



**AgEcon** SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

# Effect of stocking density on behaviour and productive performance in growing lambs

## Efecto de la densidad de población sobre la conducta e indicadores productivos en corderos

Castillo-Trujillo, Omar<sup>1</sup>; Santos-Ricalde, Ronald<sup>1\*</sup>; Camara-Sarmiento, Ramón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. km 4.5 carretera Mérida-Xmatkuil, C.P. 4-119, Itzimna, Mérida, Yucatán.

\*Autor de correspondencia: rsantos@correo.uady.mx

### ABSTRACT

**Introduction:** intensive production is characterized by raising a high number of animals per unit of space, which affects their behaviour and productive performance. The objective of this study was to evaluate the effect of three space allowances on the behaviour and productive performance of growing hair lambs.

**Methodology:** the three space allowances evaluated were: A) 2.4, B) 1.2 and C) 0.6 m<sup>2</sup> lamb<sup>-1</sup>. The space allowances were met by housing 5, 10 and 20 lambs, respectively per pen. The lambs were weighed every 10 d for 30 d. Twice a week the evaluated behaviours were recorded.

**Results:** the last 10 days weight gain reduced significantly by 22% in treatment C, compared to treatments A and B (P<0.05); feed conversion was significantly higher in treatment C (6.4) than in treatment A (5.6) and B (4.7) (P>0.05) and feed consumption was approximately 8% lower in treatments B and C in comparison to A (P<0.05). The behaviour associated with food consumption was more frequently in treatments A and B (0.34 and 0.33, respectively) than in treatment C (0.29) (P<0.05). Standing animals were observed more frequently in treatment C (0.30) than in the other treatments (0.26 and 0.27, for treatment A and B, respectively) (P<0.06). More aggressions (P<0.06) were also observed in treatments B and C (0.71 and 0.81, respectively) than in treatment A (0.53).

**Conclusion:** productive performance and comfort of the animals were affected negatively as stocking density increase in the pens.

**Keywords:** Growing lambs, stoking density, behavior, productive performance.

### RESUMEN

**Introducción:** la producción intensiva se caracteriza por criar una gran cantidad de animales por unidad de espacio, lo que les causa stress y deprime los indicadores productivos. Se evaluó el efecto de tres densidades de población sobre la conducta y el rendimiento productivo de corderos de pelo en crecimiento.

**Metodología:** las tres densidades de población evaluadas fueron A) 2.4, B) 1.2 y C) 0.6 m<sup>2</sup>/cordero. Las asignaciones de espacio se cumplieron al alojar 5, 10 y 20 corderos, respectivamente por corral. Las variables productivas se midieron cada 10 d durante 30 d. Los comportamientos conductuales se registraron dos veces por semana.

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 8, agosto. 2020. pp: 25-30.

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

**Resultados:** en los últimos 10 d, la ganancia de peso se redujo 22% en el tratamiento C en comparación con los otros ( $P < 0.05$ ); la conversión alimenticia aumento en el tratamiento C (6.4) en comparación con A (5.6) y B (4.7) ( $P > 0.05$ ) y el consumo de alimento fue 8% menor en los tratamientos B y C en comparación con el A ( $P < 0.05$ ). Las conductas alimenticias fueron más frecuentes en los tratamientos A y B (0.34 y 0.33, respectivamente) que en C (0.29) ( $P < 0.05$ ). Animales de pie se observaron con mayor frecuencia en el tratamiento C (0.30) que en los otros (0.26 y 0.27, para A y B, respectivamente) ( $P < 0.06$ ). Se observaron más conductas agresivas ( $P < 0.06$ ) en los tratamientos B y C (0.71 y 0.81, respectivamente) que en el A (0.53).

**Conclusión:** los parámetros productivos y de confort se afectaron negativamente cuando se aumentó la densidad de población en los corrales.

**Palabras clave:** Corderos de engorda, carga animal, conducta, comportamiento productivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una granja de ovejas, ubicada en el km 4.5 de la carretera Umán-Xtepén, en Yucatán, México. El clima es cálido subhúmedo, con temperatura promedio anual de 26 °C, temperatura máxima promedio de 36 °C y mínimo promedio de 16 °C. Su precipitación estacional promedio es de 1100 mm por año, las lluvias ocurren en verano entre junio y octubre. Los corderos utilizados fueron destetados a los 60 d de edad aproximadamente y tuvieron 15 d de adaptación después del destete en jaulas elevadas de engorda. El experimento se realizó en dos periodos (octubre-noviembre, y noviembre-diciembre). En cada periodo, hubo dos repeticiones para cada tratamiento. Se utilizaron un total de 70 corderos cruzados (Pelibuey×Katahdin) en cada periodo. Se alojaron 20, 10 y 5 corderos en jaulas de 12 m<sup>2</sup>, lo que correspondió a tres cantidades de espacio disponible por cordero: A) 0.6, B) 1.2 y C) 2.4 m<sup>2</sup> cordero<sup>-1</sup> respectivamente. Todos los animales fueron identificados individualmente, desparasitados y vacunados. Se alimentaron con una dieta balanceada ofrecida *ad libitum* y 1.0 kg de forraje fresco de Taiwán (*Pennisetum purpureum*) por animal día<sup>-1</sup>.

El experimento duró treinta días, e inició con el pesaje de los corderos. Posteriormente se pesaron a los 10, 20 y 30 d posteriores al inicio del experimento y se calculó la ganancia diaria de peso (GDP). Se registró el consumo de alimento (CDA) pesando el alimento ofrecido y rechazado del día 1 al 10, del 11 al 20, del 21 al 30 y del día 1 al 30. La conversión alimenticia (CA) se calculó dividiendo el CDA entre el aumento de peso

## INTRODUCCIÓN

**El aumento** en la densidad de población del ganado por unidad de superficie caracteriza a la producción animal intensiva. Ese manejo afecta el bienestar animal y la productividad a mediano y largo plazo (Caroprese *et al.*, 2009). Imponer limitaciones espaciales influyen en el tiempo de descanso, patrón de ingesta de alimentos, cohesión grupal e incrementa la agresividad entre los animales. El aumento de la densidad poblacional no permite a los animales expresar sus conductas normales, creando situaciones de estrés constante que los afecten mental y físicamente (Jorgensen *et al.*, 2009, Centoducati *et al.*, 2015). Idealmente, cada miembro del grupo debe tener un área de espacio para acostarse, descansar y alimentarse, entre otras actividades dependiendo de la edad de los animales (Estevez *et al.*, 2007). Estas situaciones de estrés constante comprometen no solo el bienestar animal, sino también los indicadores productivos. El hacinamiento provoca mortalidad y morbilidad, pérdida de peso, menor ingesta de alimentos y lesiones corporales. Las características organolépticas de la carne, tales como el color, sabor y aroma, entre otras variables, se puede ver afectadas negativamente. El pH de la carne baja y aumentan las pérdidas por goteo (Liu *et al.*, 2016, Zaboli *et al.*, 2019). Por lo tanto, garantizar el bienestar animal mejora la salud de los animales y también promueve la productividad y la calidad de la carne (Zaboli *et al.*, 2019). La información mencionada anteriormente indica la importancia de identificar el efecto del espacio vital asignado a los animales en los corrales de engorda sobre los patrones de comportamiento y los indicadores productivos de los corderos. Este conocimiento permitirá tomar decisiones para mejorar la rentabilidad de la engorda de corderos, sin dejar de lado el bienestar de los animales. Además, esta información es escasa en condiciones de producción tropical. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres densidades de población (0.6 m<sup>2</sup>, 1.2 m<sup>2</sup> y 2.4 m<sup>2</sup> cordero<sup>-1</sup>) sobre los patrones de conducta y el rendimiento productivo en corderos de pelo en crecimiento criados en condiciones intensivas.

vivo registrado en los intervalos de tiempo mencionados anteriormente.

### Observación conductual

Los corderos fueron grabados en video de 6:00 am-18:00 pm, usando una cámara de vigilancia para cada corral, dos veces por semana (martes y viernes). Se tomó el registro de los patrones de comportamiento de las grabaciones de video. Se registraron las conductas alimentarias, de reposo y de descanso cada 10 min. Las conductas asociadas con agresiones se registraron cada 20 min durante un minuto. Se estimó la frecuencia de las conductas observadas cada día y en cada punto de muestreo, tales como la proporción de animales, realizando cada una de ellas con relación al número de animales en cada jaula. El etograma de las conductas observadas se presentan en el Cuadro 1.

### Análisis estadístico

La normalidad de la distribución de todas las variables evaluadas se probó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El experimento fue bloqueado por período. En cada período, hubo dos repeticiones por tratamiento. El primer período fue de octubre a noviembre, y el segundo de noviembre a diciembre. Las medias de GDP, CDA y CA del día 1 al 10, del 11 al 20, del 21 al 30 y del día 1 al 30 se sometieron a un análisis de varianza de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento utilizando el programa estadístico SAS (2010). Las variables

conductuales se analizaron como las frecuencias promedio de cada comportamiento observado cada día, por corral, dos veces por semana. Los datos se sometieron a un análisis de varianza de bloque al azar para medidas repetidas utilizando el paquete estadístico SAS (2010). Los datos se compararon mediante la prueba de Tukey cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados sobre el rendimiento productivo y las conductas evaluadas en este trabajo se muestran en los Cuadros 2 y 3 respectivamente.

Se observó que los tratamientos con más espacio de corral por cordero ganaron más peso del día 21 al 30 (tratamiento A y B) en comparación con el tratamiento con menos espacio disponible (tratamiento C) ( $P < 0.05$ ). Lo anterior coincide con los informes de Muñoz-Osorio et al. (2015), quienes observaron que en las granjas donde había más corderos por corral y menos espacio disponible por animal ganaban menos peso. La reducción de la GDP observado en los tratamientos con menor espacio disponible (tratamientos B y C), se asoció directamente con la disminución de la ingesta diaria de alimento (1.08 y 1.07 kg de alimento día<sup>-1</sup> respectivamente) con respecto al tratamiento con más espacio disponible (1.17 kg de alimento día<sup>-1</sup> en el tratamiento A) del día 1 al 30 ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Etograma para las observaciones de corderos alojados en tres densidades de población.

Categoría	Conductas	Definición	Medición, tipo de muestreo y registro
<b>Estados</b>			
Descanso	Acostado	Con el cuerpo en decúbito esternal o lateral en descanso	Muestreo de barrido por intervalos de tiempo De 6:00 am - 18:00 pm, cada 10 min (72 puntos de muestreo).
	Parado	En cuadrípedación o desplazamiento sin realizar comportamiento de alimentación	
Conductas alimenticias	Ingesta de alimento	Parado en el comedero, ingiriendo alimento	Muestreo de barrido por intervalos de tiempo. De 6:00 am - 18:00 pm cada 10 min, durante un minuto (72 puntos de muestreo).
<b>Eventos</b>			
Conductas de agresión, dominancia	Cabezazos y patadas.	Golpes a otros corderos usando la cabeza y extremidades	Muestreo focal por intervalos de tiempo. De 6:00 am - 18:00 pm, cada 20 min, durante un minuto (36 puntos de muestreo).
	Desplazamientos por recursos	Forzar a otro cordero a alejarse del comedero o bebedero	
	Desplazamientos por zona de descanso	Forzar a otro cordero a alejarse de espacios de descanso	
	Mordiscos	Realizar una mordida a un compañero, para obtener recursos o espacio	

**Cuadro 2.** Medias de ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia, de los corderos alojados en tres densidades de población.

Variables	Tratamientos		
	A (2.4 m <sup>2</sup> cordero <sup>-1</sup> )	B (1.2 m <sup>2</sup> cordero <sup>-1</sup> )	C (0.6 m <sup>2</sup> cordero <sup>-1</sup> )
Ganancia diaria de peso (kg)			
Día 1-10	0.23±0.108	0.26±0.037	0.26±0.038
Día 11-20	0.25±0.095	0.23±0.052	0.28±0.042
Día 21-30	0.23 <sup>a</sup> ±0.024	0.25 <sup>a</sup> ±0.027	0.18 <sup>b</sup> ±0.110
Día 1-30	0.25±0.015	0.24±0.010	0.23±0.007
Consumo de alimento (kg día <sup>-1</sup> )			
Día 1-10	0.96±0.062	0.90±0.050	0.97±0.053
Día 11-20	1.25 <sup>a</sup> ±0.0104	1.16 <sup>ab</sup> ±0.050	1.11 <sup>b</sup> ±0.068
Día 21-30	1.30±0.214	1.20±0.158	1.15±0.052
Día 1-30	1.17 <sup>a</sup> ±0.099	1.08 <sup>ab</sup> ±0.076	1.07 <sup>b</sup> ±0.027
Conversión alimenticia			
Día 1-10	4.14±1.241	3.46±0.415	3.74±0.694
Día 11-20	5.35±1.274	5.59±1.429	4.25±0.913
Día 21-30	5.55 <sup>a</sup> ±0.591	4.74 <sup>b</sup> ±0.211	6.42 <sup>c</sup> ±0.625
Día 1-30	4.96±0.953	4.60±0.603	4.80±0.428

<sup>a, b, c</sup> Valores con literales diferentes en la misma línea, no son estadísticamente iguales a P<0.05.

También se observó que la conversión alimenticia fue significativamente mayor en el tratamiento C, seguido del tratamiento A y B, respectivamente (P<0.05). La disminución de la GDP, CDA y aumento de la CA observada en el tratamiento con menos espacio disponible (Tratamiento C), podría estar relacionada con aumentos en la tensión social y competencia por los recursos cuando aumenta el número de animales en los corrales (Dwyer y Bornett, 2004; Estevez et al., 200; Petherick, 2007; Van et al., 2007; Muñoz-Osorio et al., 2015). De acuerdo con Estevez et al., 2007

y Van et al., 2007, la reducción en la asignación de espacio disminuye el acceso a los recursos alimenticios y disminuye la ganancia de peso vivo de los animales. En animales estresados, se ha observado aumento del nivel de glucocorticoides en sangre, los cuales reducen el metabolismo energético en el músculo y tejido adiposo; en consecuencia, el crecimiento y la conversión alimenticia se afectan negativamente (Kuo et al., 2015). En este trabajo se observó en menor frecuencia comiendo a los corderos con menor espacio disponible (tratamiento C, 0.29) que a los corderos de tratamientos A y

B (0.34 y 0.33 respectivamente) (P<0.06). Esta conducta guarda relación con la disminución del CDA registrada en el tratamiento C con respecto a los demás tratamientos. Como se mencionó anteriormente el aumento de la competencia por los recursos disponibles, disminuye el acceso a los mismos (Estevez et al., 2007 y Van et al., 2007).

La conducta de reposo observada en este experimento no fue significativamente diferente entre los tratamientos evaluados (P>0.05). Sin embargo, se encontró un aumento en la frecuencia de animales de pie (P<0.05) y comportamientos agresivos más frecuentes (P<0.06) en los corderos más densamente alojados. Esos resultados concuerdan con otros informes en los que el tiempo de permanencia de pie aumentó cuando las asignaciones de espacio se redujeron en terneros lecheros (Shuterland et al., 2014) y novillas de carne (Keane et al., 2017). Al respecto, Van et al. (2007) y Averós et al. (2014) observaron más agresiones cuando aumentaron el tamaño del grupo y disminuyeron la asignación de espacio en corderos de engorda. Ese comportamiento se atribuyó a las confrontaciones para obtener espacio para descanso y acceso al comedero.

Como se mencionó al principio, las ganancias de peso se redujeron significativamente en el último periodo de medición (día 21 al 30) en el tratamiento con más densidad de población (tratamiento C). A medida que aumentó el peso de los animales, también se

**Cuadro 3.** Medias ajustadas de las frecuencias de comportamientos observadas en corderos alojados en tres densidades de población.

Conductas	Tratamientos			Error estándar	P<
	A (2.4 m <sup>2</sup> cordero <sup>-1</sup> )	B (1.2 m <sup>2</sup> cordero <sup>-1</sup> )	C (0.6 m <sup>2</sup> cordero <sup>-1</sup> )		
Parado	0.26 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.0105	0.0541
Acostado	0.41	0.40	0.41	0.0104	0.8665
Comiendo	0.34 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.0059	0.0026
Agresión	0.53 <sup>a</sup>	0.71 <sup>ab</sup>	0.81 <sup>b</sup>	0.0641	0.0557

<sup>a, b, c</sup> Valores con literales diferentes en la misma línea, no son estadísticamente iguales a P<0.05.

incrementó la cantidad en kilogramos de cordero por m<sup>2</sup> en el corral, y en consecuencia, el espacio disponible de comedero y descanso al final del experimento. Probablemente por esa razón, no se observaron diferencias significativas en las variables productivas evaluadas de los días 1 al 10 y 11 al 20, cuando el peso de los animales fue menor. Sin embargo, cuando el peso de los animales aumentó en los últimos 10 d del experimento, la reducción del espacio disponible por animal fue menor, y en consecuencia el consumo de alimento y ganancia diaria de peso se redujeron, afectando la conversión alimenticia.

En contraste, varios autores han informado que la asignación de espacio no afecta la GDP (Van et al., 2007; Jongman et al. 2017; Norouzian, 2017). No obstante, es de esperarse que conforme aumenta el peso de los animales, el efecto negativo de la densidad de población sobre la ganancia diaria de peso sea mayor, por lo que es necesario considerar los kilogramos de cordero por m<sup>2</sup> al final del periodo de engorda y no solo el número de animales por m<sup>2</sup>. A medida que aumenta el peso de los animales, aumenta también la cantidad de alimento que necesitan y el tiempo requerido para consumirlo; por lo que es importante considerar también el espacio de comedero disponible por animal durante todo el periodo de engorda. Aun cuando, en este trabajo, la GDP fue menor en el tratamiento C, se obtuvo al final mayor producción de kg de cordero finalizado por m<sup>2</sup> (9.8, 18.9 y 37.8 kg m<sup>2-1</sup> en los tratamientos A, B y C respectivamente). Estos resultados sugieren que es más rentable utilizar una densidad alta de corderos por corral durante la engorda, pero a pesar de esto, no se debe dejar a de lado las implicaciones que la densidad de corderos en los corrales tiene sobre el bienestar animal y el impacto negativo que el estrés tiene sobre la calidad de la carne.

## CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el aumento de la densidad de corderos en los corrales disminuyó el rendimiento productivo, especialmente cuando los corderos fueron más pesados. Las conductas agresivas y la frecuencia de corderos de pie también aumentó, y las conductas asociadas con la alimentación disminuyeron.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la empresa "Granjas Paraiso" por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Averós, X., Lorea, A., de Heredia, I. B., Ruiz, R., Marchewka, J., Arranz, J. (2014). The behaviour of gestating dairy ewes under different space allowances. *Applied Animal Behaviour Science*. 150: 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.11.002>
- Caroprese, M., Annicchiarico, G., Schena, L., Muscio, A., Migliore, R., Sevi, A. (2009). Influence of space allowance and housing conditions on the welfare, immune response and production performance of dairy ewes. *Journal of Dairy Research*, 76: 66-73. <https://doi.org/10.1017/S0022029908003683>
- Centoducati, P., Maggiolino, A., De Palo, P., Milella, P., Tateo, A. (2015). Semiextensively reared lactating ewes: Effect of season and space allowance reduction on behavioral, productive, and hematologic parameters. *Journal of Veterinary Behavior-Clinical Applications and Research*. 10:73-77. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2015.02.005>
- Dwyer, C.M., Bornett, H.L.I. (2004). Chronic stress in sheep: assessment tools and their use in different management conditions. *Animal Welfare*. 13: 293-304. <https://www.ingentaconnect.com/contentone/ufaw/aw/2004/00000013/00000003/art00004>
- Estevez, I., Andersen, L.I., Naevdal, E. (2007). Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*. 103: 185-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.025>
- Jongman E.C., Rice, M., Campbell, A.J.D., Butler, K.L., Hemsworth, P.H. (2017). The effect of trough space and floor space on feeding and welfare of lambs in an intensive finishing system. *Applied Animal Behaviour Science*. 186: 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.10.015>
- Jorgensen, G. H. M., Andersen, I. L., Berg, S., y Boe, K. E. (2009). Feeding, resting and social behaviour in ewes housed in two different group sizes. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(2-4), 198-203. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.014>
- Keane, M.P., McGee, M., O'Riordan, E.G., Kelly, A.K., Early, B. (2017). Effect of space allowance and floor type on performance, welfare and physiological measurements of finishing beef heifers. *Animal*. 11: 2285-2294. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001288>
- Kuo, T., McQueen, A., Chen, T.C., Wang, J.C. (2015). Regulation of Glucose Homeostasis by Glucocorticoids. In: Wang J.C., Harris C. (eds) *Glucocorticoid Signaling. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 872. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8_5)
- Liu, H., Li, K., Mingbin, L., Zhao, J., Xiong B. (2016). Effects of Chesnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat Science*. 116: 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.024>
- Muñoz-Osorio G.A., Aguilar-Caballero A.J., Sarmiento-Franco L.A., Wurzing M., Gutiérrez-Reynoso, G.A. (2015). Factors influencing on some productive variables in lambs fattening in raised slatted floor cages. *Nova Scientia*. 7: 285-296. <http://novascientia.delasalle.edu.mx/ojs/index.php/Nova/article/view/342/240>
- Norouzian, M.A. (2017). Effect of floor area allowance on behavior and performance of growing lambs. *Journal of Veterinary Behavior*. 19: 102-104. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2017.03.002>
- Petherick, J.C. (2007). Spatial requirements of animals: Allometry and beyond. *Journal of Veterinary Behavior*. 2: 197-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2007.10.001>

- SAS. (2010). SAS User's Guide: Statistics. Ver 9.3. 4th ed. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 2340p.
- Shuterland, M.A., Worth, G.M., Stewart, M. (2014). The effect of rearing substrate and space allowance on the behavior and physiology of dairy calves. *Journal of dairy Science*. 97: 4455-4463. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7822>
- Van D.T.T., Thi M.N., Ledin I. (2007). Effect of group size on feed intake, aggressive behaviour and growth rate in goat kid and lambs. *Small Ruminant Research*. 72: 187-196. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.010>
- Zaboli, G., Huang, X., Feng, X., Ahn, D.U. (2019). How can heat stress affect chicken meat quality? – a review. *Poultry Science*. 98: 1551–1556. <https://doi.org/10.3382/ps/pey399>

