

APLICACIÓN DE FOTOHIDROIONIZACIÓN SOBRE CARNE DE CERDO Y SU EFECTO SOBRE POBLACIÓN MICROBIANA, OXIDACIÓN Y VIDA DE ANAQUEL DEL ALIMENTO.

Vara- Rangel César Alberto^a; Ballesteros- Torres Juan Manuel; Fuentes- Tamez Aldo Gesel; García Reyes Luis Felipe; Cabello Treviño Luis Alberto

Productora de Bocados Cárnicos (PROBOCA), Departamento de desarrollo de nuevos productos, Carretera Santa Rosa km 3, CP 66600, Apodaca Centro, Apodaca, Nuevo León, México. auxiliar.proyectos@proboca.net

RESUMEN

Los mecanismos fisicoquímicos existentes en la industria alimenticia se pueden conjuntar con el objetivo de incrementar la calidad y vida de anaquel de los productos. La fotohidroionización es un método novedoso que conjunta factores fisicoquímicos para la producción de sustancias oxidantes, en cantidades y concentraciones idóneas para fungir como agente microbicida conservando la inocuidad del alimento tratado, sin influir de manera negativa en él. En el presente estudio se aplicaron dos tiempos de tratamiento de fotohidroionización que genera 1 ppm de H₂O₂, como agente microbicida. Se analizó, en una etapa inicial y una final, vida de anaquel, cuentas bacterianas e índice de peróxido para determinar rancidez del producto. Las cuentas iniciales no presentaron diferencias significativas entre sí. En las etapas finales, las UFC del control fueron mayores ($4.9 \times 10^5 \pm 1.46 \times 10^4$), además de mayor oxidación (18.7 ± 0.6 mEq/kg) y menor vida de anaquel (18.67 ± 1.53 días), esto en comparación con los tratamientos de 1 min ($= 3.76 \times 10^5 \pm 2.51 \times 10^4$; IP= 13.7 ± 0.62 mEq/kg; VA= 28.33 ± 2.52 días) y 3 min ($3.26 \times 10^5 \pm 3.51 \times 10^4$; IP= 13.1 ± 0.91 mEq/kg; VA= 29 ± 6.24 días) que no presentaron diferencias entre sí. La conjunción de tecnologías como está con distintas metodologías para el incremento de vida de anaquel y potenciación de la calidad los alimentos es una alternativa futura en la empresa.

ABSTRACT

The physicochemical mechanisms existent in the nutritious industry can be joined with the objective of life quality increase and shelf life of those products. The photo-hydro-ionization is a novel method that joint physicochemical factors for the production of oxidant substances, in quantities and concentrations sustainable to serve as a microbicide agent conserving the safety of the treated food, without negatively influencing it. In the present study, two-time photo-hydro-ionization treatments were applied that generated 1 ppm of H₂O₂, as a microbicidal agent. It was analyzed at an initial stage and at a final, shelf life, bacterial counts, and index peroxide to determine rancidity of the product. In the final stages, the UFC of control were higher ($4.9 \times 10^5 \pm 1.46 \times 10^4$), besides major oxidation (18.7 ± 0.6 mEq/kg) and minor shelf life (18.67 ± 1.53 days), this is comparison to the 1 min ($= 3.76 \times 10^5 \pm 2.51 \times 10^4$; IP= 13.7 ± 0.62 mEq/kg; VA= 28.33 ± 2.52 days) treatment and the 3 min ($3.26 \times 10^5 \pm 3.51 \times 10^4$; IP= 13.1 ± 0.91 mEq/kg; VA= 29 ± 6.24 days) showed no differences in between. The conjunction of technologies like this one along with distinct methodologies for the increment of shelf life and empowerment of the quality of foods is a future alternative in the business.

Palabras clave:

Unidades formadoras de colonia, vida de anaquel, Fotohidroionización

Key words:

Colony forming units, shelf life, photohydroionization

Área: Microbiología y Biotecnología, Cárnicos

INTRODUCCIÓN

La industria alimenticia ha enfocado sus esfuerzos a la búsqueda de tecnologías que le permitan reducir los riesgos de contaminación, y por ende incrementar en los alimentos su inocuidad, promoviendo la sustitución de los procesos termales tradicionales como la pasteurización; reduciendo lo más posible la utilización de conservadores. Se enfoca la irradiación de los

alimentos en tratamientos post- letales de carnes, tratamientos de superficies que entran en contacto con los alimentos extendiendo la vida de anaquel de los mismos (Koutchma, 2008). La luz ultra violeta (UV) se define como una porción del espectro ondas electromagnéticas viajando a través del espacio, estas ondas se caracterizan por tener una longitud de onda en un rango de 100- 400nm. Se divide en cuatro porciones de luz UV: a) UV- A (315 y 400nm) que genera un proceso de “curtido” sobre la piel; b) UV- B (280 y 315nm) que causa quemaduras en la piel y puede llevar a la generación de cáncer; c) UV- C (200- 280nm) también llamado rango germicida; d) UV- vacío (100- 200nm) solo es absorbida y transmitida en el vacío. (Koutchma, 2009). Se ha documentado que la aplicación de luz UV es un método físico utilizado para la reducción de poblaciones de microorganismos en la superficie de distintos tipos de carnes (Kaess y Weidemann, 1973; Huang y Toledo, 1982; Stermer *et al.*, 1987). Los daños observados en las células microbianas se presentan en la doble cadena del ADN de las células (roturas ligeras, formación de dímeros de pirimidina) (Takeshita *et al.*, 2003). Diferentes estudios han demostrado que la aplicación de luz UV influye en el decremento de bacterias psicrófilas, patógenas y levaduras, presentes en distintos alimentos (Koutchma, 2009).

Por otra parte, estudios realizados por Sommers y colaboradores (2009), demuestran que la aplicación de luz UV es eficaz para reducir la carga microbiana de alimentos cárnicos y vegetales, además de ser eficaz para la desinfección de superficies de acero inoxidable donde se procesan alimentos, presentando actividad microbicida contra *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes* y *S. aureus*.

La conjunción de factores fisicoquímicos como luz UV, agua, oxígeno y donadores de electrones como algunos metales pueden generar productos altamente oxidantes que pueden ser aplicados como agentes antimicrobianos. Un estudio realizado por Saini (2012) demostró que la utilización de luz UV para la generación de componentes oxidantes con actividad microbicida (proceso conocido como fotoionización) arrojaba decrementos significativos ($p < .05$) en las UFC de *L. monocytogenes*, en superficies de acero inoxidable (15 minutos de aplicación), en queso americano y pavo listo para comer (exposiciones de 5min). Aunado a esto, Saini y colaboradores (2014) demostraron que alimentos sometidos a una exposición de 5 min disminuía la carga microbiana de estos; lo anterior sin influir sobre la oxidación de las grasas presentes en los alimentos, evitando la rancidez de estos por acción del proceso

La empresa PROBOCA, comprometida con el desarrollo tecnológico, la investigación y con el objetivo principal de implementar metodologías con tecnología de punta que permitan incrementar la vida de anaquel de nuestros productos, y obtener productos terminados de mayor seguridad y calidad, se planteó el presente estudio para evaluar el efecto sobre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos (índice de peróxido), sensoriales y vida de anaquel la de carne de cerdo posterior a un tratamiento con un proceso de fotohidroionización sobre la superficie de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aplicación de radiación con luz UV

Para el presente experimento se utilizaron tres tratamientos de fotohidroionización: Carne de puerco sin aplicación de del tratamiento (control), carne de puerco expuesta durante 1 min y

carne de puerco expuesta durante tres minutos. El proceso fue realizado en un túnel de fotohidroionización (RGF TEST UNIT PHOTOHYDROIONIZATION TUNNEL). El fundamento de este proceso radica en la producción de agentes oxidantes (H_2O_2) producto de la combinación de $H_2O + O_2$ activados por luz UV y un catalizador metálico. El peróxido de hidrógeno es producido a una concentración de 1 ppm, resultando ser adecuado para una acción microbicida y al mismo tiempo ser inocuo para el ser humano (Información del proveedor. Cita no disponible). Las muestras fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis, cuidando de ser transportadas a una temperatura no mayor a $4^\circ C$; ya en el laboratorio se realizaron las pruebas de durabilidad (análisis microbiológicos, químicos y sensoriales).

La totalidad de los ensayos se hicieron en un tiempo inicial y un tiempo final, por lo que se proporcionaron las muestras necesarias y con características similares para su realización.

Vida de anaquel

Para la determinación de la vida de anaquel se utilizó como referencia el método de prueba acelerada Q_{10} , descrito por Labuza y Fu (1993). Q_{10} es un factor de aceleración o proporcionalidad por el que se multiplica la constante de velocidad de una reacción (k ; $\Delta T/10$), cuando se incrementa en $10^\circ C$ la temperatura a la que se realiza la prueba. La ecuación utilizada para la prueba acelerada de vida de anaquel es la siguiente:

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = F_1/F_2$$

- F_1 = Frecuencia de la temperatura alta
- F_2 = Frecuencia de la temperatura baja
- $\Delta T/10 = T_1 - T_2$

El resultado se dará en días de vida de anaquel, tomando en cuenta el tiempo al que el alimento presente cambios en relación al tiempo inicial.

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron en base a la metodología descrita en las normas oficiales mexicanas. Se realizó el análisis de mesofílicos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994), coliformes fecales (NOM-112-SSA1-1994), hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994), *Staphylococcus aureus* (NOM-115-SSA1-1994) y la determinación de *Salmonella* spp (NOM-114-SSA1-1994).

Análisis de peróxido

Para la determinación de la oxidación de las grasas del alimento se realizó la determinación del índice de peróxido, el cual se fundamenta en la determinación de miliequivalentes de peróxido por kilogramo de muestra. El objetivo de esta prueba es determinar la rancidez de los alimentos midiendo el grado de oxidación de las grasas. Se considera rancio un alimento en el cual se determinan ≥ 20 meq/ kg de peróxido. La metodología se realizó tomando como referencia la norma NMX-F-154-1987.

Análisis sensoriales

El análisis sensorial de las muestras se basó en las características de los alimentos que pueden ser percibidas a través de los sentidos (gusto, tacto, vista, olfato, etc). En el presente estudio se analizó el olor, color, sabor y aspecto de las muestras. (Reséndiz- Cruz et al., 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron los resultados de los análisis microbiológicos donde no se detectaron cuentas en los análisis para coliformes totales y fecales, hongos y levaduras, *S. aureus* y *Salmonella* sp; en cambio, si se presentaron unidades formadoras de colonia (UFC) en las cuentas de bacterias mesofílicas aerobias (Figura 1). Dicho fenómeno se presentó para ambos tiempos.

En el tiempo inicial se presentaron cuentas de mesofílicos aerobios en la totalidad de los tratamientos (Control= $1.8 \times 10^4 \pm 1.15 \times 10^3$; 1 min= $1.7 \times 10^4 \pm 2.08 \times 10^2$; 3 min= $1.01 \times 10^4 \pm 8.08 \times 10^2$) no presentando diferencia entre sí.

En el caso del tiempo final, el control arrojó una mayor cantidad de UFC ($4.9 \times 10^5 \pm 1.46 \times 10^4$) siendo significativamente diferente en comparación con los otros tratamientos (1 min= $3.76 \times 10^5 \pm 2.51 \times 10^4$; 3 min= $3.26 \times 10^5 \pm 3.51 \times 10^4$). Los tratamientos de 1 min y 3 min no presentaron diferencias entre sí. En el presente estudio se observó la disminución de las cargas microbianas en ambos tiempos de exposición en relación al control atribuyendo esto a la exposición a la radiación y los agentes oxidantes, sin embargo, las células presentan mecanismos de reparación a los daños provocados por radiación y agentes oxidantes, dichos mecanismos de observan en procesos de división celular, reparación recombinacional del ADN, proteólisis, entre otros (Harris et al., 2009) lo cual puede fungir como resistencia a la radiación y los agentes oxidantes. La optimización del tiempo y condiciones de exposición de la carne de cerdo es una alternativa importante para maximizar los resultados de actividad bactericida.

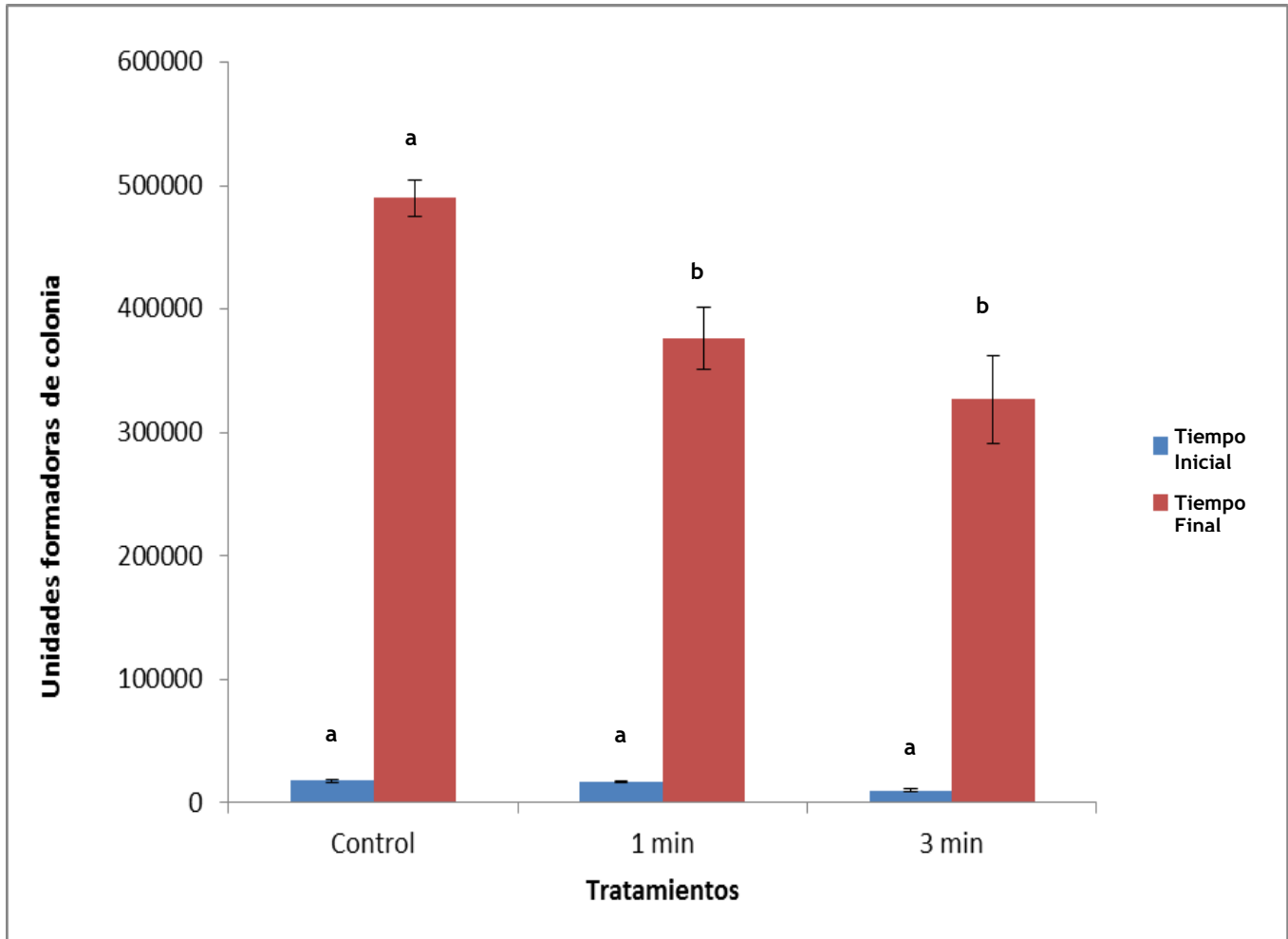


Figura 1. Cuentas microbianas de bacterias mesófilas aerobias. En el gráfico se representan los promedios y desviaciones estándar de las UFC (estudio realizado por triplicado) en ambos tiempos, inicial y final, del total de los tratamientos. Las letras encima de cada barra representan los grupos que exponen las diferencias significativas entre los datos analizados.

Por otra parte, la medición del índice de peróxido también se evaluó con fines de analizar la influencia de los tratamientos sobre la oxidación lipídica y, por ende, sobre la rancidez del producto. Se considera la presencia de rancidez en un alimento cuando los valores registrados son ≥ 20 mEq/kg. Se observó en la Figura 2, la cantidad de peróxido en las muestras en su etapa inicial y final.

El análisis realizado en su etapa inicial demostró que no existe diferencia significativa entre el control ($C = 0.53 \pm 0.12$ mEq/kg) y los demás tratamientos (1 min = 0.47 ± 0.058 mEq/kg; 3 min = 0.43 ± 0.15 mEq/kg).

Al analizar los resultados en la etapa final, se encontró un incremento considerable cercano a los límites de rancidez en el índice de peróxido en el control (18.7 ± 0.6 mEq/kg) y en ambos

tratamientos (1 min= 13.7 ± 0.62 mEq/kg; 3 min= 13.1 ± 0.91 mEq/kg), lo anterior en relación a los tiempos iniciales. Existió diferencia significativa al comparar el control, que presentó un índice de peróxido mayor, contra ambos tratamientos, que no presentaron diferencias significativas entre ellos. Se ha observado que la utilización del sistema de fotohidroionización no produce efectos oxidantes en algunos vegetales como espinacas (McKay, 2012), queso y muestras de pavo (Saini 2014), por lo que el incremento del índice de peróxido observado en todos los casos puede ser efecto del metabolismo microbiano presente.

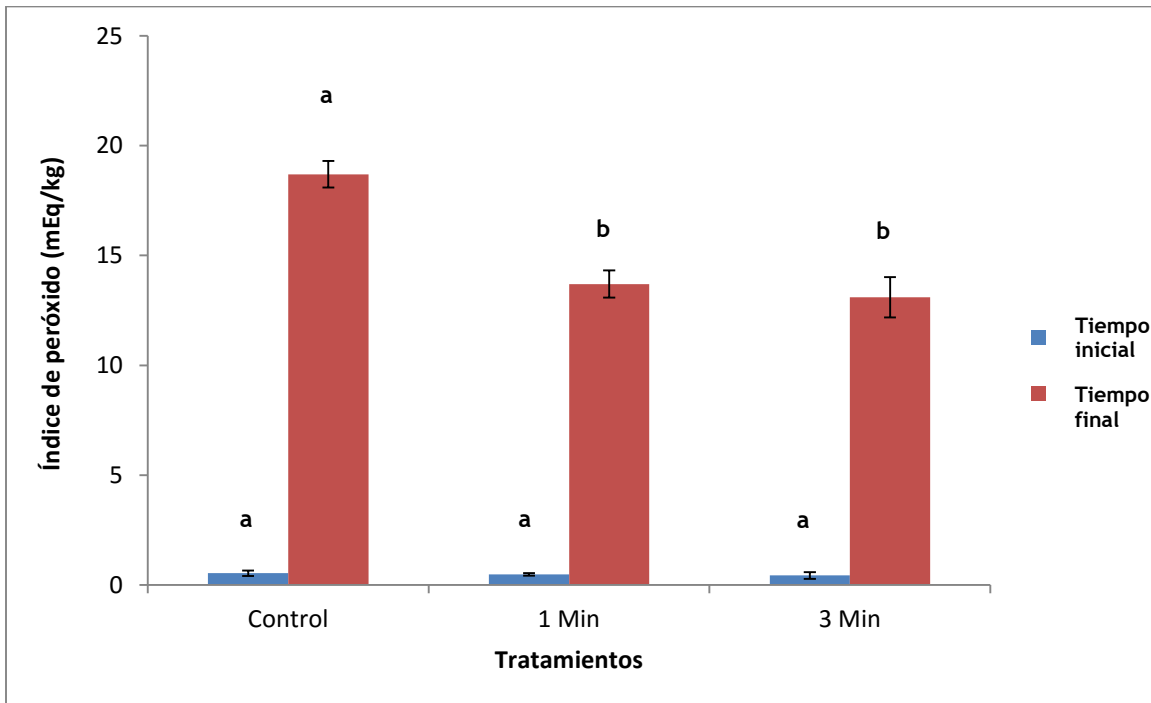


Figura 2. Índice de peróxido para la determinación de oxidación lipídica. Se observa el incremento de peróxido en las muestras analizadas en el tiempo final observando las diferencias entre ambos tiempos de análisis. Las barras representan el promedio y desviación estándar de análisis realizados por triplicado. Las letras en la parte superior de las barras indica las diferencias entre los datos.

El análisis sensorial consistió en evaluar las características de las muestras, de manera que se pudiera establecer una descripción que nos permitiera identificar las diferencias existentes entre las muestras analizadas en su tiempo inicial y aquellas evaluadas en su tiempo final. Con el paso de los días, se presentaron distintos cambios en los alimentos sin embargo fueron muy parecidos. Características como olor, color, sabor y aspecto fueron analizadas encontrando diferencias puntuales entre las muestras (Tabla I). También se comparó la vida de anaquel del control y ambos tratamientos. Se encontró que la vida de anaquel del control (18.67 ± 1.53 días) fue menor y significativamente diferente a la de ambos tratamientos (1 min= 28.33 ± 2.52 días; 3 min= 29 ± 6.24 días), que no presentaron diferencias significativas entre sí.

La calidad de la carne y sus productos puede ser degradada por acción enzimática y microbiana, ocurriendo oxidación lipídica, hidrólisis protéica y pérdida de otras biomoléculas de valor impactando de manera negativa sobre el sabor, ternura, jugosidad, olor y textura (Dave y Ghaly,

2011). Los tratamientos aplicados en el presente estudio redujeron significativamente la carga microbiana e incrementaron la vida de anaquel en un 45- 50%, por lo que se considera un método efectivo para la reducción de microorganismos contaminantes en alimentos. La combinación con otras técnicas de conservación de alimentos sumado a una optimización en el proceso, podría incrementar aún más los atributos antes mencionados, en el producto.

Tabla I. Descripción de los aspectos evaluados en el ensayo sensorial y vida de anaquel. La tabla expone los resultados de la evaluación sensorial al momento inicial y final de la prueba, así como el promedio y desviación estándar de la vida de anaquel expresada en días. En la mayoría de los aspectos hay cambios puntuales y considerables entre las muestras iniciales y las finales.

Tratamiento	Vida de anaquel (días)	Olor		Sabor		Color		Aspecto	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Control	18.67± 1.53	Carac *	Des +	Carac *	Des+	Carac *	Carac *	Carac *	Des+/ viscoso
1 min	28.33± 2.52	Carac *	Des +	Carac *	Carac *	Carac *	Des+	Carac *	Carac*
3 min	29± 6.24	Carac *	Des +	Carac *	Des+	Carac *	Pardo	Carac *	Des+/ viscoso

*= Característico

+ = Desagradable

CONCLUSIONES

Los tiempos de aplicación de fotohidroionización sobre el producto redujeron la carga microbiana en carne de cerdo, esto en relación a la cuenta viable obtenida del control.

El índice del peróxido fue menor en los productos que recibieron los diferentes tiempos de tratamiento de fotohidroionización.

La vida de anaquel del producto expuesto a los distintos tiempos de tratamiento fue 45- 50% mayor que aquella presente en el control

Al comparar todos los parámetros medidos, no hubo diferencia significativa entre los tiempos de tratamiento aplicados al producto.

Tendencias futuras

Se plantea en un futuro la aplicación de esta nueva tecnología en conjunto con otras modalidades de técnicas que permitan incrementar la vida de anaquel y, a su vez, potenciar las propiedades organolépticas del alimento buscando incrementar los atributos que le permitan un mejor posicionamiento en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

- Dave, D., & Ghaly, A. E. 2011. *Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 6(4), 486.
- Gill, C.O., Greer, G.G., 1993. *Enumeration and identification of meat spoilage bacteria*. Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Technical Bulletin 1993-8E. 24 pp.
- Gould, G. W., Abee, T., & Granum, P. E. 1995. *Physiology of food poisoning microorganisms and the major problems in food poisoning control*. International journal of food microbiology, 28(2), 121-128.
- Harris, D. R., Pollock, S. V., Wood, E. A., Goiffon, R. J., Klingele, A. J., Cabot, E. L., ... & Battista, J. R. 2009. *Directed evolution of ionizing radiation resistance in Escherichia coli*. Journal of bacteriology, 191(16), 5240-5252.
- Huang, Y., and R. Toledo, 1982. *Effect of high doses of high and low intensity UV irradiation on the surface microbiological counts and storage-life of fish*. J. Food Sci. 47:1667-1731
- in't Veld, J. H. H. 1996. *Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview*. International Journal of Food Microbiology, 33(1), 1-18.
- Kaess, G., and J. F. Weidemann, 1973. *Effects of ultraviolet irradiation on the growth of microorganisms on chilled beef slices*. J. Food Technol. 8:59-69.
- Koutchma, T. (2008). *UV light for processing foods*. Ozone: Science and Engineering, 30(1), 93-98.
- Koutchma, T., Forney, L. J., & Moraru, C. I. 2009. *Ultraviolet light in food technology: principles and applications*. CRC Press.
- Labuza, TP, and Fu, B. 1993. *Growth kinetics for shelf-life prediction theory and practice*. J. Ind. Microbiol., 12, 309-323.
- López, M. L. G. 2008. *Envasado a vacío y en atmósfera modificada y utilización potencial de los envases activos e inteligentes en la carne de aves*. In acc (p. 10).
- McKay, K. M. 2012. *Efficacy of advanced oxidation technology and lactic acid wash for controlling Escherichia coli O157: H7 in bagged baby spinach*(Doctoral dissertation, Kansas State University).
- McMullen, L.M., Stiles, M.E. 1993. *Microbial ecology of fresh pork stored under modified atmosphere at 1, 4 and 10 °C*. International Journal of Food Microbiology 18, 1– 14.
- MEXICANA, N. O. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación, 12, 6.
- MEXICANA, N. O. NOM-112-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. Diario Oficial de la Federación. DV, 14, 19.
- Mexicana, N. O. NOM-114-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos.[Links].
- Mexicana, N. O. NOM-115-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de Staphylococcus aureus en alimentos. Diario Oficial de la Federación, 504, 17-25.
- Norma Oficial Mexicana, alimentos. 1987.NMX-F-154
- Reséndiz-Cruz, V., Ramírez-Bribiesca, E., & Guerrero-Legarreta, I. 2013. *Empaque para la conservación de carne y productos cárnicos*. AGRO.
- Saini, J. K. 2012. *Control strategies for Listeria monocytogenes in ready-to-eat foods and on food contact surfaces* (Doctoral dissertation, Kansas State University).
- Saini, J. K., Marsden, J. L., Getty, K. J., & Fung, D. Y. 2014. *Advanced Oxidation Technology with Photohydroionization as a Surface Treatment for Controlling Listeria monocytogenes on*

Stainless Steel Surfaces and Ready-to-Eat Cheese and Turkey. Foodborne pathogens and disease, 11(4), 295-300.

Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-113- SSA1-1994. Determinación de la cuenta de coliformes totales en placa. México (DF): SSA, 1994.

Sommers, C. H., Sites, J. E., & Musgrove, M. 2010. *Ultraviolet light (254 nm) inactivation of pathogens on foods and stainless steel surfaces*. Journal of food safety, 30(2), 470-479.

Stermer, R. A., M. Lasater-Smith, and C. F. Brasington, 1987. *Ultraviolet Radiation—An effective bactericide for fresh meat*. J. Food Prot. 50: 108-111.

Takehita, K., Shibato, J., Sameshima, T., Fukunaga, S., Isobe, S., Arihara, K., & Itoh, M. 2003. *Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation*. International Journal of Food Microbiology, 85(1), 151-158