

Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad interna del huevo de gallina

M. PALOMAR LLORIS*, A. HERNÁNDEZ SAURINA^{1,2}, M.D. SOLER SANCHIS¹ y C. GARCÉS NARRO¹

¹Departamento de Producción y Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad CEU Cardenal Herrera, CEU Universities. Tirant lo Blanch, 7. 46115 Alfara del Patriarca (Valencia).

²Grupo Huevos Guillén. Calle Juan de la Cierva, 27. Edificio Wellness II bajo. Parque Tecnológico. 46980 Paterna (Valencia)

*pallomar@alumnos.uchceu.es

Los objetivos generales de este estudio fueron, en primer lugar, examinar los efectos del tiempo y la temperatura de almacenamiento y su interacción sobre la calidad interna del huevo de gallina y, posteriormente, modelizar el comportamiento de la evolución de la calidad del albumen. La calidad interna del huevo se evaluó mediante la medición de las unidades Haugh (UH). Mensualmente, se analizaron 600 huevos de tres granjas diferentes. Un día después de la puesta, se midió la calidad interna de 20 huevos frescos de cada granja. El resto fueron almacenados durante 5, 9 y 14 días a 10, 20 y 30°C. Se analizaron 20 huevos de cada granja y tratamiento. Este procedimiento se replicó cuatro veces. Las UH disminuyeron ($P < 0,01$) de 86,74 a 57,35 tras 14 días de almacenamiento a 30°C. La disminución fue menos pronunciada a 20°C (de 86,74 a 68,13 UH) y apenas varió a 10°C (de 86,74 a 83,6 UH) en 14 días, aunque en ambos casos se apreciaron diferencias significativas entre los huevos frescos y los almacenados durante 14 días ($P < 0,05$). El efecto de interacción entre el tiempo y la temperatura de almacenamiento también fue significativo ($P < 0,01$). Los resultados del presente estudio sugieren que las UH están muy influenciadas por las condiciones de almacenamiento. En general, elevadas temperaturas y largos periodos de almacenamiento deterioran la frescura del huevo. La pérdida de calidad del albumen se observa, principalmente, en los días inmediatamente posteriores a la puesta, siendo mayor el efecto del tiempo cuando la temperatura de almacenamiento es de 30°C.

Palabras clave: huevo; calidad interna; frescura; tiempo de almacenamiento; temperatura de almacenamiento.

The overall aims of this research were, first, to examine the effects of storage time and temperature and their interaction on the internal quality of hen eggs and, subsequently, to model the behavior of the evolution of albumen quality. Egg internal quality was evaluated by measuring Haugh units (HU). Monthly, 600 eggs from three different farms were analyzed. The internal quality of 20 eggs of each farm was measured on the next day of laying. The rest were subjected to storage periods of 5, 9 and 14 days at 10, 20 and 30°C. 20 eggs from each farm and treatment were examined. This procedure was replicated four times. HU decreased ($P < 0,01$) from 86,74 to 57,35 after 14 days of storage at 30°C. The decrease was less pronounced at 20°C (from 86,74 to 68,13 HU) and hardly varied at 10°C (from 86,74 to 83,6 HU) in 14 days, although in both cases there were significant differences between fresh eggs and eggs stored for 14 days ($P < 0,05$). Interaction effect between storage time and temperature was also significant ($P < 0,01$). The results of the present study suggest that HU are strongly influenced by storage conditions. In general, high temperatures and long storage times deteriorate egg freshness. Loss of albumen quality is observed, mainly, the days immediately after laying, being the effect of storage time greater when storage temperature is 30°C.

Keywords: egg; internal quality; freshness; storage time; storage temperature.

Introducción

Desde hace siglos, el huevo ha sido un alimento muy popular, puesto que suponía una fuente de proteína de elevada calidad a bajo coste (Consejo Asesor del Instituto de Estudios del Huevo, 2002). Actualmente, sigue siendo un producto sustancial en las dietas contemporáneas debido a su riqueza en aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, minerales y vitaminas liposolubles e hidrosolubles de elevada biodisponibilidad (FAO, 2015).

Todos los productos alimenticios tienen una vida útil limitada que varía según el tipo de alimento y las condiciones de almacenamiento. En el caso del huevo, este puede sufrir un deterioro muy rápido de su calidad interna durante el período de almacenamiento, causando grandes pérdidas económicas al sector productor (Yimenu *et al.*, 2017).

Los factores ambientales como la temperatura, la humedad, la presencia de dióxido de carbono (CO₂) y el tiempo de almacenamiento tienen una importancia primordial en el mantenimiento de la calidad del huevo tras la puesta (Samli *et al.*, 2005). El tiempo y la temperatura parecen ser los factores que más afectan a la calidad del albumen o a las unidades Haugh (UH), consideradas por la industria el mejor indicativo de la frescura del huevo (Samli *et al.*, 2005; Akyurek y Okur, 2009; Jin *et al.*, 2011; Tabidi, 2011; Yimenu *et al.*, 2017).

Durante el almacenamiento, en el huevo se producen dos fenómenos que penalizan sus índices de calidad interna: la pérdida de agua en forma de vapor y la pérdida de dióxido de carbono (Yimenu *et al.*, 2017). La evaporación de agua origina una reducción del peso y un aumento de la cámara de aire (Stadelman y Cotterill, 1995), mientras que la disminución de los niveles de CO₂ disueltos en el albumen produce la basificación del mismo (Samli *et al.*, 2005; Gil, 2010). Aunque el mecanismo implicado no está perfectamente dilucidado, el aumento de pH se asocia con el deterioro de la estructura gelatinosa del albumen denso debido a la pérdida de la capacidad formadora de gel de la β -ovomucina (Roberts, 2004; Jin *et al.*, 2011).

Numerosos autores han estudiado la influencia del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre la calidad interna del huevo (Silversides y Scott, 2001; Miles y Henry, 2004; Jones y Musgrove, 2005; Samli *et al.*, 2005; Keener *et al.*, 2006; Akyurek y Okur, 2009; Raji *et al.*, 2009; Jin *et al.*, 2011; Tabidi, 2011; Chung y Lee 2014; Yimenu *et al.*, 2017; Jones *et al.*, 2018) y todos ellos han obtenido una disminución significativa ($P < 0,01$) en la calidad del albumen de los huevos expuestos a altas temperaturas y a tiempos de almacenamiento prolongados.

Controlar el tiempo y la temperatura a la que se exponen los huevos desde la puesta hasta su consumo es vital para preservar su frescura (Karoui *et al.*, 2006), tanto en las plataformas logísticas de distribución como en los hogares de los consumidores. Sin embargo, la interacción entre el tiempo y la temperatura no ha sido ampliamente evaluada y, por otra parte, los modelos predictivos de la frescura del huevo disponibles son escasos.

Los objetivos del presente estudio son, en primer lugar, evaluar la influencia del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre la frescura del huevo y determinar si existe alguna interacción entre ambos factores y, posteriormente, modelizar la pérdida de frescura de los huevos de consumo en función de las condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura) a las que se vean expuestos.

Material y métodos

Los huevos analizados fueron obtenidos de tres granjas comerciales de gallinas de puesta pertenecientes al Grupo Huevos Guillén (España).

El experimento se realizó bajo un diseño factorial 3x3 más un control. Para ello, se recogieron de manera aleatoria y simultáneamente 360 huevos de cada granja el mismo día de la puesta. Un día después, se analizaron 20 huevos frescos de cada uno de los orígenes y el resto fueron almacenados en cartones durante 5, 9 o 14 días manteniéndolos de forma constante a tres temperaturas diferentes (10, 20 y 30°C). De cada granja se analizaron 20 huevos para cada combinación de tiempo y temperatura. De este modo, se midieron los parámetros de calidad interna de 600 huevos bajo 10 condiciones de almacenamiento distintas (3 tiempos de almacenamiento x 3 temperaturas de almacenamiento más el grupo control de huevos frescos). El procedimiento descrito se replicó cuatro veces en un intervalo de cuatro semanas entre ellas (desde el 1 de febrero hasta el 15 de mayo de 2018), analizando un total de 2.400 huevos para la realización de este estudio.

El efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre la frescura del huevo se evaluó con la medición de las unidades Haugh (FUTURA Egg-Quality-Measuring-System Version 3/A). En primer lugar, se registró individualmente el peso de cada huevo utilizando una balanza digital de precisión (Kern 440-47N) con una sensibilidad de 0,1 g. Tras el pesaje, los huevos se rompieron sobre una superficie lisa de vidrio para determinar la altura del albumen haciendo uso de un micrómetro con trípode (FUTURA albumen-height gauge). Las medidas se tomaron en el albumen denso, sin tocar la yema y evitando la chalaza, colocando el micrómetro aproximadamente a 1 cm de la yema (Roberts, 2004). A partir del peso del huevo y la altura del albumen, se obtuvieron las UH aplicando la siguiente fórmula (Haugh, 1937): $UH=100 \log (H-1,7W^{0,37}+7,57)$, donde H es la altura del albumen (mm) y W es el peso del huevo (g).

Todos los datos obtenidos en este estudio fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) mediante un modelo general lineal que incluía como factores fijos el tiempo y la temperatura de almacenamiento de los huevos y la interacción a dos vías entre ambos factores. Se consideraron diferencias significativas cuando $P \leq 0,05$. Una vez determinada la existencia de diferencias significativas entre las medias y asumiendo las varianzas iguales, se realizaron comparaciones múltiples (pruebas post hoc DMS) para determinar entre qué combinaciones de tiempo-temperatura había diferencias significativas. Asimismo, se modelizó el comportamiento de la evolución de la calidad del albumen (medida nuevamente como unidades Haugh) mediante un ajuste por regresión logarítmica de la forma $UH=a+b*\ln(\text{tiempo})$ para cada una de las temperaturas de almacenamiento. Todo el análisis estadístico se llevó a cabo íntegramente con el programa IBM® SPSS® Statistics 20.0 para Windows.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se resumen en la *Tabla 1*. El parámetro analizado en nuestro estudio para evaluar la calidad interna se vio afectado por las condiciones de almacenamiento a las que los huevos fueron expuestos. Las unidades Haugh disminuyeron a mayor tiempo (*Figura 1*) y a mayor temperatura (*Figura 2*) ($P < 0,01$). Además, se ha observado un efecto de interacción ($P < 0,01$) entre el tiempo y la temperatura de almacenamiento con lo que respecta a las UH (*Figura 3*).

El promedio de las unidades Haugh de los huevos frescos fue de 86,74. Este valor disminuyó significativamente ($P < 0,01$) a 83,64, 68,13 y 57,35 a 10, 20 y 30°C, respectivamente, en 14 días. Como se puede observar en la *Figura 3*, los huevos almacenados a 10°C mantuvieron las UH en valores superiores a 80 durante todo el periodo de almacenamiento, mientras que el valor medio más bajo se observó en los huevos almacenados a 30°C durante 14 días. Estos resultados están en consonancia con los obtenidos por Samli *et al.* (2005), quienes reportaron que tanto la temperatura como el tiempo de almacenamiento afectaban negativamente a las UH ($P < 0,01$). Resultados similares han sido observados por numerosos investigadores (Silversides y Scott, 2001; Miles y Henry, 2004; Jones y Musgrove, 2005; Keener *et al.*, 2006; Akyurek y Okur, 2009; Raji *et al.*, 2009; Jin *et al.*, 2011; Tabidi, 2011; Chung y Lee 2014; Yimenu *et al.*, 2017; Jones *et al.*, 2018). El mecanismo implicado en el empeoramiento de las UH, tal y como describen Jin *et al.* (2011), puede ser la pérdida de la capacidad formadora de gel de la β -ovomucina debido al incremento de pH que se produce en el albumen durante el almacenamiento.

Como se puede observar en la *Tabla 1*, la variabilidad de las unidades Haugh tiende a aumentar a elevadas temperaturas de almacenamiento, por lo que todos los huevos no se ven afectados por igual cuando se almacenan a altas temperaturas.

Tabla 1. Efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre la calidad interna del huevo.

Tiempo de almacenamiento (días)	Temperatura de almacenamiento (C°)	n	Unidades Haugh (UH)*
1	Huevos frescos	240	86,74 ± 9,19
	10	240	84,82 ± 9,87
5	20	240	77,57 ± 10,15
	30	240	68,35 ± 9,88
9	10	240	84,01 ± 9,35
	20	240	72,26 ± 10,98
	30	240	59,66 ± 12,97
14	10	240	83,64 ± 9,14
	20	240	68,13 ± 10,51
	30	240	57,35 ± 12,70
Nivel de significación (P)	Tiempo de almacenamiento		< 0,01
	Temperatura de almacenamiento		< 0,01
	Interacción tiempo x temperatura		< 0,01

*Media ± desviación estándar.

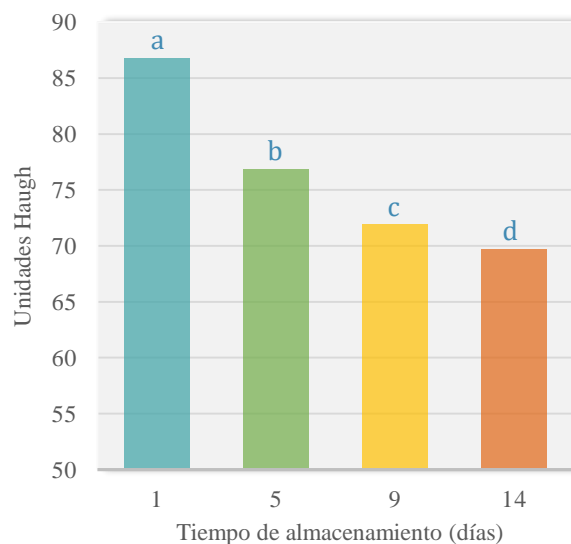


Figura 1. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre las unidades Haugh.

^{a-d}: Las distintas letras representan que existen diferencias significativas entre las medias observadas; $P < 0,05$.

Además de estudiar la influencia del tiempo y la temperatura sobre la calidad del huevo de gallina, otro de los objetivos propuestos fue determinar si existía una interacción entre ambas variables. Esta hipótesis también ha sido planteada por otros autores (Silversides y Scott, 2001; Samli *et al.*, 2005; Keener *et al.*, 2006; Akyurek y Okur, 2009; Jin *et al.*, 2011; Chung y Lee, 2014; Jones *et al.*, 2018). Los resultados obtenidos en nuestro estudio, en consonancia con la bibliografía consultada, demuestran que existe una interacción significativa ($P < 0,01$) entre el tiempo y la temperatura de almacenamiento para

las unidades Haugh: la disminución es más pronunciada en los huevos almacenados a 30°C durante los primeros días. En la *Figura 3* se puede observar la interacción a dos vías. Este hallazgo revela que la pérdida de la calidad interna del huevo se incrementa durante el tiempo de almacenamiento de una manera no lineal. La influencia del tiempo parece ser más pronunciada cuando la temperatura de almacenamiento es mayor.

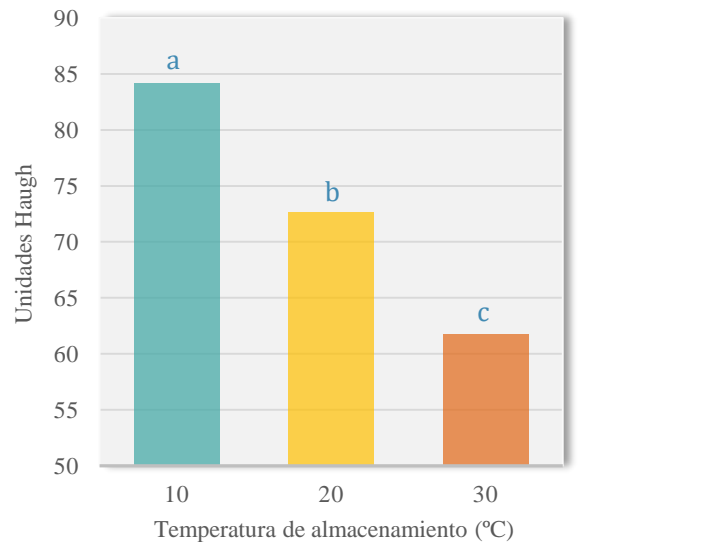


Figura 2. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las unidades Haugh.

a-c: Las distintas letras representan que existen diferencias significativas entre las medias observadas; $P < 0,05$.

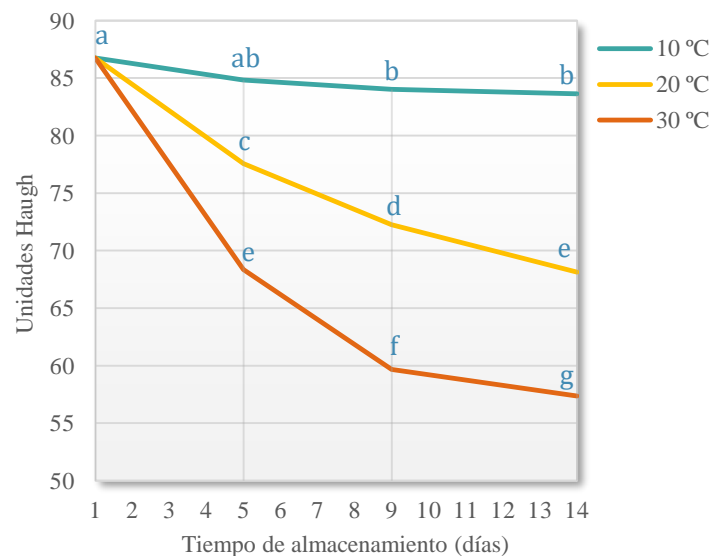


Figura 3. Interacción del tiempo y la temperatura de almacenamiento ($P < 0,01$) en los valores de las unidades Haugh. *a-g:* Las distintas letras representan que existen diferencias significativas entre las medias observadas; $P < 0,05$.

Los resultados sugieren que las unidades Haugh están muy influenciadas por las condiciones de almacenamiento. En general, temperaturas elevadas y tiempos de almacenamiento prolongados han resultado en una disminución de la calidad interna del huevo. La frescura se deteriora muy rápidamente cuando los huevos se almacenan a 20 o 30°C. Sin embargo, se mantiene estable en valores superiores a 80 UH durante al menos dos semanas cuando los huevos se conservan a 10°C. La interacción entre ambos factores muestra cómo a temperaturas elevadas la influencia del tiempo aumenta.

Las ecuaciones de regresión logarítmica (Tabla 2) confirman que este tipo de modelo es válido cuando la temperatura de almacenamiento es de 30°C, que es el caso en el que se produce un mayor

efecto del tiempo de almacenamiento. Los modelos matemáticos para almacenamiento a 10°C muestran un ajuste muy poco eficiente ($r^2=0,015$), que no permite su uso; sin embargo, los modelos para 20°C ($r^2=0,283$) y, sobre todo, para 30°C ($r^2=0,481$) muestran ajustes mucho mejores. No obstante, estos ajustes están lejos de ser óptimos. Esto se debe a la dispersión propia de los datos utilizados.

Tabla 2. Modelos de regresión de las unidades Haugh en función del tiempo de almacenamiento (expresado en días) para diferentes temperaturas de almacenamiento.

Temperatura de almacenamiento (°C)	Modelo de regresión	r^2
10	$UH = 84,92 - 1,23 \cdot \ln(\text{días})$	0,015
20	$UH = 85,39 - 6,84 \cdot \ln(\text{días})$	0,283
30	$UH = 84,65 - 11,17 \cdot \ln(\text{días})$	0,481

A pesar de que los ajustes no son óptimos, nos dan una buena idea del momento en el que la calidad de los huevos deja de ser aceptable para los consumidores cuando estos se almacenan a altas temperaturas. Así, partiendo de una calidad media de 85 UH en el momento de la puesta, si los huevos se han conservado a 30°C la calidad habrá disminuido a 70 UH a los 3,8 días y a 60 UH a los 9,4 días, estado en el que el consumidor ya manifiesta reticencias al consumo.

Así pues, para preservar la calidad interna de los huevos, en las plataformas logísticas de distribución la temperatura no debería superar los 20°C, sobre todo si el almacenamiento no se realiza durante periodos cortos. La pérdida de frescura se observa, principalmente, en los días inmediatamente posteriores a la puesta. Por otro lado, los hallazgos obtenidos en el presente estudio justifican la importancia de refrigerar los huevos tras su compra, especialmente en épocas más cálidas, ya que permite alargar la vida útil del producto sin disminuir la satisfacción de los consumidores.

Referencias

- AKYUREK, H. and OKUR, A.A.** (2009) Effect of Storage Time, Temperature and Hen Age on Egg Quality in Free-Range Layer Hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **8** (10): 1953-1958.
- CHUNG, S.H. and LEE, K.W.** (2014) Effect of Hen Age, Storage Duration and Temperature on Egg Quality in Laying Hens. *International Journal of Poultry Science* **13** (11): 634-636.
- CONSEJO ASESOR DEL INSTITUTO DE ESTUDIOS DEL HUEVO.** (2002) *Lecciones sobre el huevo*, Madrid: Torreangulo Arte Gráfico.
- FAO.** (2015) *El huevo en cifras*. Página web de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/fsnforum/es/resources/fsn-resources/egg-facts>
- GIL, A.** (2010) *Tratado de nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*, Madrid: Panamericana.
- HAUGH, R.R.** (1937) The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poultry Magazine* **43**: 522-555.
- JIN, Y.H., LEE, K.T., LEE, W.I. and HAN, Y.K.** (2011) Effects of Storage Temperature and Time on the Quality of Eggs from Laying Hens at Peak Production. *Australasian Journal of Animal Sciences* **24** (2): 279-284.
- JONES, D.R. and MUSGROVE, M.T.** (2005) Effects of Extended Storage on Egg Quality Factors. *Poultry Science* **84**: 1774-1777.
- JONES, D.R., WARD, G.E., REGMI, P. and KARCHER, D.M.** (2018) Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. *Poultry Science* **97** (2): 716-723.

- KAROUI, R., KEMPS, B., BAMELIS, F., DE KETELAERE, B., DECUYPERE, E. and DE BAERDEMAEKER, J.** (2006) Methods to evaluate egg freshness in research and industry: A review. *European Food Research and Technology* **222**: 727-732.
- KEENER, K.M., MCAVOY, K.C., FOEGEDING, J.B., CURTIS, P.A., ANDERSON, K.E. and OSBORNE, J.A.** (2006) Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. *Poultry Science* **85** (3): 550-555.
- MILES, R.D. and HENRY, P.R.** (2004) Effect of Time and Storage Conditions on Albumen Quality of Eggs from Hens Fed Vanadium. *The Journal of Applied Poultry Research* **13**: 619-627.
- RAJI, A.O. and ALIYU, J.U.** (2009) Effect of storage methods and time on egg quality traits of laying hens in a hot dry climate. *Journal of Agricultural and Biological Science* **4** (4): 1-7.
- ROBERTS, R.J.** (2004) Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens: Review. *Journal of Poultry Science* **41**: 161-177.
- SAMLI, H.E., AGMA, A. and SENKOYLU, N.** (2005) Effects of Storage Time and Temperature on Egg Quality in Old Laying Hens. *The Journal of Applied Poultry Research* **14**: 548-553.
- SCOTT, T.A. and SILVERSIDES, F.G.** (2000) The Effect of Storage and Strain of Hen on Egg Quality. *Poultry Science* **79**: 1725-1729.
- STADELMAN, W.J. and COTTERILL, O.J.** (1995) *Egg Science and Technology*, New York: Haworth Press.
- TABIDI, M.H.** (2011) Impact of Storage Period and Quality on Composition of Table Egg. *Advances in Environmental Biology* **5** (5): 856-861.
- YIMENU, S.M., KIM, J.Y., KOO, J. and KIM, B.S.** (2017) Predictive modeling for monitoring egg freshness during variable temperature storage conditions. *Poultry Science* **96** (8): 2811-2819.