

Evaluación de parámetros de frescura en huevos de expendio comercial en la región de Junín

Evaluation of freshness parameters in commercial retail eggs in the region of Junin

J. Raúl Lucas¹, Carlos Arana De la Cruz¹, Daphne Ramos².

RESUMEN

Los andes centrales del Perú requieren de intervenciones para garantizar la seguridad de super alimentos como el huevo pues la altitud de esta región no ha permitido el desarrollo de la producción avícola, por lo que la mayoría de los huevos son movilizados desde el nivel del mar lo que podría repercutir sobre la vida útil de este alimento. El objetivo del estudio fue el evaluar los parámetros de frescura de los huevos que se expenden en la sierra central del Perú. Para ello determinó la proporción de huevos que presentaban una frescura deteriorada a través del análisis de las unidades Haugh (UH), el índice de yema (IY) y el pH de la clara y yema en 145 huevos comerciales de las provincias de Jauja y Huancayo. El 13.8% de los huevos de tercera calidad presentaron simultáneamente todos los parámetros de frescura deteriorados por lo que superaban el tiempo de vida útil. Estos huevos estarían presentando una reducción de sus propiedades y, además, podrían ser más propensos a la invasión microbiana.

PALABRAS CLAVE: Calidad del alimento, frescura, índice de yema, pH, unidades haugh.

SUMMARY

The Peruvian central Andes require interventions to ensure the safety of superfoods such as eggs because the altitude of this region has not allowed the development of poultry production, so most eggs are transported from sea level which could affect their shelf life. The aim of this work was to evaluate the freshness of eggs retailed in the Peruvian central highland. The proportion of eggs with deteriorated freshness was determined through the analysis of the Haugh units (HU), the yolk index (YI) and the pH of the white and yolk in 145 commercial eggs from the provinces of Jauja and Huancayo. The 13.8% of the third quality eggs simultaneously presented all the freshness parameters deteriorated and therefore exceeded the shelf life. These eggs would be showing a reduction in their properties and, in addition, could be more prone to microbial invasion.

KEY WORDS: Freshness, food quality, haugh unit, pH, yolk index.

INTRODUCCIÓN

El huevo tiene una gran demanda en todo el mundo debido a que es muy habitual y con gran aceptación. Es un alimento muy versátil, saludable, económico y fácil de cocinar. De los alimentos consumidos regularmente, el huevo es el más nutritivo porque presenta proteínas de alta calidad (contiene los nueve aminoácidos

esenciales para el hombre), ácidos grasos, vitaminas y minerales, además posee bajo valor calórico y es de fácil digestión, propiedades que son apreciadas actualmente. Además, el huevo puede obtener mejoras en su composición si se manipula la dieta de la gallina (Lucas et al., 2011; Mott et al., 2019; Riechman et al., 2015).

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Estación El Mantaro. Huancayo, Perú

² Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Laboratorio de Salud Pública y Salud Ambiental. Lima, Perú.

El huevo es un alimento perecedero, su proceso de “envejecimiento” se inicia inmediatamente después de la puesta. Durante este “envejecimiento” y hasta el fin de su vida útil, se deterioran las propiedades físico-químicas y funcionales (tecnológicas) del huevo; por lo tanto, reduce su calidad (Akbarzadeh et al., 2019; Dong et al., 2019). Los parámetros de frescura (PF) hacen referencia a la evolución de estas propiedades físico-químicas, por lo que se usan para estimar la frescura y el tiempo de vida útil de los huevos comerciales (Huang et al., 2012). Los PF incluyen las unidades Haugh (UH), el índice de yema (IY) y el pH de la clara y yema (Baylan et al., 2017; Huang et al., 2012; Saeed et al., 2017).

Con el pasar de los días la calidad interna del huevo disminuye, repercutiendo sobre los PF, consecuentemente se incrementa el riesgo de contaminación microbiológica, reduce sus propiedades tecnológicas y, por tanto, su eficacia en la industria, y disminuye el valor nutricional, en especial a partir de la cuarta semana. Por ejemplo, la oxidación de los ácidos grasos de la yema, que ocurre principalmente en los ácidos grasos polinsaturados, se incrementa notablemente hacia las 4 semanas tras la postura (Cherian et al., 2007; Lakins et al., 2009; Mohiti-Asli et al., 2008; Pereira et al., 2011). Asimismo, con el pasar de los días, la yema, que es un medio rico en nutrientes que permite la multiplicación de microorganismos (Shebuski & Freier, 2009), se vuelve más fluida y con mayor libertad de movimiento perdiendo su posición central alejada de la contaminación microbiana la cual está contenida por las membranas de la cáscara y limitada por las propiedades físico-químicas del albumen (Biladeau & Keener, 2009; Jirangrat et al., 2010; Yuceer & Caner, 2014).

La región andina del Perú, especialmente en las zonas rurales, requieren de intervenciones dirigidas a fortalecer la seguridad alimentaria y reducir la desnutrición (Arce et al., 2016; McCloskey et al., 2017), en ese escenario es importante garantizar la seguridad de alimentos nutritivos, versátiles y económicos como

el huevo. Sin embargo, la altitud de esta región no ha permitido el desarrollo de la producción de gallinas ponedoras, por lo que la mayoría de los huevos son trasladados desde zonas alejadas y en condiciones poco controladas lo que repercute sobre su calidad y, por ende, su tiempo de vida útil (Lucas, et al., 2016).

La estimación de la frescura del huevo presenta la mayor contribución en la evaluación de la calidad de este pues la define no solo considerando del tiempo tras la puesta sino también en función de la temperatura y humedad de almacenamiento (Huang et al., 2012). Según la norma vigente (INDECOPI, 2015) la evaluación de la frescura del huevo se realiza sensorialmente. La inspección sensorial del huevo requiere de entrenamiento para ser reproducible, aun así, está expuesta a la subjetividad del evaluador y su eficacia esta propensa a diversos factores; por tanto, la determinación de la frescura debe incluir evaluaciones objetivas además de las sensoriales (Karoui et al., 2006). Los PF son herramientas que fortalecen esta evaluación, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo el determinar la frescura de los huevos expendidos en Junín mediante la evaluación de los parámetros de frescura (PF).

MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en la sierra central del Perú, en las provincias de Huancayo y Jauja del departamento de Junín, 3300 msnm, donde existe una temperatura media anual de 12°C. El análisis bromatológico se desarrolló en el laboratorio de microbiología de la estación experimental del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, localizada en el distrito de Mantaro, Junín.

El tamaño de muestra mínimo (n=88) se obtuvo utilizando la fórmula para poblaciones infinitas con un nivel de confianza del 95%, usando el 15% como frecuencia esperada de huevos con una frescura

Tabla 1. Número de huevos utilizados en el presente estudio y su clasificación según la norma técnica peruana (NTP) 011.219 ([INDECOPI], 2015)

Clasificación según dictamen	N
Primera-Segunda calidad (CA≤10mm)	90
Tercera calidad (CA>10mm)	29
Huevos aptos solo para industrias de alimentos	26
Total	145

N=número de huevos; CA=Cámara de aire

deteriorada, similar a lo obtenido por otros autores (Moula et al., 2013) y un error máximo admisible del 50% de la proporción referencial (7.5%). En el este estudio se muestrearon 145 huevos, todos ellos marrones, correspondientes a 145 tiendas minoristas (bodegas de barrio) de las provincias de Huancayo (n=41) y Jauja (n=104) entre mayo a junio de 2014. Para el muestreo se obtuvo 16 huevos (1 Kg aproximadamente) por tienda, de los cuales se seleccionó uno al azar para su evaluación. Estos huevos fueron clasificados según la norma técnica peruana (NTP) 011.219 (INDECOPI, 2015), con la ayuda de un ovoscopio y considerando la integridad de la cascara y el tamaño de la cámara de aire, en los siguientes grupos: huevos de primera-segunda calidad, huevos de tercera calidad y huevos aptos solo para industrias de alimentos (Tabla 1).

Parámetros de frescura

Se determinó las Unidades Haugh (UH), el índice de yema (IY), el pH de la yema y el pH de la clara en cada uno de los huevos evaluados. Estos fueron pesados y cascados. Se midió la altura de la clara y de la yema, y el diámetro de la yema utilizando un calibrador Vernier. Se determinó UH e IY según lo descrito por previamente (Baylan et al., 2017; Saeed et al., 2017):

$$UH = 100 \times \text{Log} (H + 7.57 - 1.7 \times W^{0.37})$$

donde H=altura de la clara (mm), y W=peso del huevo (g).

$$IY = \text{altura de la yema (mm)} / \text{diámetro de la yema (mm)} \times 100.$$

Posteriormente, la yema y la clara fueron separadas cuidadosamente y homogenizadas antes de medirles el pH con la ayuda de un potenciómetro digital portátil Hanna, HI 8424.

Determinación de la frescura del huevo

Previamente, en el Perú se determinó que los huevos con una frescura deteriorada (mayor a 4 semanas) presentaban un IY<31, UH<57, pH de la yema >7.3 y pH de la clara >10 (Silva et al., 2011). Tomando en cuenta ello, se determinó la prevalencia de huevos que presentaban el IY, UH, el pH de la clara y/o el pH de la yema superando estos límites y utilizando la siguiente fórmula: [Número de huevos con PF superando los límites / total de huevos evaluados] x 100. Los huevos que presentaban simultáneamente estos 4 PF fuera de los límites se consideraron huevos que físico-químicamente han superado su tiempo de vida útil.

Análisis estadístico

Se evidenció la diferencia estadística ($p < 0.05$) en la frecuencia huevos con PF deteriorados según el grupo al que pertenecía el huevo y la procedencia de mismo, mediante la prueba de χ^2 , usando el paquete estadístico GraphPad Prism 6.0. Se determinó también las medias y desviación estándar de los PF evaluados en cada clase de huevo; asimismo, la diferencia

Tabla 2. Prevalencia de huevos (número de huevos afectados/total de huevos evaluados) con parámetros de frescura deteriorados expendidos en comercios de la región de Junín, según su clasificación.

Clasificación	% huevos con UH < 57	% huevos con IY < 31	% huevos con pH de yema > 7.3	% huevos con pH de la clara > 10
Primera-Segunda calidad	0 (0/90) ^c	3.3 (3/90) ^c	20 (18/90) ^c	47.8 (43/90) ^a
Tercera calidad	51.7 (15/29) ^a	48.3 (14/29) ^a	55.2 (16/29) ^a	44.8 (13/29) ^a
Huevos aptos solo para industrias alimentarias	11.5 (3/26) ^b	15.4 (4/26) ^b	30.8 (8/26) ^b	46.2 (12/26) ^a

UH (unidades haugh), IY (índice de yema), ^{a,b,c} letras diferentes en superíndice en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla 3. Parámetros de frescura en huevos expendidos en la sierra central del Perú, según su clasificación.

Clasificación	UH	IY	pH de la yema	pH de la clara
Primera-segunda calidad	70.1±9.9	39.5±6.5	6.8±0.9	9.9±0.4
Tercera calidad	64.3±10.9	36.6±6.1	7.0±0.7	9.7±0.4
Huevos aptos solo para industrias de alimentos	59.3±8.8	32.7±12.3	7.4±0.8	9.8±0.7

UH (unidades haugh), IY (índice de yema)

estadística entre estos grupos fue determinada mediante ANOVA y la prueba post hoc de Tukey.

RESULTADOS

La tabla 2 muestra el porcentaje de huevos con PF que superaban los límites de frescura en huevos clasificados como de primera-segunda calidad, tercera calidad y los aptos solo para las industrias alimentarias. En todos los casos, el grupo de huevos de primera-segunda calidad mostró una significativamente ($p < 0.05$) menor proporción de huevos con parámetros de UH, IY y pH de la yema deteriorados que el resto de los grupos. Contrariamente, los huevos de tercera calidad mostraron una proporción significativamente mayor ($p < 0.05$) de huevos con parámetros de UH, IY y pH de la yema deteriorados. Sin embargo, el pH de la clara no presentó diferencia estadística entre los grupos evaluados.

La tabla 3 muestra las medias de los PF evaluados según la clase de huevo, estos valores no presentaron diferencias significativas entre los grupos.

Cuatro huevos presentaron todos los PF deteriorados simultáneamente. Estos huevos fueron obtenidos de la provincia de Jauja y eran huevos de tercera calidad, por lo que en este grupo el 13.8% (4/29) de los huevos superaban el tiempo de vida útil.

DISCUSIÓN

Los PF reflejan progresivamente el deterioro de los huevos comerciales y se usan en estudios de preservación de la calidad y la vida útil del huevo, aunque actualmente también se han desarrollado métodos no destructivos para estas evaluaciones (Akbarzadeh et al., 2019; Dong et al., 2019; Saeed et al., 2017; Yüceer et al., 2016). Los límites determinantes del deterioro de los PF utilizados en el presente estudio, consideran las particularidades (línea y edad de las ponedoras, condiciones ambientales, modo de conservación, etc.) bajo las cuales los huevos se comercializan en el Perú (Silva et al., 2011). Asimismo, estos límites guardan relación con lo reportado en otros estudios (Huang et al., 2012; Scott & Silversides, 2000; Yuceer & Caner, 2014).

Estos PF reflejan el deterioro del huevo pues con el tiempo el pH en la clara se va a incrementar por la ruptura del ácido carbónico en CO_2 y agua, ocasionando cambios en el sistema buffer del bicarbonato (Biladeau & Keener, 2009; Jirangrat et

al., 2010; Scott & Silversides, 2000; Yuceer & Caner, 2014). El incremento del pH de la clara desestabiliza la interacción entre la ovomucina y la lisozima en el albumen y, consecuentemente, ocurre una licuefacción del mismo, produciendo el adelgazamiento de la clara y disminuyendo su viscosidad, lo que a su vez repercute sobre las UH (Kemps et al., 2010; Spada et al., 2012; Yüceer et al., 2016). El agua resultante migra desde la clara hacia la yema, disminuyendo el contenido sólido de la misma e incrementando su pH. La yema gana en contenido de agua lo que debilita aún más la membrana vitelina y las chalazas del albumen, por lo que pierde su forma esférica y central, aplanándola y favoreciendo su presentación excéntrica, repercutiendo sobre el IY (Hernandez-Ledesma & Chia-Chien, 2013; Silversides & Budgell, 2004; Yuceer & Caner, 2014).

La cámara de aire aumenta conforme este proceso se produce (Wang et al., 2009), por lo que la clasificación de huevos en primera, segunda o tercera calidad, la cual principalmente toma en cuenta el tamaño de esta cámara, podría relacionarse con vida útil del huevo. El pH de la clara alcanzaría un valor superior tras las primeras semanas de vida útil por ser el primer PF afectado en este proceso de “envejecimiento” (Nematinia & Abdanan Mehdizadeh, 2018; Scott & Silversides, 2000; Stadelman, 1995), consecuentemente el pH de la clara presentó unos valores similares entre los diferentes grupos de este estudio (Tabla 2).

El grupo de huevos de tercera calidad presentaron una mayor proporción ($p < 0.05$) de huevos con PF fuera del límite, por ende, más deteriorados, con respecto a los otros dos grupos. Sorprende que los huevos de industrias alimentarias presenten mejor valoración de la frescura que los huevos de tercera calidad, que son huevos aptos para consumo directo. Los huevos de primera-segunda calidad y los de tercera calidad solo se diferencian de los huevos para industrias alimentarias en que estos últimos pueden incluir huevos que presentan cáscaras rajadas o sucias (INDECOPI, 2015); los huevos para industrias alimentarias del presente estudio presentaron las cáscaras manchadas y ningún huevo estaba rajado al momento de la compra, lo que explicaría su menor proporción de huevos con PF fuera del límite respecto a los de tercera calidad, ya que la suciedad externa no afectaría directamente la calidad interna del huevo.

Sin embargo, el expendio sin control al público de huevos aptos solo para las industrias de alimentos

que presentan además PF deteriorados resulta en un riesgo a considerar, pues se ha descrito que conforme transcurren los días tras la puesta, el huevo pierde las barreras naturales que evitan la invasión bacteriana, incluyendo los patógenos (Jones et al., 2007), y por su condición de sucia y/o con heces, esta invasión estaría incluso favorecida.

Además, se determinó que los huevos que mostraban todos los PF deteriorados simultáneamente pertenecían solo al grupo de tercera calidad. El reglamento NTP 011.218 (Instituto Nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual (ITINTEC), 1983), previo al actual vigente, consideraba como un parámetro de aptitud para consumo humano que el huevo presentara una cámara de aire con una altura máxima de 10 mm. Si se tomara en cuenta este requisito en la norma actual, que favorece más a la industria, todos los huevos clasificados como tercera calidad pertenecerían al grupo de los aptos solo para las industrias alimentarias. Esto podría beneficiar al consumidor pues se restringiría, al menos normativamente, que estos huevos con una calidad interna disminuida y con un tiempo de vida útil superado sean expendidos directamente.

Aunque la tabla 3 muestra que se han evaluado huevos con diferentes grados de frescura en cada uno de los grupos, puesto que las medias no muestran diferencias significativas, existe una tendencia de una mejor valoración de los PF en el grupo de huevos de primera-segunda calidad. Esto se relacionaría a que su menor tamaño en cámara de aire reflejaría un menor tiempo de vida útil (Wang et al., 2009).

Se evidencia que los huevos que se expenden en zonas altoandinas, por ejemplo 3300 msnm, o que carecen de industria avícola y que requieren trasladar estos productos a través de largas distancias, son más propensos al deterioro de sus PF, por lo que estarían presentando una reducción de sus propiedades tecnológicas además de presentar un mayor riesgo a la invasión microbiana, lo cual puede resultar peligroso si se utilizan para elaborar productos para consumo humano sin tratamiento térmico, como en la elaboración de mayonesa o bebidas (jugos) artesanales con huevo. Este riesgo se incrementaría en los huevos con cascara manchadas con heces, ya que como se ha descrito previamente que las aves en el Perú presentan una prevalencia de *Salmonella* de 32.4% a nivel de la cloaca (Zambrano et al., 2013). Sin embargo, una de las mayores limitantes del presente estudio es el no haber realizado un análisis microbiológico complementario

que evidencie este riesgo.

El 13.8% de los huevos de tercera calidad mostraron todos los PF simultáneamente por encima de los límites, por lo que se trataría de huevos que superaban su tiempo de vida útil, y también en este grupo se ha detectado una significativamente mayor prevalencia de huevos con PF deteriorados. Esto representa un llamado de atención para las autoridades competentes para revisar los controles actuales del expendio de este alimento. Además, a la luz de los resultados, se recomienda realizar más estudios similares, pero que incluyan además una descripción de la evolución de los PF en las diversas regiones del Perú, en especial las zonas altoandinas y en zonas de elevada temperatura y humedad, como la selva peruana, y que vinculen también la calidad microbiológica, con el fin de tener más resultados con los cuales fortalecer la actual norma técnica peruana del huevo.

Correspondencia

J. Raúl Lucas

Correo electrónico: jrlucas.pe@gmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akbarzadeh, N., Mireei, S. A., Askari, G., & Mahdavi, A. H. (2019). Microwave spectroscopy based on the waveguide technique for the nondestructive freshness evaluation of egg. *Food Chemistry*, 277, 558-565. doi:10.1016/j.foodchem.2018.10.143
2. Arce, A., Creed-Kanashiro, H., Scurrah, M., Ccanto, R., Olivera, E., Burra, D., & De Haan, S. (2016). The challenge of achieving basal energy, iron and zinc provision for home consumption through family farming in the Andes: a comparison of coverage through contemporary production systems and selected agricultural interventions. *Agriculture & Food Security*, 5(1), 23. doi:10.1186/s40066-016-0071-7
3. Baylan, M., Celik, L. B., Akpınar, G. C., Alasahan, S., Kucukgul, A., & Dogan, S. C. (2017). Influence of eggshell colour on egg yolk antibody level, incubation results, and growth in broiler breeders. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 105-112.
4. Biladeau, A.M., & Keener, K.M. (2009). The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry Science*, 88(6), 1266-1274. doi:10.3382/ps.2008-00295
5. Cherian, G., Traber, M. G., Goeger, M. P. & Leonard, S. W. (2007). Conjugated Linoleic Acid and Fish Oil in Laying Hen Diets: Effects on Egg Fatty Acids, Thiobarbituric Acid Reactive Substances, and Tocopherols During Storage. *Poultry Science*,

- 86(5), 953-958. doi:10.1093/ps/86.5.953
6. Dong, X., Dong, J., Li, Y., Xu, H. & Tang, X. (2019). Maintaining the predictive abilities of egg freshness models on new variety based on VIS-NIR spectroscopy technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 669-676. doi:10.1016/j.compag.2018.12.012
 7. Hernandez-Ledesma, B. & Chia-Chien, H. (2013). Functional Proteins and peptides of hen's egg origin. In A. A, K. M, & S. K (Eds.), *Bioactive Food Peptides in Health and Disease* (pp. 115–116). Rijeka (Croatia): InTech Open Access Publisher.
 8. Huang, Q., Qiu, N., Ma, M. H., Jin, Y. G., Yang, H., Geng, F. & Sun, S. H. (2012). Estimation of egg freshness using S-ovalbumin as an indicator. *Poultry Science*, 91(3), 739-743. doi:10.3382/ps.2011-01639
 9. Instituto Nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual . (2015). *Huevos de gallina. Requisitos y clasificación. Perú: Norma técnica Nacional 011.219*. Lima: Instituto Nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual.
 10. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. (1983). *Huevos. Huevos de gallina, clasificación. Perú: Norma Técnica Nacional 011.218*. Lima: Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.
 11. Jirangrat, W., Torrico, D. D., No, J., No, H. K. & Prinyawiwatkul, W. (2010). Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(3), 490-495. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02150.x
 12. Jones, D. R., Curtis, P. A., Anderson, K. E. & Jones, F. T. (2004). Microbial contamination in inoculated shell eggs: II. Effects of layer strain and egg storage. *Poultry Science*, 83(1), 95-100. doi:10.1093/ps/83.1.95
 13. Karoui, R., Kemps, B., Bamelis, F., De Ketelaere, B., Decuyper, E. & De Baerdemaeker, J. (2006). Methods to evaluate egg freshness in research and industry: A review. *European Food Research and Technology*, 222(5), 727-732. doi:10.1007/s00217-005-0145-4
 14. Kemps, B. J., Bamelis, F. R., Mertens, K., Decuyper, E. M., De Baerdemaeker, J. G. & De Ketelaere, B. (2010). The assessment of viscosity measurements on the albumen of consumption eggs as an indicator for freshness. *Poultry Science*, 89(12), 2699-2703. doi:10.3382/ps.2008-00520
 15. Lakins, D. G., Alvarado, C. Z., Luna, A. M., O'Keefe, S. F., Boyce, J. B., Thompson, L. D., . . . Brashears, M. M. (2009). Comparison of quality attributes of shell eggs subjected to directional microwave technology. *Poultry Science*, 88(6), 1257-1265. doi:10.3382/ps.2008-00273
 16. Lucas, J. R. L., Arias P, C., Morales-Cauti, S., Ramos D. D. & Cueva M, W. (2016). Expendio de huevos no aptos para consumo humano en los Andes centrales del Perú. *REDVET*, 17(12), 1-8.
 17. Lucas L. J., Icochea D. E., Valdivia R. R., Carcelén C. F. & Guzmán G. J. (2011). Efecto del aceite de sacha inchi (*plukenetia volubilis*) en la dieta de reproductoras de pollos de engorde sobre el desempeño productivo de su progenie. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 22, 283-289.
 18. McCloskey, M. L., Tarazona-Meza, C. E., Jones-Smith, J. C., Miele, C. H., Gilman, R. H., Bernabe-Ortiz, A., Checkley, W. (2017). Disparities in dietary intake and physical activity patterns across the urbanization divide in the Peruvian Andes. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 90. doi:10.1186/s12966-017-0545-4
 19. Messens, W., Grijspeerdt, K., Reu, K. D., Ketelaere, B. D., Mertens, K., Bamelis, F., . . . Herman, L. (2007). Eggshell Penetration of Various Types of Hens' Eggs by *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis. *Journal of Food Protection*, 70(3), 623-628. doi:10.4315/0362-028x-70.3.623
 20. Mohiti-Asli, M., Shariatmadari, F., Lotfollahian, H. & Mazuji, M. T. (2008). Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acid composition during storage. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(3), 475-483. doi:10.4141/CJAS07102
 21. Mott, M. M., McCrory, M. A., Bandini, L. G., Cabral, H. J., Daniels, S. R., Singer, M. R. & Moore, L. L. (2019). Egg Intake Has No Adverse Association With Blood Lipids Or Glucose In Adolescent Girls. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(2), 119-124. doi:10.1080/07315724.2018.1469437
 22. Moula, N., Ait-Kaki, A., Leroy, P. & Antoine-Moussiaux, N. (2013). Quality assessment of marketed eggs in bassekabylie (Algeria). *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15, 395-399.
 23. Nematinia, E. & Abdanan-Mehdizadeh, S. (2018). Assessment of egg freshness by prediction of Haugh unit and albumen pH using an artificial neural network. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1449-1459. doi:10.1007/s11694-018-9760-1
 24. Pereira, A. L. F., Vidal, T. F., Abreu, V. K. G., Zapata, J. F. F. & Freitas, E. R. (2011). Type of dietary lipids and storing time on egg stability. *Food Science and Technology*, 31, 984-991.
 25. Riechman, S., Lee, T., Chen, V., Lee, C. & Bui, S. (2015). Whole egg as an athlete's training and performance superfood. In R. Watson & F. DeMeester (Eds.), *Handbook of eggs in human function* (Vol. 9, pp. 215 - 230). Wageningen (Netherlands): Wageningen Acad Publ.
 26. Saeed, F., Javaid, A., Ahmed, N., Nadeem, M.

- T., Arshad, M. S., Imran, A., . . . Khan, A. U. (2017). Influence of Edible Coating Techniques on Quality Characteristics of Eggs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12815. doi:10.1111/jfpp.12815
27. Scott, T. A. & Silversides, F. G. (2000). The effect of storage and strain of hen on egg quality 1. *Poultry Science*, 79(12), 1725-1729. doi:10.1093/ps/79.12.1725
28. Shebuski, J. & Freier, T. (2009). Microbiological spoilage of egg and egg products. In S. W & Doyle M (Eds.), *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages* (pp. 121-134). USA: Springer.
29. Silva, R., Ramos, D., Lucas, J., Lázaro, C. & Mano, S. (2011). *Determinación de unidades haugh y pH en huevos almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración en Lima-Perú*. Paper presented at the Congresso Brasileiro de Higienistas de Alimentos Salvador.
30. Silversides, F.G. & Budgell, K. (2004). The Relationships Among Measures of Egg Albumen Height, pH, and Whipping Volume 1. *Poultry Science*, 83(10), 1619-1623. doi:10.1093/ps/83.10.1619
31. Spada, F. P., Gutierrez, É. M. R., Souza, M. C. d., Brazaca, S. G. C., Lemes, D. E. A., Fischer, F. S., Savino, V. J. M. (2012). Viscosity of egg white from hens of different strains fed with commercial and natural additives. *Food Science and Technology*, 32, 47-51.
32. Stadelman, W. J. (1995). Quality identification of shell eggs. In: S. WJ. & C. J. (Eds.), *Egg Science and Technology* (4th ed., pp. 39-66). New York: The Haworth Press, Westport, CT, and AVI Publishing.
33. Wang, Q., Deng, X., Ren, Y., Ding, Y., Xiong, L., Ping, Z., . . . Wang, S. (2009). Egg freshness detection based on digital image technology. *Scientific Research and Essays*, 4(10), 1073-1079.
34. Yüceer, M., Aday, M.S. & Caner, C. (2016). Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(8), 2755-2763. doi:10.1002/jsfa.7440
35. Yuceer, M., & Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme–chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 153-162. doi:10.1002/jsfa.6322
36. Zambrano F., Lucas L., Vilca L. & Ramos D. (2013). Determinación de salmonella SPP en centros de beneficio clandestino de pollos de engorde en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24, 337-345.