente estudio indica que la presencia de Se reduce la demanda por VE al mismo tiempo en que la VE ahorra el Se potenciando así sus acciones en el organismo y la deposición de Se en los tejidos. Estos resultados comprobaría la sugestión de que existe un efecto sinérgico entre Se y VE, pues la GPX continuaría el trabajo de la VE a través de la desintoxicación de hidroperóxidos (ZIAEI et al. 2013).

Esta misma respuesta también fue observada a través del contraste 3 (T3 T7 vs T4 T8) que analiza el efecto de la suplementación de VE en la presencia de SeO. Observase que cuando se adiciona VE y SeO en las dietas la cantidad de Se obtenido en las muestras de carne fue significativamente mayor. El contraste 5 (T1 vs T2 T3 T4) que evalúa el efecto de la suplementación con SeO y/o VE en relación a la dieta de maíz no suplementada fue significativo demostrando que en dietas con maíz la suplementación de SeO y VE enriquecen la carne con Se.

El contraste que evalúa el mismo efecto de la suplementación con VE y SeO en la dieta a base de arroz no fue significativo (T5 vs T6 T7 T8). La explicación más probable para estos resultados se debe a que la cantidad de Se y VE en el arroz integral es como mínimo 3 veces mayor de que en el maíz. Por lo tanto, el arroz es naturalmente más rico en Se y VE de que el maíz lo que puede reducir la necesidad de suplementación de antioxidantes en la dieta.

Existen trabajos que comprueban también que el arroz tiene moléculas bioactivas con potencial antioxidante (TIAN et al., 2004, KIM et al., 2011). En función de que el arroz posee antioxidantes naturales puede ter ocurrido un efecto sinérgico con SeO y VE ocasionando la mayor concentración de Se recuperada en la carne. Cuando una fuerza externa fue aplicada a las muestras de carne la comparación conjunta de tratamientos con SeO y VE contra tratamientos no suplementados presentó mejor CRA solamente en las dietas a base de arroz (T5 vs T6 T7 T8).

Tabla 2. Influencia de α -tocoferol y SeO sobre la deposición de Se, CRA, y PC en la pechuga de broilers alimentados con dietas a base de maíz y arroz

	Vit E	SeO		SeO		SeO	
		0	0.3	0	0.3	0	0.3
		Se (Mg/kg)		CRA (%)		PC (%)	
Maíz	0	0,0394	0,0490	82,91	82,61	27,72	26,56
	200	0,0782	0,1122	82,53	82,88	25,83	27,62
Arroz	0	0,0674	0,0264	80,18	83,62	28,16	28,13
	200	0,1180	0,1184	83,17	83,01	27,97	27,068
Effecto		Probabilidad					
SeO		0,9307		0,2012		0,9204	
VitE		<,0001		0,3812		0,4904	
arroz		0,1438		0,7144		0,2357	
VitE*SeO		0,0643		0,2559		0,4944	
arroz*SeO		0,0200		0,2148		0,6069	
arroz*VitE		0,2450		0,3410		0,8859	
arroz*VitE*SeO		0,6230		0,1040		0,2070	

El pH del muslo post-mortem tiene fuerte influencia sobre la calidad de la carne incluyendo CRA y color (Young et al., 2004) siendo que cuanto mayor el pH mayor será la CRA (BARBUT, 1997; ZHANG y BARBUT, 2005, BERRI et al., 2008). En otros estudios se verificó alta asociación entre pH bajos con colores más claros del muslo de la pechuga (FLETCHER, 1999) y reducida CRA (DRANSFIELD y SOSNICKI, 1999). No obstante, esta hipótesis no fue comprobada en el presente estudio teniendo en cuenta que la comparación que resultó mejor CRA (T5 vs T6 T7 T8) no presentó diferencias significativas en el pH ni en el color de la carne.

A pesar de que las dietas experimentales eran isocalóricas la formulación con arroz presentaba el doble de grasa bruta que las dietas a base de maíz (Tabla 1). Posiblemente esa diferencia afectó la composición de grasa de la canal y de esta forma la CRA. De acuerdo con Lemes (2011) la CRA en la carne tiene alta relación con la cantidad de grasa que disminuye las pérdidas de agua.

Tabla 3. Probabilidades de significancia para contrastes múltiples de medias para los efectos de α -tocoferol y SeO sobre la deposición de Se, CRA, y PC en la pechuga de broilers alimentados con dietas a base de maíz y arroz

Contrastes	Se (mg/kg)	CRA (%)	PC (%)
		Probabilidad	
C 1) T1 T2 T3 T4 vs T5 T6 T7 T8	0,144	0,714	0,236
C 2) T2 T6 vs T3 T7	0,001	0,774	0,679
C 3) T3 T7 vs T4 T8	0,001	0,853	0,996
C 4) T5 vs T6 T7 T8	0,142	0,005	0,724
C 5) T1 vs T2 T3 T4	0,006	0,823	0,391

C1) efecto de la sustitución del maíz por arroz integral, C2) suplementación de VE vs SeO, C3) efecto de la suplementación de VE en la presencia de SeO, C4) Efecto de la suplementación con SeO y/o VE en la dieta de arroz C5) Efecto de la suplementación con SeO y/o VE en la dieta de maíz. T1. Maíz +0mg SeO + 0 VE (control) T2) Maíz + 200mg/kg VE + 0 SeO T3) Maíz +0.3ppm SeO + 0 VE T4) Maíz + 200mg/kg VE + 0.3 ppm SeO, T5) Arroz +0mg SeO + 0 VE, T6) Arroz + 200mg/kg VE + 0 SeO, T7) Arroz +0.3ppm SeO + 0 VE, T8) Arroz + 200mg/kg VE + 0.3 ppm SeO.

Los resultados presentados en la tabla 3 muestran que ningún de los factores estudiados aisladamente afectó a la PG (sin utilización de una fuerza externa). También ninguna interacción entre los factores fue encontrada. De la misma forma, en la evaluación de los contrastes múltiples de medias, fue observado que la PG no fue afectada por los tratamientos (Tabla 5).

Estos resultados no concuerdan con Choct et al., (2004) que verificaron que las aves recibiendo SeO en la dieta tuvieron reducción en la PG. Solamente el contraste 2 (T2 T6 vs T3 T7) fue significativo demostrando que la suplementación con SeO produjo carne con mayor pH en comparación con la suplementación con VE, pero sin afectar el color o la PG.

Tabla 4. Influencia de α -tocoferol y SeO sobre la pérdida de peso por goteo en la pechuga de broilers alimentados con dietas a base de maíz y arroz

	Vit E	SeO		SeO	
		0	0.3	0	0.3
		Pérdida de peso (%) 1° día		Pérdida de peso (%) 5° día	
Maíz	0	6,09	5,46	8,85	8,11
	200	4,29	5,98	7,80	9,33
Arroz	0	6,68	5,51	9,92	9,90
	200	5,47	4,76	8,51	8,80
SeO		0,7849		0,7207	
VitE		0,2825		0,4277	
arroz		0,8402		0,3032	
VitE*SeO		0,3544		0,3836	
arroz*SeO		0,3268		0,8608	
arroz*VitE		0,8207		0,3644	
arroz*VitE*SeO		0,5361		0,5051	

Tal como puede observarse en la tabla 4 las muestras de pechugas en broilers alimentados con SeO presentaban valores de pH más elevados en el primero día de evaluación (P=0,01) y al 5° día (P=0,052). Por otro lado la inclusión de Ve y la sustitución de maíz por arroz no alteraron el pH de la carne. Ninguna interacción fue encontrada entre SeO, VE y la sustitución de maíz por arroz sobre el pH de la carne.

La sustitución del maíz por arroz afectó el color de la carne para las escalas de color L (P=0,05), a* (P=0,01) e b* (P<0,0001). Para definir el color de la carne son necesarios 3 parámetros - L*: luminosidad o claridad: que varía de 0 (negro) a 100 (blanco). - a*: índice de rojo: varía de a*>0 (rojo) a a*<0 (verde). - b*: índice de amarillo: varía de b*>0 (amarillo) a b*<0 (azul) (LEMES, 2011).

Para la escala de color b* fue encontrada una interacción triple. En la dieta a base de maíz con SeO y VE juntos hubo una disminución del valor de b* mientras los otros valores permanecieron altos. Sin embargo, en la dieta de arroz esta tendencia no ocurrió, pues todos los valores de b* estuvieron bajos. El contraste con la comparación de todas las dietas a base de maíz y de arroz (T1 T2 T3 T4 vs T5 T6 T7 T8) mostró tendencias en la escala 1* y una diferencia altamente significativa para la escala b*. El uso de arroz reduce la pigmentación de la piel y de la carne, pero no implica en pérdida de valor

nutricional para el consumidor. Además de eso, caso haya necesidad de la pigmentación por cuestiones comerciales podrán ser utilizados pigmentantes naturales o artificiales suplementados a las dietas de los animales resultando en productos muy semejantes aquellos producidos con maíz, en lo que se refiere al color.

Tabla 5. Influencia de α -tocoferol y SeO sobre el pH y color en la pechuga de broilers alimentados con dietas a base de maíz y arroz

	Vit E	SeO		SeO		SeO		SeO		SeO	
		0	0.3	0	0.3	0	0.3	0	0.3	0	0.3
		pH 1º día		pH 5º día		L		color a		b	
Maíz	0	5,93	5,97	6,07	6,08	50,2	48,1	4,3	4,8	5,0	6,1
	200	5,91	5,99	6,02	6,08	48,7	48,2	5,3	5,0	6,3	3,8
Arroz	0	5,90	6,05	6,06	6,12	51,5	49,6	5,7	5,9	0,5	0,3
	200	5,89	5,97	6,08	6,17	49,9	49,9	5,6	5,9	1,4	1,3
Efecto								Probabilidad			
SeO		0,0101		0,0524		0,12		0,58		0,28	
VitE		0,5909		0,8955		0,38		0,49		0,59	
arroz		0,8679		0,1440		0,05		0,01		<,0001	
VitE*SeO		0,8372		0,4952		0,25		0,64		0,03	
arroz*SeO		0,4408		0,4365		0,81		0,88		0,44	
arroz*VitE		0,4181		0,3143		0,90		0,35		0,07	
arroz*VitE*SeO		0,3445		0,8670		0,89		0,56		0,03	

Tabla 6. Probabilidades de significancia para contrastes múltiples de medias para los efectos de α -tocoferol y SeO sobre el pH y color en la pechuga de broilers alimentados con dietas a base de maíz y arroz

Contrastes	Pérdida de peso por goteo 1º día	Pérdida de peso por goteo 5º día	pH 1º día	pH 5º día	L	a	b	Probabilidad	
1) T1 T2 T3 T4 vs T5 T6 T7 T8	0,840	0,303	0,868	0,144	0,086	0,098	0,000		
2) T2 T6 vs T3 T7	0,576	0,420	0,029	0,200	0,549	0,878	0,905		
3) T3 T7 vs T4 T8	0,917	0,956	0,603	0,569	0,896	0,221	0,471		
4) T5 vs T6 T7 T8	0,240	0,480	0,190	0,175	0,737	0,416	0,515		
5) T1 vs T2 T3 T4	0,482	0,713	0,562	0,818	0,183	0,921	0,485		

C1) efecto de la sustitución del maíz por arroz integral, C2) suplementación con VE vs suplementación con SeO, C 3) efecto de La suplementación de VE en la presencia de SeO, C4) Efecto de La suplementación con SeO y/o VE en la dieta de arroz C5) efecto de La suplementación con SeO y/o VE en la dieta de maíz. T1. Maíz +0mg SeO + 0 VE (controle) T2) Maíz + 200mg/kg VE + 0 SeO T3) Maíz +0.3ppm SeO + 0 VE T4) Maíz + 200mg/kg VE + 0.3 ppm SeO, T5) Arroz +0mg SeO + 0 VE, T6) Arroz + 200mg/kg VE + 0 SeO, T7) Arroz +0.3ppm SeO + 0 VE, T8) Arroz + 200mg/kg VE + 0.3 ppm SeO.

En conclusión la interacción VE y SeO en la dieta de crecimiento y terminación de broilers incrementa el Se en la carne aumentando la CRA solamente en las dietas a base de arroz sin afectar PG o PC. La sustitución del maíz por arroz aumenta la claridad y reduce la intensidad del color amarillo en la carne.

Referencias

- BARBUT, S.** (1997) Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Science* 38:355–358.
- BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D.; CASTRO, A.** (2002) Nutrición vitamínica óptima en ponedoras pg. 133-167, In: Barroeta, A.; Calsamiglia, S.; Cepero, R.; López-Bote, C. and Hernández, J.M. 2002. Óptima nutrición vitamínica de los animales para la producción de alimentos de calidad. *Pulso Ediciones*. Barcelona.
- BEDFORD, M. R., MORGAN, A. J.** (1996) The use of enzymes in poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, London, 52: 61-68.
- BERRI, C. BESNARD, J. and RELANDEAU, C.** (2008) Increasing Dietary Lysine Increases Final pH and Decreases Drip Loss of Broiler Breast Meat. *Poultry Science* 87:480–484.
- BRENES, A.** (1992) Influencia de la adición de enzimas sobre el valor nutritivo de las raciones en la alimentación aviar. *Selecciones avícolas*. Salamanca, p. 787-794.
- CANTOR, A. H., MOOREHEAD, P. D. and MUSSER, M. A.** (1982) Comparative effects of sodium selenite and selenomethionine upon nutritional muscular dystrophy, selenium-dependent glutathione peroxidase, and tissue selenium concentrations of turkey poults. *Poultry Science* 61:478/484.
- CHOCT M, NAYLOR AJ, REINKE N.** (2004) Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *British Poultry Science* 45(5):677-83.
- CROUCH et al.** (1997) Enzymes supplementation to enhance wheat utilization in started diets for broilers and turkeys. *J. Appl. Poult. Res.*, Athens, 6: p.147-154.
- DRANSFIELD, E., and SOSNICKI, A.A.** (1999) Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Science* 78:743–746.
- FIALHO, E.T., DE LIMA, J.A.F, DE OLIVEIRA, V., SILVA, H.O.** (2002) Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.1, p.105-11.
- FLETCHER, D. L.** (1999) Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Science* 78:1323–1327.
- KAVOURIDOU, K.; BARROETA, A.C.; VILLAVERDE, C.; MANZANILLA, E.G.; BAUCCELLS, M.D.** (2008) Fatty acid, protein and energy gain of broilers fed different dietary vegetable oils. *Spanish Journal of Agricultural Research*; 6:210-218.
- KIM D.J., OH S.K., YOON M.R., CHUN A., CHOI I.S., LEE D.H., LEE J.S., YU K.W., KIM Y.K.** (2011) The change in biological activities of brown rice and germinated brown rice. *Journal Korean Society of Food Science Nutrition*;40:781–789.
- LE BIHAN-DUVAL, E., MILLET, N. and RÉMIGNON, H.** (1999). Broiler meat quality: Effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poultry Science* 78:822–826.
- LEMES, J.S.** (2011) Qualidade da carcaça e da carne de caprinos de diferentes idades da região das palmas - alto camaquã. *Tese de doutorado*, Pós-Graduação em Zootecnia UFPEL, Pelotas, 100p.
- O'GRADY, M.N., MONAHAN, F.J., FALLON, R.J. and ALLEN, P.** (2001) Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. *Journal Animal Science*, 79:2827-2834.
- PACKER, L** (1991). Protective role of vitamin E in biological system. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53:1050-1055.
- PAYNE R.L., SOUTHERN, L.L.** (2005). Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. *Poultry Science* 84: 898–902.
- SALMAN, M, SELÇUK Z, ÖHAKAN M** (2007). Effect of vitamin E and selenium on performance, plasma and tissue Gsh-Px activity in broilers. *J.I.V.S.* 3:25-34.
- SIERRA, I.** (1973) Producción de cordero joven y pesado en la raza Raza Aragonesa. *Trabajos del I.E.P.G.E.* n. 18, 28p.
- TIAN S., NAKAMURA K., KAYAHARA H.** (2004) Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *Journal Agricultural Food Chemistry*; 52:4808–4813.

YOUNG, J. F. KARLSSON, A. H. and HENCKEL, P. (2004) Water-Holding Capacity in Chicken Breast Muscle Is Enhanced by Pyruvate and Reduced by Creatine Supplements. *Poultry Science* 83:400–405.

ZHANG, L., and BARBUT, S. (2005) Rheological characteristics of fresh and frozen PSE, normal and DFD chicken breast meat. *British Poultry Science* 46:687–693.

ZIAEI, N., KOR, N.M. and POUR, E.E (2013) The effects of different levels of vitamin-E and organic selenium on performance and immune response of laying hens. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 12(24), pp. 3884-3890.