

DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE PASTEURIZACIÓN DE SALCHICHAS DE POLLO ENVASADAS AL VACÍO

Mayda Moya-Guerra*, José A. Suárez-Morales y Eduardo Hernández-Ramos
Universidad Tecnológica de La Habana. Ave. 114, Marianao, C.P. 19390, La Habana, Cuba.
E-mail: mayda85@nauta.cu

RESUMEN

Listeria monocytogenes es un microorganismo patógeno tomado como referencia para el diseño de tratamientos de pasteurización de salchichas y otros productos cárnicos. El objetivo de este trabajo fue diseñar tratamientos de pasteurización de salchichas envasadas al vacío, en agua a 80 y 85 °C, para alcanzar el valor de pasteurización (Po) requerido para *L. monocytogenes*, mínima afectación sensorial y nutricional. Se calculó la duración de la pasteurización mediante el método de Patasnik y un método indirecto para construir el perfil de temperatura-tiempo, en el cual fueron utilizadas las ecuaciones de conducción en estado no estacionario y cálculo de coeficientes de convección libre. Se concluyó que se puede pasteurizar en agua a 80 y 85 °C durante 29 y 26 min, respectivamente. **Palabras clave:** pasteurización, *Listeria monocytogenes*, coeficiente de convección, simulación.

ABSTRACT

Design of pasteurization treatments of vacuum sealed chicken sausages

Listeria monocytogenes is a pathogenic microorganism taking as reference for design of pasteurization treatments in sausages and meat products. The aim of this work was to design pasteurization treatments of vacuum sealed sausages, in water at 80 and 85 °C, to obtain required pasteurization value (Po) and minimal sensory and nutritional damages. It was calculated pasteurization times through Patasnik method and an indirect method to make temperature-time profile, where were used equations of unsteady state conduction and calculation of free convection coefficients. It was concluded that this product can be pasteurized in water at 80 and 85 °C during 29 and 26 min, respectively.

Keywords: pasteurization, *Listeria monocytogenes*, convection coefficient, simulation.

INTRODUCCIÓN

En el 2016 se inauguró en la empresa Prodal la primera planta construida en Cuba para elaboración de salchicha horneada, pelada, envasada al vacío y pasteurizada. En la operación de pasteurización se estableció inicialmente la temperatura del agua de calentamiento en el intervalo de 75 a 78 °C.

La pasteurización es un tratamiento térmico que se realiza a temperaturas inferiores a 100 °C, por lo que era posible aplicar tratamientos con temperaturas superiores. Era necesario, además, seleccionar el microorganismo a tomar como referencia para el diseño de los tratamientos.

Previo a la operación de pasteurización el producto es horneado y se garantiza un valor de Po en el intervalo de 36 a 45 min a 70 °C, tomando como referencia al

***Mayda Moya Guerra:** Ingeniera Industrial, actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Alimentaria en la Universidad Tecnológica de La Habana. Trabajó en la empresa Prodal desde 2011-2016 como especialista en Procesos Tecnológicos de la planta productora de embutidos. Ha trabajado en el tema de investigación desde 2016 y ha sido tutora de dos tesis de diploma de la Facultad de Ingeniería Química.

D-streptococo y 12 a 15 reducciones decimales (1). En las operaciones sucesivas de enfriamiento y pelado existe el riesgo de contaminación, por lo que se hace necesario pasteurizar el producto después de envasado.

En la mayoría de las investigaciones consultadas se tomó como referencia en esta etapa a *L. monocytogenes*, debido a que la presencia del microorganismo en productos listos para el consumo, envasados al vacío y pasteurizados, ha ocasionado brotes de listeriosis en países desarrollados y tradicionalmente consumidores de estos productos. Es un microorganismo psicrótrofo que se desarrolla entre 0,4 y 45 °C, pH entre 4,5 y 9,2 y valores de actividad de agua superiores a 0,93. Puede crecer a temperaturas muy bajas de 2 a 4 °C, entre 5 y 7 °C su crecimiento es moderado y entre 7 y 10 °C es acelerado. Además, se ha observado adherencia a superficies de acero inoxidable, goma, vidrio y polipropileno en tiempos cortos de 20 min (2).

Se conoce que la dosis infecciosa de *L. monocytogenes* es de al menos 102 células viables en el caso de grupos de riesgo y 104 en la población sana, aunque no todas las cepas presentan la misma virulencia, pero aún no se conoce bien la relación entre dosis, cepa y listeriosis, por lo que se asume que todas las cepas tienen igual virulencia (3, 4).

Se plantea que siete reducciones decimales, equivalentes a Po de 2 min a 70 °C, es suficiente, en el peor escenario posible, para reducir la presencia del microorganismo hasta valores seguros para los consumidores (5, 6).

Los estudios de pasteurización pueden ser realizados midiendo la temperatura en el centro térmico del producto u otro punto, en intervalos de tiempo y calculando a la vez el Po mediante el método de Patasnik. En la presente investigación se empleó un método indirecto para construir el perfil temperatura-tiempo durante el tratamiento, debido a que se obtenían datos erróneos de temperatura al colocar la sonda en el centro térmico de los paquetes y el movimiento de estos dentro del pasteurizador también dificultaba la medición.

El método consistió en calcular los valores de temperatura en el centro térmico del paquete cada un minuto, mediante las ecuaciones de conducción en estado no estacionario y los coeficientes de convección de la película

de agua en la superficie del paquete. Esto permitió simular los tratamientos y calcular el Po mediante el método de Patasnik.

El objetivo de este trabajo fue diseñar tratamientos de pasteurización en agua a 80 y 85 °C, de salchichas de pollo envasadas al vacío, para alcanzar el Po requerido para *L. monocytogenes*, mínima afectación sensorial y nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon paquetes de salchichas de pollo elaboradas con masa deshuesada mecánicamente. Previamente fueron embutidas, horneadas, enfriadas, peladas y envasadas en la planta. El paquete de salchicha tuvo dimensiones de 0,042 x 0,105 x 0,110 m en altura, ancho y largo, respectivamente y un peso neto de 340 g. Se colocaron en cada paquete dos filas de cinco salchichas.

La pasteurización fue realizada en la planta piloto de desarrollo de productos. Se usó un tacho de doble pared, modelo MBM (Brescello, Italia). La presión máxima en el interior de la pared fue 50 kPa y el volumen de agua empleado 0,04 m³.

Se tomaron como criterio de pasteurización 2 min a 70 °C, equivalente a siete reducciones decimales de *L. monocytogenes*. El tiempo de reducción decimal (D) empleado fue 0,27 min y termorresistencia (Z) de 7,39 °C (5).

Se construyeron los perfiles de temperatura-tiempo, a partir de un método indirecto que consistió en calcular los coeficientes de convección del medio de calentamiento y su empleo en las ecuaciones de conducción en estado no estacionario (7).

Se calcularon los coeficientes para las superficies verticales y horizontales superior e inferior de placa fría (7), las que relacionan a los números de Rayleigh, Nusselt y las propiedades físicas de la película de líquido, evaluadas a la temperatura media entre las temperaturas del agua y la superficie del paquete.

Placa vertical

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 Ra_L^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

Superficie horizontal superior caliente o superficie inferior de placa fría

$$\overline{Nu}_L = 0,54 (Ra)^{1/4} \quad (10^4 < Ra < 10^7) \quad (2)$$

$$\overline{Nu}_L = 0,15 (Ra)^{1/3} \quad (107 < Ra < 1011) \quad (3)$$

Superficie horizontal inferior de placa caliente o superficie superior de placa fría

$$\overline{Nu}_L = 0,27 (Ra)^{1/4} \quad (105 < Ra < 1010) \quad (4)$$

Para calcular los coeficientes de convección se empleó la siguiente ecuación:

$$h = Nu * \frac{k}{L} \quad (5)$$

Los coeficientes fueron empleados para calcular los números de Biot (Bi) y Fourier (Fo) en cada dimensión de transferencia de calor, los cuales son parámetros de la ecuación de la solución exacta de la conducción en estado no estacionario para calcular el grupo adimensional Cita (θ^*).

$$Bi = \frac{hL}{k} \quad (6)$$

$$Fo = \frac{\alpha t}{L^2} \quad (7)$$

Las variables α , t y l son la difusividad térmica (m^2/s), tiempo (min) y longitud característica (m), respectivamente.

Solución exacta

$$\Theta^* = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \exp(-\xi_n^2 Fo) \cos(-\xi_n x^*) \quad (8)$$

Donde:

$$C_n = \frac{4 \sin \zeta_n}{2\zeta_n + \sin(2\zeta_n)} \quad (9)$$

$$x^* = \frac{x}{l} \quad (10)$$

$$\theta^* = \frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \quad (11)$$

El valor de x^* expresa la relación entre la distancia a la que se encuentra el punto seleccionado desde el centro del producto y la longitud característica correspondiente.

Las variables T , T_i y T_{∞} ($^{\circ}C$) corresponden a la temperatura final e inicial del producto y a la del medio de calentamiento, respectivamente.

El valor θ^* relaciona estas temperaturas y depende del número de Fo , que a su vez varía en función del tiempo. Por lo que al calcular el valor θ^* en intervalos de tiempo se puede conocer la temperatura en cualquier punto del producto. De esta manera se calculó la temperatura en el centro térmico del paquete cada un minuto y se construyó el perfil temperatura-tiempo.

Para aplicar el método fue necesario determinar experimentalmente el centro térmico del paquete. Se realizaron 10 réplicas de un experimento que consistió en pasteurizar un paquete durante 10 min a 80 y 85 $^{\circ}C$. Para estimar la temperatura inicial del producto los paquetes fueron introducidos en agua a temperatura ambiente hasta que el sistema se estabilizó.

Transcurridos 10 min se midió la temperatura en tres posiciones: centro geométrico (entre la unión de la tercera salchicha de las filas inferior y superior); centro de la tercera salchicha de la fila superior y centro de la tercera salchicha de la fila inferior. A las muestras de temperaturas medidas en las tres posiciones para 80 y 85 $^{\circ}C$ se les realizaron pruebas de comparación de medias y de mínimas diferencias significativas para 95 % de nivel de confianza.

Una vez definido el centro térmico se realizó el cálculo del tamaño de muestra necesario para un nivel de confianza de 95 % y un error de 2 $^{\circ}C$. Se calcularon, además, los coeficientes de variación de las temperaturas medidas en el centro térmico.

Este mismo experimento permitió validar los coeficientes de convección, los cuales fueron calculados tomando como referencia temperaturas iniciales de la superficie del producto de 13, 23, 33, 43, 53, 63 y 73 $^{\circ}C$, intervalo en el que varió la temperatura durante los tratamientos. Los valores fueron promediados. Se emplearon las ecuaciones 1 a 4.

Empleando los coeficientes promedios del agua a 80 y 85 $^{\circ}C$ y las ecuaciones 5 a 11, fueron calculadas, empleando los mismos valores experimentales de temperatura inicial, las temperaturas al cabo de 10 min. Los valores calculados fueron comparados con los

experimentales. A partir de las diferencias fueron determinados los errores de estimación del método indirecto, lo que permitió validar los coeficientes promedios calculados.

Las propiedades físicas calculadas fueron capacidad térmica específica y conductividad térmica, mediante las ecuaciones de Choi y Okos. Para calcular la densidad se introdujo el paquete en un volumen de agua. Se determinó la masa y volumen desplazados y se calculó la densidad.

Se consideraron efectos tridimensionales en la conducción de calor. En dos direcciones se empleó el coeficiente para pared vertical y en la tercera dirección uno de los dos coeficientes para superficie horizontal. Para determinar qué coeficiente emplear en la superficie horizontal se compararon las temperaturas medidas experimentalmente y las calculadas, empleando en una primera variante los coeficientes promedios para pared vertical y superficie horizontal superior. En la segunda variante se emplearon los coeficientes promedios para pared vertical y superficie horizontal inferior. Se realizaron pruebas de comparación de medias entre las diferencias obtenidas por cada variante. La superficie horizontal superior correspondió en la mayoría de los paquetes pasteurizados a la superficie transparente y la inferior a la litografiada.

Después de determinar el centro térmico y validar los coeficientes de convección promedios, se simularon los perfiles de temperatura-tiempo para intervalos de medición de 1 min. Mediante el método de Patasnik se determinó en qué tiempo se alcanzó un Po de 2 min, en un intervalo de temperatura inicial del producto de 4 a 20 °C y temperatura del agua de calentamiento de 80 y 85 °C.

Se validaron los tiempos calculados a través de un experimento. Se introdujeron siete paquetes de salchicha en agua a las temperaturas estudiadas y cada cinco minutos se extrajo uno, al cual se le midió la temperatura en el centro térmico; de esta manera el último paquete extraído se pasteurizó 35 min. El paquete número ocho fue empleado para medir la temperatura inicial. Con estos valores se construyó un perfil de temperatura-tiempo y se determinó en qué intervalo de tiempo se alcanzó el valor Po. Se realizaron dos réplicas del experimento para cada temperatura estudiada.

Para que el método indirecto fuese validado los tiempos calculados debían estar incluidos en los intervalos de tiempo determinados experimentalmente.

El tiempo de pasteurización en la planta fue recomendado a partir de evaluar, mediante un gráfico de control, el comportamiento de la temperatura inicial del producto. Se hicieron 100 observaciones en tres días, en diferentes horarios de la jornada laboral. Se midió la temperatura de las salchichas antes de ser envasadas y pasteurizadas.

Durante 3 días se realizó una evaluación sensorial a productos pasteurizados a 80 y 85 °C. Cada día se hornearon 3 kg de producto con un tratamiento diferente. Los productos horneados fueron envasados y divididos en grupos A y B. El grupo A fue pasteurizado a 80 °C y el B a 85 °C.

Se realizó una prueba sensorial descriptiva simple con escala ordinal de cinco puntos para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos de pasteurización. Participaron cinco catadores, a los cuales cada día se sirvieron dos muestras horneadas con el mismo tratamiento y pasteurizadas a 80 y 85 °C. Se les pidió a los catadores que evaluaran los productos tomando en consideración el perfil de atributos (aspecto interno, aspecto externo, color, sabor y textura). Siguiendo el procedimiento empleado en la empresa fueron promediadas las puntuaciones dadas a los atributos del producto. Se realizaron pruebas de comparación de medias y mínimas diferencias significativas, con un nivel de confianza de 95 %, a las puntuaciones promedios de los catadores para los grupos A y B horneados con el mismo tratamiento.

Se aplicaron diferentes tratamientos de horneado para evaluar, en el caso de que se detectaran diferencias significativas entre algunos pares de muestras, si podían estar asociadas a los tratamientos de horneado del producto. Se emitieron en total 15 juicios para cada grupo.

Se determinó el porcentaje de proteínas antes y después de la pasteurización, para determinar si se producían afectaciones. Las pruebas se realizaron en un equipo de tecnología LED, marca FOODSCAN (Italia). El programa Statgraphics Centurion XV.1, marca registrada de la compañía estadounidense StatPoint, fue empleado para analizar estadísticamente los resultados de la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En investigaciones para la determinación de los valores D y Z de *L. monocytogenes*, a diferentes temperaturas y en productos cárnicos envasados al vacío y pasteurizados, el mayor valor D a 70 °C fue 0,27 min y Z varió en el intervalo de 5,98 a 7,39 °C (5).

Otros autores obtuvieron valores experimentales de D (65° C) y Z iguales a 0,27 min y 4,44 °C, respectivamente, en productos de pavo con porcentajes de proteínas y grasas similares a la salchicha de pollo (11,52 % de proteína y 12,6 % de grasa) (6). Por otra parte en un estudio de pasteurización de filetes y bandas de pechuga de pollo, se tomaron valores de D y Z de 0,13 min a 70 °C y 5,72 °C, respectivamente (9). La variación de los valores experimentales obtenidos se asocia a factores como la composición del producto, cepas y fase de crecimiento, por lo que se emplearon los mayores valores de D y Z a 70 °C.

Existen criterios acerca de que los estudios de pasteurización pueden ser realizados tomando como referencia el valor Po en la superficie del producto, porque es la que más se expone a la contaminación. No obstante, se ha demostrado que 20 min a 4 °C pueden ser suficientes para que el microorganismo contamine todos los tejidos (9), por lo que algunos autores diseñan los procesos para el centro térmico. Además, en esta investigación, por la colocación de las salchichas en el envase, el calor debe penetrar hasta el centro geométrico para que se reduzca en esa zona la carga microbiana superficial.

Para agua a 80 °C los coeficientes de convección promedios fueron 1 029, 1 266 y 527 W/m² K, para pared vertical, superficie horizontal inferior y superior, respectivamente. Para 85 °C fueron en ese mismo orden 1 000, 1 093 y 561 W/m² K.

En el experimento para la determinación del centro térmico y validación de los coeficientes a 80 °C, los coeficientes de variación de las temperaturas experimentales fueron 5,5; 4 y 4,1 % en las posiciones arriba, centro geométrico y debajo respectivamente. Para 85 °C fueron 10,2; 5,3 y 9,3 %.

Los valores p de las pruebas de comparación de las temperaturas medias en las tres posiciones fueron 0,0 y 0,0001, para 80 y 85 °C, respectivamente, lo que

indicó diferencias significativas entre las posiciones. La prueba de mínimas diferencias significativas indicó que para temperaturas del agua de 80 y 85 °C, la temperatura media del producto fue menor en el centro geométrico del paquete. Por lo tanto se concluyó que el centro térmico coincidió con el centro geométrico.

El tamaño de muestra necesario fue 5 y 9 para 80 y 85 °C, respectivamente, por lo que 10 observaciones fueron suficientes. Los valores p de las pruebas de comparación de las diferencias entre las temperaturas experimentales y calculadas, asociadas al empleo de los coeficientes horizontales superior o inferior, fueron 0,25 y 0,23 para 80 y 85 °C, respectivamente, lo que indicó que no hubo diferencias significativas asociadas al uso de los coeficientes promedios en la superficie horizontal superior o inferior. No obstante, se empleó el coeficiente promedio de la superficie inferior fría.

Los valores de media y mediana de los errores de estimación de la temperatura experimental a partir del método indirecto fueron 5,04 y 3,79 % para 80 °C y 5,17 y 3,69 % para 85 °C. Se concluyó que mediante los coeficientes promedios de convección y las ecuaciones de conducción en estado no estacionario se estimó la temperatura en el centro térmico con un error inferior al 10 %. En todos los casos la temperatura experimental fue mayor que la calculada, lo cual en parte puede estar dado porque al retirar el producto del medio de calentamiento la temperatura en el centro térmico continúa incrementándose durante un tiempo, debido a la conducción desde las capas intermedias hacia el centro térmico.

En la simulación del proceso el nivel de pasteurización se alcanzó entre 27 y 30 min a 80 °C y entre 24 y 27 min a 85 °C, para temperaturas iniciales en el intervalo de 4 a 20 °C. Como se explicó en la sección anterior estos resultados fueron validados experimentalmente, a partir de un perfil de temperatura construido con intervalos de medición de 5 min.

En este experimento la temperatura inicial de los paquetes pasteurizados en agua a 80 °C fue 13,2 y 15 °C. En ambos casos el Po experimental se alcanzó en el intervalo de 25 a 30 min. Para esas temperaturas iniciales el Po calculado por el método indirecto se alcanzó en 29 y 28 min, respectivamente.

Las temperaturas iniciales de los paquetes pasteurizados en agua a 85 °C fueron 14,4 y 13,7 °C. El Po calculado experimentalmente para cada réplica se alcanzó en el intervalo de 20 a 25 min. Mediante la simulación el Po se alcanzó a los 25 min. Se concluyó que ambos métodos coincidieron en el intervalo de tiempo en que se alcanzó el Po, por lo que se puede estimar la duración del tratamiento de pasteurización mediante el método indirecto y el de Patasnik.

En una revisión bibliográfica de investigaciones sobre productos envasados al vacío y pasteurizados se recomiendan guías de pasteurización para productos de res, pollo y pavo y diferentes pesos y temperaturas del medio de calentamiento (5). Los tiempos propuestos son muy variables y es reconocido por los autores que resulta difícil comparar los resultados debido a diferencias en metodologías, valores D y Z, materiales de envase, espesor, propiedades físicas de los productos, entre otros. Por otra parte, no siempre fueron aclarados estos aspectos. Los autores consideraron que los estudios deberían realizarse con diferentes productos y en condiciones más similares a las de las plantas productoras de alimentos.

No obstante, se compararon resultados obtenidos mediante la simulación de la pasteurización a 90 °C con los de un estudio a igual temperatura, de paquetes de pechuga de pollo de 227 g, 35 mm de espesor y temperatura inicial de 4 °C (5, 9). Estos valores fueron similares a los de la salchicha (42 mm de espesor, similar materia prima y temperatura inicial de 4 °C).

En ambos estudios el tiempo de pasteurización fue 25 min, la temperatura final en el centro térmico 70 °C y se garantizaron siete reducciones decimales de

L. monocytogenes. En la investigación tomada como referencia se verificó microbiológicamente la reducción microbiana de una carga inicial inoculada de 107 a 108 UFC/g.

Los límites inferior, central y superior del gráfico de control de la temperatura inicial del producto fueron 13,92; 12,65 y 15,18 °C. Tomando como temperatura inicial del producto el límite inferior del gráfico (12 °C) y los resultados de la Tabla 1, se propuso pasteurizar en agua a 80 y 85 °C durante 29 y 26 min, respectivamente.

Todos los productos fueron evaluados sensorialmente de muy buenos (evaluaciones promedios de 3,9 a 4,1 puntos). Para cada tratamiento en el horno los catadores emitieron las mismas puntuaciones a las dos variantes de pasteurización, lo que indicó que no se percibieron diferencias significativas entre los tratamientos de pasteurización.

Los porcentajes de proteínas (11,52 %) no variaron respecto a los valores medidos antes de la pasteurización. Esto indicó que las combinaciones de temperatura-tiempo no afectaron el perfil de proteínas del producto. En estudios de tratamientos térmicos Sous Vide, realizados en salchichas de pollo envasadas al vacío, sí se apreció desaparición de bandas de proteínas miofibrilares de bajo y alto peso molecular, al aplicar temperaturas de 100 °C durante 60 y 120 min (10).

Tabla 1. Simulación de los tiempos y temperaturas de pasteurización

| Temperatura inicial (°C) | Po (min) | 80 °C | | 85 °C | | |
|-----------------------------|-------------|----------------------|--------------|----------|---------|--------------|
| | | CT ^a (°C) | Tiempo (min) | Po (min) | CT (°C) | Tiempo (min) |
| 12 | 2,44 | 68,87 | 29 | 2,75 | 69,89 | 26 |
| 13 | 2,60 | 69,03 | 29 | 2,96 | 70,10 | 26 |
| 14 | 2,76 | 69,20 | 29 | 2,09 | 69,10 | 25 |
| 15 | 2,12 | 68,48 | 28 | 2,26 | 69,33 | 25 |
| 16 | 2,27 | 68,65 | 28 | 2,45 | 69,55 | 25 |

^a centro térmico

CONCLUSIONES

Se concluyó que la pasteurización a 80 y 85 °C durante 29 y 26 min, respectivamente, garantiza un valor de pasteurización de 2 min, tomando como referencia a *L. monocytogenes*, sin afectaciones a las propiedades nutritivas y sensoriales. El método indirecto de cálculo del perfil temperatura-tiempo puede ser empleado cuando no sea posible medir la temperatura en el centro térmico o cuando se desee prever la influencia de modificaciones de la temperatura del medio de calentamiento, el tipo de medio (agua, vapor de agua, aire), características y propiedades físicas del producto.

REFERENCIAS

1. Yáñez, J. y de la Mella, R. *Conservación de productos cárnicos por calor: Métodos de Cálculo*. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, 1998, p. 34, 46.
2. Hércules de Melara, A. *Evaluación del efecto de empaque y temperatura de almacenamiento en la supervivencia de Listeria monocytogenes en salchichas artesanales* (tesis de maestría, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador) 2014.
3. López, V.; Suárez, M.; Chico-Calero, I.; Navas, J. y Martínez-Suárez, J. V. *Rev. Arg. Microbiol.* 38(2):224-234, 2006.
4. Martino-Zagovalov, T.; Leyva-Castillo, V.; Pérez-Chang, A.; de los Reyes, M.; Suárez, F. y Lara-Ortiz, C. *Rev. Cub. Salud Publ.* 31(3):217-222, 2005.
5. Houben, J. y Eckenhausen, F. J. *Food Prot.* 69(2):459-468, 2005.
6. McCormick, K.; Han, I. Y.; Acton, J. C.; Sheldon, B. W. y Dawson, P. L. *Poultry Sci.* (82):1337-1342, 2003.
7. Incropera, F. P. y De Witt, D. *Fundamentos de Transferencia de Calor*. 4a ed. Juárez, Prentice Hall, 1999, pp. 225, 492-499.
8. NC ISO 4121: 2005. *Análisis Sensorial-Guía para el uso de escalas con respuestas cuantitativas*. Cuba.
9. Murphy, R. Y.; Duncan, L.K.; Driscoll, K. H.; Beard, B. L.; Berrang, M.B.; Marcy, J. A. *J. Food Prot.* 66(4):578-583, 2002.
10. Naveena, B. M.; Khansole, P.; Shashi-Kumar, M.; Krishnaiah, N.; Kulkarni, V. y Deepak, S. *J. Food Sci. Technol. Intern.* 23(1):75-85, 2016.