

Meat quality in lambs supplemented with three concentrations of zinc in an energy diet

Calidad de la carne en corderos suplementados con tres concentraciones de zinc en una dieta energética

Lira-Casas, Raymundo¹; Ramírez-Briebesca J. Efrén¹; Rayas-Amor, Adolfo A.²; Díaz-Ramírez, Mayra²; León-Espinosa Erika B.²; Jiménez-Guzmán, Judith²; Fabela-Morón, Miriam F.²; Cruz-Monterrosa, Rosy G.^{2*}

¹Colegio de Postgraduados. Programa de Ganadería. Campus Montecillo. ²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Av. de las Garzas No. 10, Col. El Panteón, Municipio Lerma de Villada, Estado de México, C.P. 52005.

*Autor para correspondencia: r.cruz@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of three doses of Zn supplemented in the diet on the quality and concentration of Zn in meat.

Design/methodology/approach: Three doses of Zn were supplemented: a) 21 mg Zn/Kg of dry matter (DM) comes only from the diet, b) Zn80 (diet (a) + ZnSO₄) and c) Zn400 (diet (a) + ZnSO₄). Twelve Katahdin breed lambs randomly distributed into three groups, with a weight of 29.72±2.16 Kg and an age of 9±1 months. The DM consumed was restricted for all lambs to 718.62±10.84 g.

Results: The luminosity of the *psaos major* muscle was Zn21=36.50, Zn80=38.14 and Zn400=35.35 (quadratic effect, P<0.01). The redness of the *psaos major* muscle was between 18.81 to 19.72 and the intensity of the yellow color was from 3.63 to 3.82. The pH of the *gracilis* and *psaos major* muscles were 6.21 and 6.91. There were no differences in pH, luminosity and hardness. The water retention capacity of the *gracilis* muscle was Zn21=63.68%, Zn80=65.32% and Zn400=83.80% (linear effect, P<0.05). The Zn content in the muscle was 180 to 242 mg/kg DM.

Study limitations/implications: The number of lambs per treatment was limited. It is unknown whether high doses of Zn in the diet affect voluntary consumption by animals.

Findings/conclusion: There were no physicochemical changes in the meat with the doses of Zn. The amount of 80 mg/kg of Zn in the diet can be used in lambs for fattening.

Key words: Zinc, dose, lambs, meat quality.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de tres dosis de Zn suplementado en la dieta sobre la calidad y concentración de Zn en la carne.

Diseño/metodología/aproximación: Se suplementaron 3 dosis de Zn: a) 21 mg Zn/Kg de materia seca (MS) proviene solo de la dieta, b) Zn80 (dieta (a) + ZnSO₄) y c) Zn400 (dieta (a) + ZnSO₄). Doce corderos de raza Katahdin distribuidos aleatoriamente en tres grupos, con peso de 29.72±2.16 Kg y edad de 9±1 meses. La MS consumida fue restringida para todos los corderos a 718.62±10.84 g.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 8, agosto. 2020. pp: 13-17.

Recibido: marzo, 2020. **Aceptado:** julio, 2020.

Resultados: La luminosidad del músculo *psaos major* fue $Zn_{21}=36.50$, $Zn_{80}=38.14$ y $Zn_{400}=35.35$ (efecto cuadrático, $P<0.01$). El enrojecimiento del músculo *psaos major* fue entre 18.81 a 19.72 y la intensidad del color amarillo fue de 3.63 a 3.82. El pH de los músculos *gracilis* y *psaos major* fueron de 6.21 y 6.91. No hubo diferencias en el pH, luminosidad y dureza. La capacidad de retención de agua del músculo *gracilis* fue $Zn_{21}=63.68\%$, $Zn_{80}=65.32\%$ y $Zn_{400}=83.80\%$ (efecto lineal, $P<0.05$). El contenido de Zn en el músculo fue de 180 hasta 242 mg/kg BS.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El número de corderos por tratamiento fue limitado. Se desconoce si altas dosis de Zn en la dieta afectan el consumo voluntario de los animales.

Hallazgos/conclusión: No hubo cambios fisicoquímicos en la carne con las dosis de Zn. La cantidad de 80 mg/kg de Zn en la dieta puede ser utilizada en los corderos en engorda.

Palabras clave: Zinc, dosis, corderos, calidad de la carne.

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de zinc (Zn) es un problema relevante de salud para los animales, plantas y humanos (Nielsen, 2012). Hace 53 años que se conoce la deficiencia de Zn y se calcula que afecta alrededor de dos billones de personas en países en vías de desarrollo (Prasad, 2012). Las proteínas están estrechamente relacionadas con el Zn, y el 69% de éstas son consumidas en productos de origen animal (Camilleri *et al.*, 2013), esto indica que el requerimiento de Zn no se cubre, ya que la dieta de los humanos carece de proteínas. El Zn tiene tres funciones principales en las enzimas como catalítica, co-catalítica y estructural (Vallee y Auld, 1993). Se sabe que el Zn es modulador del sistema inmune (Stenberg y Roth, 2015), actúa en la transcripción, transducción y modificaciones post-traduccionales en proteínas, tales como los dedos de Zn (Maret, 2013), además de otras funciones no explicadas, como la formación de complejos con péptidos de actividad protectora y antioxidante durante la digestión (Wang *et al.*, 2015). Factores

como la baja concentración de microelementos minerales, alta concentración de fitatos, fósforo y calcio son causa de deficiencia de Zn (Bel-Serrat *et al.*, 2013). Los requerimientos de Zn en la dieta para corderos en crecimiento es de 20 a 24 mg Zn kg^{-1} de MS (NRC, 2007); este rango es bajo, debido a que el Zn tiene funciones metabólicas indispensables para las bacterias del rumen y del propio animal, considerando que la dieta de los rumiantes contiene agentes quelantes y antagonistas de la absorción del Zn.

En México y en otros países en vías de desarrollo aún prevalece la deficiencia moderada de Zn en las poblaciones urbanas y rurales, debido a un desequilibrio en la dieta diaria que causa deficiencias de micro minerales y sin duda repercute en el desarrollo corporal, reproductivo, inmunológico y cognoscitivo (Rivera-Dommarco, 2012). Existe un estudio donde se evaluaron los niveles de Zn plasmático en las poblaciones urbana y rural, y como resultado, las personas de la población rural absorben menor cantidad de Zn a pesar del mismo consumo que la población urbana (Villalpando *et al.*, 2003). La baja ingestión de Zn no parece ser el único problema que predispone a la deficiencia. La dieta rural se compone en su mayoría de alimentos de origen vegetal, los cuales contienen potentes inhibidores de la absorción de Zn, tales como el ácido fítico, la fibra dietética y el calcio. El fósforo fítico es abundante en los vegetales, y el calcio es elevado en la dieta, principalmente por la tortilla, debido al proceso de nixtamalización del maíz con hidróxido de calcio (Rosado, 1998). Como objetivo del estudio se plantea que aumentar la dosis de Zn en la dieta de los corderos, mejorará el contenido y la biodisponibilidad del mineral en la carne destinada para consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 12 corderos de la raza Katahdin con un peso de 29.72 ± 2.16 Kg, edad de 9 ± 1 mes. Los animales fueron adaptados 21 d antes de iniciar el experimento a las jaulas individuales de 0.62×0.80 m, con piso perforado. Las jaulas permanecieron dentro de la unidad metabólica en el Colegio de Postgraduados (Texcoco, México), Campus Montecillo. Los corderos se vacunaron contra enfermedades clostridiales (Triangle[®] Bac 8 V, Fort Dodge Animal Health, S. de R.L. de C.V.) y fueron tratados contra parásitos internos y externos (Ivomec-F[®] Merial Argentina S. A. y Valbazen[®] 2.5 %, Pfizer, S.A. de C.V.) antes de iniciar el experimento. Los cuidados de los animales durante el experimento

y sacrificio se realizaron de acuerdo a las directrices del Consejo Mexicano sobre Cuidado de los Animales, especificado en la normas NOM-062-ZOO-1999, NOM-051-ZOO-1995 y NOM-033-ZOO-1995 (SENASICA, 2015).

Las dietas experimentales (tratamientos) se muestran en el Cuadro 1. Los corderos de los tres tratamientos se alimentaron con una dieta basal con 11.19 % de PC/kg de MS y 21 mg Zn/kg de MS, a la cual se adaptaron durante 21 días. Los tratamientos fueron Zn21 (con 21 mg Zn kg⁻¹ de MS proveniente de la dieta solamente); Zn80 (con 21 mg Zn kg⁻¹ de MS proveniente de la dieta y la adición de 14 mL de una solución con 8.11 mg de ZnSO₄ monohidratado mL⁻¹); Zn400 (21 mg Zn kg⁻¹ de MS proveniente de la dieta y la adición de 14 mL de una solución con 52.12 mg ZnSO₄ monohidratado mL⁻¹). La MS consumida fue restringida para los borregos a 718.62±10.84 g a lo largo del experimento.

Análisis de laboratorio

Las muestras de carne (músculos *psaos major* y *gracilis*) se descongelaron por la noche a temperatura ambiente. Para determinar la MS parcial, todas las muestras fueron colocadas en contenedores de plástico individuales dentro de una estufa a 60 °C por 3 d, las muestras fueron pesadas antes y después de secarlas. Después de determinar la MS parcial las muestras se molieron y tamizaron con una criba de 1 mm de espesor en un molino (Christy y Norris Ltd., Chelmsford, England[®]). La MS total fue determinada para calcular el porcentaje de MO de la carne y el alimento. Para determinar la MO se colocó 0.1 g de muestra en un crisol dentro de una estufa a 95 °C por 12 h y los residuos se pesaron.

La cuantificación de Zn se realizó con absorción atómica con el equipo Varian SpectrAA 220[®]. Inicialmente se preparó la curva en un rango de 0 hasta 2 mg L⁻¹ en una matriz de H₂O y se leyó a una longitud de onda de 214 nm.

El pH de la carne fue medido 4 h después de matar a los corderos con un potenciómetro pH 1100[®], en los músculos *gracilis* y *psaos major*, y se realizaron tres mediciones por cada muestra.

Cuadro 1. Composición y tratamientos (dieta) para los corderos.

Ingrediente (%)	Tratamientos [mg Zn kg ⁻¹ de MS]		
	21	80	400
Melaza de caña (<i>Sacharum officinarum</i>)	7.13	7.13	7.13
Maíz amarillo	31.59	31.59	31.59
Harina de trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	26.82	26.82	26.82
Aceite de maíz (<i>Zea mays</i>)	1.83	1.83	1.83
Urea	1.38	1.38	1.38
Paja de trigo	12.67	12.67	12.67
Pulpa de cítrico (<i>Citrus sinensis</i>)	15.80	15.80	15.80
Sales minerales totales ^a	2.77	2.77	2.77
Sulfato de Zn mg	0.00	113.59	729.65
Composición nutritiva en base MS			
<i>Energía Neta, Mcal/Kgb</i>			
Mantenimiento	1.82	1.82	1.82
Ganancia	1.21	1.21	1.21
Proteína cruda, (%)	11.19	11.19	11.19
Extracto etéreo, (%)	4.70	4.70	4.70
Fibra detergente neutra, (%)	17.22	17.22	17.22
Calcio, (%)	0.46	0.46	0.46
Fosforo, (%)	0.31	0.31	0.31

^aMicroelementos contenidos en las sales minerales totales: FeSO₄ heptahidratado 0.0128 %, CuSO₄ pentahidratado 0.053 %, CoCl₂ hexahidratado 0.022 %, MnO₂ 0.055 %, Etilendiaminohidroxidide (EDDI) 0.003 %, y Na₂SeO₃ monohidratado 0.005 %.

^bBasado en los valores de los ingredientes individuales tabulados (NRC, 2007).

La dureza de la carne del músculo *gracilis* fue medida dos días después de matar a los corderos. Para esta técnica se utilizó el texturómetro TA-XT2, Texture Technologies[®] y una navaja Warner-Bratzler[®]. Las muestras de carne fueron cortadas en tiras con un espesor de 1 cm de alto y de ancho con una velocidad de corte de 5.0 mm s⁻¹.

Capacidad de retención de agua en la carne: La capacidad de retención de agua fue determinada en 2 g de músculo *gracilis* finamente picado mezclado con 5 mL de una solución de NaCl 0.6 M dentro de tubos Falcon[®]. Las muestras fueron mezcladas con el vortex por 1 min, la mezcla se dejó reposar por 30 min a 4 °C, y después se centrifugó por 15 min a 10,000 rpm y el sobrenadante fue medido con una probeta. El análisis se realizó por triplicado y la cantidad de agua retenida fue calculada y reportada para 100 g de carne.

Para la Colorimetría en la carne, se midió su luminosidad, rojez y amarillez medida con un cromómetro portable Cr-410 Konica Minolta[®], calibrado con un mosaico de referencia L*=94.70, a*=0.31, b*=0.32 y las mediciones se realizaron por triplicado sobre la superficie

del músculo desprovisto de grasa y tejido conjuntivo fibroso.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde los datos fueron sometidos a un análisis de varianza con el procedimiento GLM. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} es la variable respuesta correspondiente al i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición, μ es la media general, τ_i efecto i -ésimo tratamientos, ε_{ij} error experimental del tratamiento i en la repetición j , teniendo en cuenta que $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$. Los efectos experimentales fueron analizados por efectos lineales o cuadráticos con polinomios ortogonales (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de la carne: Los estudios de calidad de la carne fueron realizados en los músculos *psoas major* y *gracilis*. El pH y la reflectancia fue analizada en los dos músculos, pero la capacidad de retención de agua y dureza solo se analizaron en el músculo *gracilis*. Los datos de calidad de la carne se muestran en el Cuadro 2.

El músculo *psoas major* no registró efectos significativos ($P > 0.05$) en los valores del pH, enrojecimiento y amarillamiento. El pH del músculo *psoas major* varió entre 6.21 y 6.91, el enrojecimiento entre 18.81 y 19.72 y el amarillamiento de 3.63 a 3.82. La luminosidad del músculo *psoas major* fue $Zn_{21} = 36.50$, $Zn_{80} = 38.14$ y $Zn_{400} = 35.35$ (Efecto cuadrático, $P < 0.01$). El músculo *gracilis* no tuvo efectos significativos ($P > 0.05$) en el

Cuadro 2. Medias del efecto del consumo de Zn sobre su contenido y calidad de la carne de cordero.

Características	Tratamientos mg/kg Zn			EEM	P value ^a	
	21	80	400		Lineal	Cuadrático
<i>Músculo Psoas major</i>						
pH	6.21	5.91	5.90	0.12	0.11	0.37
Color reflectancia						
Luminosidad	36.507	38.14	35.35	0.49	0.11	<0.01
Enrojecimiento	19.72	19.46	18.81	0.48	0.19	0.74
Amarillamiento	3.62	3.73	3.82	0.50	0.78	0.99
<i>Músculo gracilis</i>						
Ph	6.30	6.22	6.21	0.11	0.64	0.75
Color reflectancia						
Luminosidad	39.27	38.94	38.48	0.70	0.43	0.95
Enrojecimiento	21.97	21.47	19.93	0.72	0.06	0.56
Amarillamiento	3.96	3.62	2.62	0.50	0.07	0.59
CRA ^b	63.68	65.32	83.80	6.06	0.03	0.27
Dureza (Fuerza media kg)	2.36	2.21	2.14	0.09	0.25	0.22
Zn en músculo mg/kg	180.18	219.64	242.59	14.07	0.01	0.64

^aBasado en contrastes ortogonales por tratamiento.

^bCapacidad de retención de agua.

pH, luminosidad, enrojecimiento amarillamiento y dureza de la carne. El pH del músculo *gracilis* varió entre 6.21 y 6.30, la luminosidad de 38.48 a 39.27 El enrojecimiento del músculo *gracilis* varió de 19.93 a 21.97. El amarillamiento del musculo *gracilis* osciló de 2.62 a 3.96 y la dureza de la carne varió de entre 2145.4 a 2362.8 kg. Capacidad de retención de agua del musculo *gracilis* fue $Zn_{21} = 63.68\%$, $Zn_{80} = 65.32\%$ y $Zn_{400} = 83.80\%$ (efecto lineal, $P < 0.05$). El pH promedio del músculo *psoas major* y *gracilis* fue de 6.2. Autores como Karabacak *et al.* (2015) reportaron un pH de 5.56. El pH en la carne fue medido cuatro horas después de haber muerto los corderos, y es una variable que decrece desde 7.1 hasta 5.6 alrededor de las 24 h, y depende de la maduración de la carne (Boles y Pegg, 1999). Para los corderos que fueron alimentados con 80 mg Zn kg^{-1} de MS, la luminosidad del músculo *psoas major* incrementó hasta 38% en comparación a los tratamientos de 21 y 400 mg Zn kg^{-1} de MS. Con el uso de Zn aumentó la capacidad de retención de agua en el músculo *gracilis*. Esto significa que la carne de corderos alimentados con dietas con al menos con 80 mg Zn kg^{-1} de MS, la carne es más jugosa y brillante. Estas dos características que son afectadas por la suplementación de Zn, son virtudes en la aceptabilidad de la carne (Cheng and Sun, 2008).

Respecto al Zn en carne, la concentración en músculo aumentó de 180 a Zinc en músculo: El contenido de Zn en el músculo fue desde 180 hasta 242 mg/kg BS en este estudio. Sin embargo, otros trabajos realizados en los músculos de corderos (Schricker *et al.*, 1982) y bovinos (Valenzuela *et al.*, 2008) reportan cantidades de Zn en los rangos de 28.2-37 y 21.4-53.2 mg/kg BS, respectivamente para cada especie. Estas cantidades de Zn son

muy bajas con lo que se reporta en la presente investigación; aunque ambos estudios no mencionan la cantidad de Zn en las dietas consumidas por estos animales. Por otro lado, Rojas *et al.* (1995) reporta la cantidad de 207 mgZn/kg en músculo, cuando los corderos se alimentaron con una dieta a 360 mg Zn/kg MS. Lógicamente, un alto consumo de Zn en la dieta conlleva a almacenarse más mineral en los tejidos. Lo relevante y poco aclarado en este estudio, fue la cantidad mayor de Zn en músculo con cantidades menores en la dieta. Posiblemente esta mayor acumulación dependió del tiempo de consumo.

CONCLUSIONES

Las dosis de 80 y 400 mg de Zn kg⁻¹ de MS en la dieta, mejoraron la disponibilidad de Zn en carne en comparación al tratamiento con 21 mg de Zn kg⁻¹ de MS en la dieta. El ZnSO₄ resultó una fuente apropiada que mejora la disponibilidad de Zn para los corderos.

LITERATURA CITADA

- Bel-Serrat, S.; Stammers, A.-L.; Warthon-Medina, M.; Moran, V.H.; Iglesia-Altaba, I.; Hermoso, M.; Moreno, L.A. and Lowe, N.M. (2013). Factors that affect zinc bioavailability and losses in adult and elderly populations. *Nutrition Review*. 72, 334–352. doi:10.1111/nure.12105
- Boles, J.A. and Pegg, R. (1999). Meat Color. University of Saskatchewan Department of Applied Microbiology Food Science. Technology Bulletin. Saskatoon. SK.
- Camilleri, M.; Verger, E.O. and Carpentier, F. (2013). Plant and Animal Protein Intakes Are Differently Associated with Nutrient Adequacy of the Diet of French Adults. *Journal of Nutrition*. 143, 1466–1473. doi:10.3945/jn.113.177113.requirements
- Cheng, Q. and Sun, D. (2008). Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products : A Review of Recent Research Advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 48, 37–41. doi:10.1080/10408390601177647
- Karabacak, A.; Aytakin, I. and Boztepe, S. (2015). Fattening performance and carcass characteristics of Akkaraman lambs in different housing systems. *Indian Journal of Animal Research*. 49, 515–522. doi:10.5958/0976-0555.2015.00055.2
- Maret, W. (2013). Zinc Biochemistry : From a Single Zinc Enzyme to a Key Element of Life. *Advances of Nutrition*. 4, 82–91. doi:10.3945/an.112.003038.82
- Nielsen, F.H. (2012). History of zinc in agriculture. *Advances of Nutrition*. 3, 783–789. doi:10.3945/an.112.002881
- NRC. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids, The Nation. ed. Washington, D C.
- Prasad, A.S. (2012). Discovery of human zinc deficiency: 50 years later. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 26, 66–69. doi:10.1016/j.jtemb.2012.04.004
- Rivera-Dommarco, J.A. (2012). Deficiencias de micronutrientes en México: un problema invisible de salud pública. *Salud Pública México*. 54, 101-102. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342012000200001
- Rojas, L.X.; McDowell, L.R.; Cousins, R.J.; Martin, F.G.; Wilkinson, N.S.; Johnson, A.B. and Velasquez, J.B. (1995). Relative bioavailability of two organic and two inorganic zinc sources fed to sheep. *Journal of Animal Science*. 73, 1202–1207.
- Rosado, J.L. (1998). Zinc deficiency and its functional implications. *Salud Publica Mexico*. 40, 181–188.
- Schricker, B.R., Miller, D.D., Stouffer, J.R. (1982). Content of Zinc in Selected Muscles from Beef, Pork, and Lamb. *Journal of Food Science*. 47, 1020. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb12772.x>
- SENASICA. (2015). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [WWW Document]. URL <http://www.senasica.gob.mx/> (accessed 6.8.14).
- Stenberg, P., Roth, B. (2015). Zinc is the modulator of the calcium-dependent activation of post-translationally acting thiol-enzymes in autoimmune diseases. *Medical Hypotheses* 84, 331–335. doi:10.1016/j.mehy.2015.01.022
- Vallee, B.L., Auld, D.S. (1993). Cocatalytic zinc motifs in enzyme catalysis. *Proceedings of National Academic Science. U. S. A.* 90, 2715–2718. doi:10.1073/pnas.90.7.2715
- Valenzuela, C., Letelier, M.M., Olivares, M., Arredondo, M., Pizarro, F. (2008). Determinación de hierro, zinc y cobre en carne de bovino. *Revista Chilena de Nutrición*. 35, 139-146.
- Villalpando, S., García-Guerra, A., Ramírez-Silva, C.I., Mejía-Rodríguez, F., Matute, G., Shamah-Levy, T., Rivera, J.A. (2003). Iron , zinc and iodide status in Mexican children under 12 years and women 12-49 years of age . A probabilistic national survey. *Salud Publica Mexico*. 45, S520 – S529.
- Wang, C., Li, B., Wang, B., Xie, N. (2015). Degradation and antioxidant activities of peptides and zinc-peptide complexes during in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*. 173, 733–740. doi:10.1016/j.foodchem.2014.10.066