

COM-21

Campylobacter y *Salmonella*: ¿Pueden gases nobles como el argón controlar las principales bacterias de importancia en salud pública? resultados preliminares

S. SEVILLA^{1*}, S. INGRESA¹, E. MONTERO¹, P. CATALÁ², C. MARÍN¹, S. VEGA¹ y M. MATEOS¹

¹Instituto de Ciencias Biomédicas. Departamento de Producción Animal, Sanidad Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad CEU-Cardenal Herrera, C/Tirant Lo Blanc 7, 46115 Alfara del Patriarca, Valencia, Spain.

²Centro de Calidad Avícola y Alimentación Animal de la Comunidad Valenciana (CECAV), C/Nules 16, 12539 Alquerías del Niño Perdido, Castellón, Spain.

*email: sevnas@alumnos.uchceu.es

Campylobacter y *Salmonella* son dos de los patógenos de carácter zoonótico más importantes en Salud Pública, siendo la carne de pollo y los huevos la principal vía de infección, respectivamente. Debido a la demanda por parte del consumidor de una carne poco procesada, una de las técnicas con mayor potencial hoy en día para el control de estos patógenos en la carne de pollo es el uso de atmósferas modificadas en el envasado, en las que se emplean mezclas gaseosas de dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂), aunque en los últimos años también se ha investigado el uso de otros gases que poseen características muy interesantes para la conservación de alimentos como por ejemplo el argón (Ar). En este contexto, los objetivos de este estudio fueron evaluar y comparar el efecto de diferentes envasados con atmósferas modificadas (AM), empleando gases tradicionales (N₂, O₂, o CO₂) y el gas noble Ar, en la supervivencia y crecimiento de *S. Enteritidis* y *C. jejuni*, y determinar el efecto de estos gases en las características fisicoquímicas y sensoriales de la carne de pollo, almacenada a una temperatura de conservación de 4°C. Para ello se evaluaron cuatro atmósferas de envasado diferentes: AM-A: 50%/50% N₂ / CO₂. AM-B: 50%/50% N₂ / O₂. AM-C: 30%/70% O₂ / CO₂. AM-D: 50%/50% N₂ / Ar, en un total de 216 piezas de 25g de la carne de pollo. Todas las muestras se analizaron según la norma ISO 10272-1:2006 (Anexo E) e ISO 6579:2002 (Anexo D), para la detección y enumeración de *Campylobacter* spp y *Salmonella* respectivamente. Los resultados de este estudio indican que las atmósferas de envasado con un alto porcentaje de oxígeno (>50%), o con argón (AM-B y AM-D, respectivamente) fueron las únicas eficaces en la inhibición del crecimiento de *Campylobacter*. En el caso de *Salmonella* las atmósferas que resultaron más eficaces fueron las que contenían dióxido de carbono (50%). En cuanto a la evaluación sensorial, la atmósfera que contenía argón (AM-D) fue la que mejor resultados obtuvo según la evaluación del jurado. Por tanto, el argón podría ser una alternativa innovadora de envasado a las atmósferas convencionales que emplean N₂ como gas inerte.

Salmonella and *Campylobacter* have been widely recognized as the most important zoonotic pathogens with economic impact in animals and humans. The main route of infection in humans is by the consumption of undercooked poultry or other food products cross-contaminated with raw poultry meat during food preparation. Due to the consumer preferences for minimally processed foods, one of the most attractive techniques for the control of these pathogens in poultry meat is the use of modified atmospheres in the packaging, using gaseous mixtures of carbon dioxide (CO₂), oxygen (O₂) and nitrogen (N₂). However, in the last years the use of other gases, such as the noble inert gas argon (Ar), has also been investigated. In this context, the objectives of this study were to evaluate and compare the effect of different modified atmospheres packaging (MAP) on the survival and growth of *S. Enteritidis* and *C. jejuni*, using traditional gases (N₂, O₂ or CO₂) and the innovative noble gas Ar, and to determine the effect of four gas mixtures on the physical-chemical and sensorial qualities in raw chicken meat fillets during storage at 4 °C. To that aim the effect of four different packaging gas mixtures, including AM-A: 50% / 50% N₂ / CO₂. AM-B: 50% / 50% N₂ / O₂ AM-C: 30% / 70% O₂ / CO₂ and AM-D: 50% / 50% N₂ / Ar, were tested in a total of 216 pieces of 25g chicken meat. All samples were analyzed according to ISO 10272-1: 2006 (Annex E) and ISO 6579: 2002 (Annex D), for the detection and enumeration of *Campylobacter* and *Salmonella* spp, respectively. Our results showed that, application of 50% CO₂ MAP better controlled the *Salmonella* growth than MAP with lower or no presence of CO₂. *Campylobacter* growth was inhibited by the application of MAPs with high O₂ concentration (≥50%) and with Argon. Regarding the sensory evaluation, judges preferred fillet samples packaged under MAP-D from the appearance and overall acceptability, and samples packaged under high CO₂ concentration (MAP-A) were evaluated as the best treatment on odour attribute among the MAPs studied. Therefore, Argon could be an innovative alternative to conventional packaging atmospheres that use N₂ as inert gas.

Palabras clave: *Campylobacter*; *Salmonella*; atmósferas modificadas (AM); carne de pollo.

Keywords: *Campylobacter*; *Salmonella*; modified atmospheres packaging (MAP); poultry meat.

Introducción:

Campylobacter y *Salmonella*, son las principales bacterias zoonóticas de transmisión alimentaria responsables del mayor número de brotes de gastroenteritis en humanos en Europa (EFSA, 2015). Mientras que el número de brotes de *Salmonella* se reduce cada año, las infecciones por *Campylobacter* no han dejado de aumentar desde 2005. Las últimas cifras elevan 214.779 los casos de campilobacteriosis humana en 2013, 7064 de los cuales se registraron en España (EFSA, 2015). Los principales productos implicados en la campilobacteriosis y salmonelosis humana son la carne de pollo y los huevos, respectivamente (EFSA, 2015). Teniendo en cuenta que el consumo de carne de ave se ha incrementado en las últimas dos décadas debido a su perfil nutricional, versatilidad y bajo precio, el control de la calidad microbiológica de la carne de ave es una preocupación crucial para la industria alimentaria (Henchion et al, 2014.; AVEC, 2013).

La carne de pollo es un producto altamente perecedero y su vida útil suele ser inferior a 5 días (Holck et al, 2014.; Buchr et al, 2014). Por este motivo, es necesaria una combinación de diferentes técnicas de conservación, como el almacenamiento refrigeración, envasado en atmósfera modificada (MAP), congelación y utilización de conservantes, para controlar la posible presencia de microorganismos patógenos de transmisión alimentaria y además extender la vida útil del producto

(Kozáčinski et al, 2012; Chiavaro et al., 2008). Debido al incremento en la demanda por parte del consumidor de una carne poco procesada, una de las técnicas con mayor potencial hoy en día para el control de estos patógenos es el uso de atmósferas modificadas en el envasado (Melero et al., 2012).

Se pueden emplear diversos gases en el envasado de la carne de pollo en atmósfera modificada, pero los más comunes son el dióxido de carbono (CO₂), el oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂). El oxígeno (O₂) ha sido ampliamente utilizado en el envasado en MAP ya que mantiene el color la carne roja fresca, característica que influye considerablemente en la selección del producto por parte de los consumidores (Cornforth y Hunt, 2008). Sin embargo, en el caso concreto de la carne de ave esta característica no resulta muy importante puesto que este tipo de carne tiene una baja concentración de mioglobina por lo que el color no se ve influido por la concentración de O₂ (Lund et al., 2007a, b). El O₂ además restringe el crecimiento de microorganismos anaerobios, pero puede potenciar el de microorganismos aerobios (Lund et al., 2011). En cuanto al uso del CO₂ en el envasado de la carne de pollo, se ha comprobado que inhibe el crecimiento microbiano (McMillin, 2008). En cuanto al uso del N₂, se ha descrito que tiene efectos mínimos en las reacciones metabólicas debido a la baja solubilidad que presenta en el agua y grasa, por lo que se utiliza comúnmente como un gas de relleno.

El uso de otros gases como el Argón (Ar), Helio (He) y el Óxido Nitroso (N₂O) para el envasado de la carne de pollo está también permitido en la Unión Europea (EU, 1995, directive 92/02/CE). El Ar es un gas noble, inerte, inodoro e insípido (Morgan, 2007), y tiene ciertas propiedades bioquímicas tales como la interferencia enzimática en los sitios receptores del oxígeno, impidiendo así el deterioro de los alimentos (Spencer et al., 2002). En cuanto a la actividad inhibitoria contra el crecimiento bacteriano se ha descrito que tiene una mejor solubilidad en grasa, lo que mejora la permeabilidad de la membrana al CO₂, sales y ácidos de las células bacterianas (Jaime y Saltveit, 2002). Estas propiedades ofrecen ciertas ventajas sobre el uso de N₂, O₂ o atmósferas con CO₂, tales como el aumento de la frescura y vida útil de los alimentos envasados (Fachon, 2002).

En este contexto los objetivos de este estudio fueron estimar el efecto que tiene el empleo de diferentes envasados con atmósferas modificadas sobre el crecimiento y supervivencia de las cepas aisladas más frecuentemente en matadero de *Salmonella* y *Campylobacter*, y evaluar el efecto de estos gases sobre las características físico-químicas y sensoriales sobre la carne de pollo.

Material y métodos

Cepas bacterianas y preparación de los cultivos.

Se emplearon cultivos puros de cepas de *Salmonella* y *Campylobacter* aisladas en un estudio previo a nivel de matadero para estimar el efecto de diferentes envasados con atmósferas modificadas sobre la supervivencia de estos patógenos en la carne de pollo.

Para la preparación de los cultivos de *Campylobacter* se sembraron las cepas en agar Columbia sangre (AES laboratories®, Bruz Cedex, France), y se incubaron a 41,5°C durante 48h en atmósfera microaerofílica (5% O₂, 85% N₂, 10% CO₂), (CampyGen®, Oxoid). Posteriormente se transfirieron las colonias aisladas a un caldo de cultivo cerebro corazón infusión (BHI, Oxoid, Barcelona, España) y se incubaron en atmósfera microaerofílica bajo las condiciones que se indican anteriormente, para incrementar el recuento de bacterias.

En el caso de *Salmonella* se sembraron las cepas en agar McConkey (AES Laboratoire, Combourg, France) y se incubaron a 37°C durante 24 h.

Las colonias aisladas de *Campylobacter* y *Salmonella* se transfirieron a caldo de cultivo cerebro corazón (BHI, Oxoid, Barcelona, Spain) y Luria-Bernati (LB, Scharlau®, Barcelona, Spain), respectivamente y se incubaron en las mismas condiciones de descritas anteriormente para cada microorganismo.

Tras el periodo de incubación se midió la densidad óptica de los cultivos a 600 nm (OD_{600}) mediante espectrofotometría (UV-1, Thermo Electron Corporation, Cambridge, UK). Los cultivos bacterianos se diluyeron utilizando caldos de cultivo LB y BHI, hasta alcanzar una OD_{600} final de 0,2 (6 log₁₀ UFC ml⁻¹). A continuación se sometieron a centrifugación para recuperar las células bacterianas y se resuspendieron en MRD hasta lograr una concentración final de 6 log₁₀ UFC ml⁻¹ ($OD_{600} = 0.2$) para ambas bacterias.

Preparación de las muestras en el envasado con atmósferas modificadas (AM).

Todas canales de pollo utilizadas en el estudio se obtuvieron de un mismo lote proveniente del mismo matadero avícola.

Se trocearon las canales con el fin de obtener un total de 288 piezas de pechuga de pollo con el mismo tamaño y peso (25g), y se colocaron en bandejas de polipropileno (Amcor Flexibles, Barcelona, España).

Para estudiar el efecto de los diferentes gases sobre la calidad microbiológica de la carne, se envasaron 72 trozos bajo diferentes atmósferas modificadas utilizando las siguientes mezclas gaseosas (MAP-A: 50%/50% N₂ / CO₂, MAP-B: 50%/50% N₂ / O₂, MAP-C: 30%/70% O₂ / CO₂, MAP-D: 50%/50% N₂ / Ar.).

Inoculación en filetes de pechuga.

Tras el envasado de las muestras de carne se procedió a la inoculación de los cultivos bacterianos. Para ello se dispensaron 100 µl del inóculo sobre la superficie de los filetes a través de una jeringuilla en 36 de las bandejas para *Salmonella* y 36 para *Campylobacter*. La concentración inicial en ambos cultivos bacterianos fue de 6.5 ± 0.2 log₁₀ UFC/g. Una concentración relativamente alta, pero con la finalidad de poder detectar una reducción bacteriana de tres a cuatro unidades. Finalmente las muestras se almacenaron a 4°C en condiciones de oscuridad.

Análisis microbiológicos.

Se realizaron recuentos de *S. Enteritidis* y *C. jejuni* en las muestras a los 0, 4, 8, 16, y 20 días de almacenamiento. El recuento de patógenos se llevó a cabo por triplicado. Se añadió a cada muestra 225 ml de peptona tamponada al 0,1% (BWP, AES, Valencia, España), y se homogenizó la muestra en un stomacher (230 rpm durante 120 segundos, Stomacher®400 circulator, Seward Ltd., Worthing, UK). Esta dilución inicial, se diluyó seis veces más y 100 µl de cada dilución se sembraron en agar mCCDA para *Campylobacter* y en agar McConkey para *Salmonella*, y se incubaron en las mismas condiciones que las descritas anteriormente. Tras la incubación se realizó el recuento de las colonias de *Salmonella* y *Campylobacter*. A continuación se obtuvieron ocho colonias al azar (2 colonias sospechosa de cada placa) de cada día de muestreo y se analizaron de para confirmar la presencia de ambos patógenos. Para la confirmación de *Salmonella* se utilizó la tira API-E20 y en el caso de *Campylobacter* se evaluó mediante microscopia de campo oscuro la morfología así como la motilidad de las colonias.

Análisis físico-químico.

El resto de muestras (n=36) se empleó para realizar el análisis físico-químico, donde se determinaron los niveles de pH, se midió el color y se realizó un análisis sensorial de los filetes de pollo, cuya evaluación la llevó a cabo un jurado de 6 personas. Cada una de las muestras se codificó y se presentó al jurado de manera aleatoria. Las características que se examinaron fueron la apariencia, el olor y la aceptabilidad global.

Resultados y discusión

Los resultados de este estudio demuestran que el envasado en atmósfera de anaerobiosis (AM-A: 50%/50% N₂/CO₂) de la carne de pollo fue el método más efectivo para el control del crecimiento de *Salmonella*, ya que permitió una reducción de los recuentos de *Salmonella* hasta los 8 días de almacenamiento. Resultados similares han sido publicados por otros autores que estudiaron el efecto de altas concentraciones de CO₂ (70%/30% CO₂/N₂) sobre *Salmonella* Infantis en pechugas de pollo, y observaron que los recuentos de *Salmonella* se redujeron en un 72% manteniéndose una estabilidad de la misma, conservada a 7°C. (Khawla et al., 2005). Sin embargo el empleo de la atmósfera comercial (AM-C: 30%/70% O₂/CO₂) con un mayor porcentaje de CO₂ y con alto porcentaje de O₂, es capaz de controlar el crecimiento de la bacteria únicamente hasta el cuarto día de almacenamiento. El CO₂ se emplea habitualmente como agente antimicrobiano en las mezclas gaseosas de envasado de carne fresca, ya que se ha comprobado que inhibe el crecimiento de enterobacterias, incluida *Salmonella* (Floros and Matsos, 2005). No obstante, para garantizar la eficiencia de este gas frente a microorganismos aeróbicos se requieren altos porcentajes de dióxido de carbono de entre el 20-60% (McMillin, 2008), y su efectividad depende además de otros factores como la concentración inicial del gas, la carga bacteriana inicial, la temperatura a la que se almacenen las muestras y el tipo de alimento (Oscar, 2007; Hulánková et al. 2010; Fernandes *et al.*, 2014). De acuerdo con los resultados observados por Provincial et al. (2013), los productos envasados de atmósferas modificadas con concentraciones elevadas de CO₂ permiten una mayor inhibición/control del crecimiento de *Salmonella* que los envasados en una concentración inferior o en ausencia de CO₂. Por el contrario, los resultados de este estudio revelan que el uso de atmósferas con una alta concentración de O₂ (AM-B) y Ar (AM-D) no es efectivo para el control del crecimiento de *Salmonella* (Enomoto et al., 1997; Debs-Louka et al., 1999; Parra et al. 2010).

Contrariamente a los resultados obtenidos para *Salmonella*, se observó que la aplicación de una mezcla de gases con alta concentración de O₂ (AM-B y AM-D) resultó más efectiva para el control del crecimiento de *Campylobacter*. Sin embargo, el envasado en atmósfera de anaerobiosis (AM-A) no tuvo ningún efecto sobre el crecimiento de *Campylobacter*, dando lugar a recuentos elevados durante todo el proceso de almacenamiento. Boysen et al. (2007) observaron también que *C. jejuni* tenía una supervivencia mayor en condiciones de anaerobiosis (AMs: 100% N₂ y 70%/30% N₂/CO₂) que bajo atmósferas aerobias (70/30% O₂/CO₂), confirmando que el CO₂ ayudaba a la supervivencia de *Campylobacter*. Un efecto similar fue descrito por Wesley and Stadelman (1985) como resultado de la reducción de oxígeno en las atmósferas modificadas. Por otra parte, Rajkovic et al. (2010) demostraron que la supervivencia de *C. jejuni* apenas se vio afectada con el envasado en atmósferas con alto porcentaje en CO₂ (80%), respecto a las que contenían un elevado porcentaje de O₂ (80%). Además, observaron que en la exposición a condiciones elevadas de O₂, las células modificaban su estructura, volviéndose alargadas, dando lugar a formas no cultivables, afectando por lo tanto a su crecimiento en los medios de cultivo selectivos.

La efectividad del uso de atmósferas modificadas con Ar (AM-D) en el control de *Campylobacter* fue menor que en el caso de atmósferas modificadas combinadas con altas concentraciones de oxígeno (AM-B y AM-C). Sin embargo, al final del almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre ambas atmósferas, pues todas ellas inhibieron el crecimiento de *Campylobacter*. Hasta donde hemos sido capaces de conocer, no se ha realizado ningún estudio sobre el efecto del Ar frente al crecimiento de *Campylobacter*. Sin embargo, sí que se han publicado estudios sobre el efecto beneficioso del argón, que indican que se reduce la actividad del agua intracelular, disminuyendo la lixiviación del material orgánico y la penetración de los microorganismos en los tejidos (Wu, Zhang and Adhikari, 2012; Wu, Zhang and Wang, 2012). No obstante, son necesarios más estudios sobre el efecto del Ar en la supervivencia de *Campylobacter* en la carne de pollo.

Por lo que respecta a las características físico-químicas de la carne de pollo y de acuerdo con otros estudios realizados, no se observaron variaciones significativas ni en el pH ni en el color de la carne (Vongsawasdi *et al.*, 2008; Melero *et al.*, 2012; Herbert *et al.*, 2013). En cuanto a la evaluación del olor, los jueces prefirieron la carne envasado bajo la AM-A. Sin embargo en lo relativo a la apariencia y aceptabilidad general, las muestras envasadas bajo las condiciones de la AM-D (50%/50%, N₂/Ar) obtuvieron la mejor puntuación de los jueces, y las envasadas bajo la AM-B (50%/50%, N₂/O₂) recibieron la puntuación más baja. Se ha observado que el empleo de O₂ para la conservación de la carne de pollo ocasiona pérdidas en su calidad (Vukasovic, 2014). Este hecho podría explicarse porque un aumento en la concentración de oxígeno podría inducir la oxidación de los lípidos, ocasionando carnes rancias y con malos olores, que pueden ser detectados fácilmente por el consumidor (Campo *et al.*, 2003). Además, los altos niveles de oxígeno pueden provocar la pérdida de los aminoácidos esenciales que acompañan a la carne dando lugar a una disminución del valor nutricional y digestibilidad de la misma (Vukasovic, 2014).

A la vista de los resultados obtenidos en este estudio, podemos concluir que el argón sería una alternativa innovadora de envasado a las atmósferas convencionales que emplean N₂ como gas inerte. Sin embargo, resulta esencial continuar con esta línea de estudio para conseguir el desarrollo de una atmósfera modificada que combine diferentes porcentajes de los gases estudiados, con el fin de conseguir una inhibición del crecimiento de *Salmonella* y *Campylobacter*, y mantener al mismo tiempo las características físico-químicas y sensoriales del producto.

Agradecimientos

Nos gustaría dar las gracias al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) por permitirnos utilizar una parte de sus instalaciones y equipamiento, así como al personal del Centro de Tecnología Poscosecha-IVIA por su valioso apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Sofía Ingesa fue respaldada por una beca de investigación del Ministerio español de Educación (número de programa FPU13/03306).

Bibliografía

- ARVANITTOYANNIS I. S., and STRATAKOS, A. CH.** (2012) Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry. *Food and Bioprocess Technology* **5**: 1423-1446.
- BOYSEN, L., KNOCHEL, S., and ROSENQUIST, H.** (2007) Survival of *Campylobacter jejuni* in different gas mixtures. *FEMS Microbiology Letters* **266**: 152-157.
- CAMPO, M.M., NUTE, G.R., WOOD, J.D., ELMORE, S.J., MOTTRAM, D.S., and ENSER, M.** (2003) Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro. *Meat Science* **3**: 367-375.
- CAPITA, R., ALONSO-CALLEJA, C., and PRIETO, M.** (2007) Prevalence of *Salmonella* enterica serovars and genovars from chicken carcasses in slaughterhouses in Spain. *Journal of Applied Microbiology* **103**: 1366-1375.
- CORNFORTH, D., and HUNT, M.** (2008) Low oxygen packaging of fresh meat with carbon monoxide: meat quality, microbiology and safety. *AMSA White Paper Series* **2**: 1-10.
- DEBS-LOUKA, E., LOUKA, N., ABRAHAM, G., CHABOT, V., and ALLAF, K.** (1999) Effect of compressed carbon dioxide on microbial cell viability. *Applied and Environmental Microbiology* **65**: 626-631.

- DIXON, N.M., and KELL, D.B.** (1989) The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of microorganisms. *Journal of Applied Bacteriology* **67**: 109-136.
- EFSA (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control).** (2015) The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2013. *EFSA Journal* **13**, 3991.
- ENOMOTO, A., NAKAMURA, K., HAKODA, M., and AMAYA, N.** (1997) Lethal effect of high-pressure carbon dioxide on a bacterial spore. *Journal of Fermentation and Bioengineering.* **83**: 305-307.
- EU.** Directive No. 95/2/CE. Commission Decision 20/02/1995, on food additives other than colours and sweeteners. Off. J. L 1195; 61:0001–0040.
- FACHON, N.** (2002) Modification de l'atmosphère de conservation (sous vide, gaz). Cours International de Microbiologie et Maitrise de la Sécurité des Aliments. Institut Pasteur de Lille, Lille, France.
- FARBER, J.M.** (1991) Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology – A review. *Journal of Food Protection* **54**: 58-70.
- FERNANDES, R. FREIRE, M.T., PAULA, E.S., KANASHIRO, A.L., CATUNDA, F.A., ROSA, A.F., BALIEIRO, J.C., and TRINDADE, A.M.** (2014) Stability of lamb loin stored under refrigeration and packed in different modified atmosphere packaging systems. *Meat Science* **96**: 554-561.
- FLORES, J.D. and MATSOS, K.I.** (2005) Introduction to modified atmosphere packaging, in: *Innovations in Food Packaging* (J.H. Han, ed.), pp 159-172, London: Elsevier Ltd.
- FRAQUEZA, M.J., and BARRETO, A.S.** (2009) The effect on turkey meat shelf life of modified-atmosphere packaging with an argon mixture. *Poultry Science* **88**: 1991-1998.
- HENCHION, M., MCCARTHY, M., RESCONI, V.C., and TROY, D.** (2014) Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat Science* **98**: 561-568.
- HERBERT. U., ROSSAINT, S., KHANNA, M.A., and KREYENSCHMIDT, J.** (2013) Comparison of argon-based and nitrogen-based modified atmosphere packaging on bacterial growth and product quality of chicken breast fillets. *Poultry Science* **92**: 1348-1356.
- HORTON, A. J., HAK, K.M., STEFFAN, R.J., FOSTER J.W., and BEJ. A.K.** (2000) Adaptive response to cold temperatures and characterization of cspA in *Salmonella* Typhimurium LT2. *Antonie van Leeuwenhoek* **77**: 13–20.
- HULÁNKOVÁ R., BOŘILOVÁ, G., and STEINHAUSEROVÁ, I.** (2010) Influence of modified atmosphere packaging on the survival of *Salmonella* Enteritidis PT 8 on the surface of chilled chicken legs. *Acta Veterinaria Brno* **79**: S127-S132.
- JEFFREYS, A. G., HAK, K.M., STEFFAN, R.J., FOSTER, W., and BEJ, A.K.** (1998) Growth, Survival and Characterization of cspA in *Salmonella enteritidis* Following Cold Shock. *Current Microbiology* **36**: 29-35.
- KHAWLA S., AL-HADDAD, H., RASHA, A.S., and AL-QASSEMI, ROBINSON, R.K.** (2005) The use of gaseous ozone and gas packaging to control populations of *Salmonella infantis* and *Pseudomonas aeruginosa* on the skin of chicken portions. *Food Control* **16**: 405-410.
- KOZAČINSKI, L., CVRČILA FLECK, Ž., KOZAČINSKI, Z., FILIPOVIĆ, I., MITAK, M., BRATULIĆ, M., and MIKUŠ, T.** (2012) Evaluation of shelf life of pre-packed cut poultry meat. *Veterinarski Arhiv* **82**: 47-58.
- KUDRA, L.L., SEBRANEK, J.G., DICKSON, J.S., MENDONCA, A.F., ZHANG, Q., JACKSON-DAVIS, A., and PRUSA, K.J.** (2013) Control of *Campylobacter jejuni* in chicken breast meat by irradiation combined with modified atmosphere packaging including carbon monoxide. *Journal of Food Protection* **75**: 1728-1733.

- MC MILLIN, K. W.** (2008) Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science* **80**: 43-65.
- MELERO, B., DIEZ, A.M., RAJKOVIC, A., JAIME, I., ROVIRA, J.** (2012) Behaviour of non-stressed and stressed *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter jejuni* cells on fresh chicken burger meat packaged under modified atmosphere and inoculated with protective culture. *International Journal of Food Microbiology* **158**: 107-112.
- MORGAN, N.** (2007) Argon-the noble protector. <http://www.gasworld.com/news.php?a=1706>. Accessed on July 2015.
- NYCHAS G.J., and TASSOU, C.C.** (1996) Growth/survival of *Salmonella enteritidis* on fresh poultry and fish stored under vacuum or modified atmosphere. *Letters in Applied Microbiology* **23**: 115-119.
- OSCAR, T.P.** (2007) Predictive models for growth of *Salmonella typhimurium* DT 104 from low and high initial density on ground chicken with a natural microflora. *Food Microbiology*. **24**: 640-651.
- PARRA, V., VIGUERA, J., SANCHEZ, J., PEINADO, J., ESPARRAGO, F., GUTIERREZ, J.I., and ANDRÉS, A.I.** (2010) Modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period chilled storage of dry-cured Iberian ham. *Meat Science* **84**:760-768.
- PROVINCIAL, L., GUILLÉN, E., ALONSO, V., GIL, M., RONCALÉS, P., and BELTRÁN, J.A.** (2013). Survival of *Vibrio parahaemolyticus* and *Aeromonas hydrophila* in sea bream (*Sparus aurata*) fillets packaged under enriched CO₂ modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology* **166**: 141-147.
- RAJKOVIC, A., TOMIC, N., SMIGIC, N., UYTENDAELE, M., RAGAERT, P., and DEVLIEGHIERE, F.** (2010). Survival of *Campylobacter jejuni* on raw chicken legs packed in high-oxygen or high-carbon dioxide atmosphere after the decontamination with lactic acid/sodium lactate buffer. *International Journal of Food Microbiology* **140**: 201-206.
- RUIZ-CAPILLAS C., and JIMÉNEZ-COLMENERO, F.** (2010) Effect of an argon-containing packaging atmosphere on the quality of fresh pork sausages during refrigerated storage. *Food Control* **21**: 1331-1337.
- SHIN, J., HARTE, B., RYSER, E., and SELKE, S.** (2010) Active packaging of fresh chicken breast, with allyl isothiocyanate (AITC) in combination with modified atmosphere packaging (MAP) to control the growth of pathogens. *Journal of Food Science* **75**: 65-71.
- VONGSAWASDI, P., WONGWICHARN, A., KHUNAJAKR, N., DEJSUK, N.** (2008) Shelf-life Extension of Precooked Chicken Fillets by Modified Atmosphere Packaging. *Kasetsart Journal (Natural Science)* **42**:127-135.
- VUKASOVIC, T.** (2014) European meat market trends and consumer preference for poultry meat in buying decision making process. *World's Poultry Science Journal* **70**: 289-302.
- WASSENAR, T.M.** (2011) Following an imaginary *Campylobacter* population from farm to fork and beyond: a bacterial perspective. *Letters in Applied Microbiology* **53**: 253-263.
- WESLEY, R. D., and STADELMAN, W.J.** (1985) The effect of carbon dioxide packaging on detection of *Campylobacter jejuni* from chicken carcasses. *Poultry Science* **64**: 763-4.
- WHO (World Health Organization)** (2011) *Campylobacter*. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs255/en/>. Accessed on July 2015.
- WU, Z. S., ZHANG, M., and WANG, S.** (2012) Effects of high-pressure argon treatments on the quality of fresh-cut apples at cold storage. *Food Control* **23**: 120-127.