

Optimización del proceso de pasteurización de salmuera de enfriamiento en la producción de salchicha Frankfurt

Padilla-Frausto, J.J.¹, Ceja-Farías, T.K.¹, Cobo-Jauregui, J. J.¹ y Navarro-Villarruel, C.L.^{1*}

¹División de Desarrollo Bio-Tecnológico, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad, No.1115, Col. Lindavista, 47810, Ocotlán, Jalisco. México. Tel.: +52(392)9259400 Ext. 48357

Correo: claudia.nvillarruel@academicos.udg.mx

Palabras Clave: Proceso térmico, Bacterias Ácido Lácticas, *Leuconostoc* spp., Salchicha

Introducción

El deterioro de los productos procesados antes de la fecha de consumo preferente repercute en cuantiosas pérdidas económicas para la empresa que los produce. La salchicha sufre deterioro microbiano a causa de la presencia de bacterias ácido-lácticas (BAL) en el producto empacado al vacío. Frecuentemente, el género *Leuconostoc* se ha relacionado con el deterioro de productos cárnicos empacados al vacío listos para su consumo, dicho deterioro caracterizado por la presencia de líquido mucoso blanquecino, gas que inflama el empaque y desarrollo visible de colonias en el producto [1, 2].

Se ha documentado que algunos ingredientes y reservorios en las superficies de contacto en la línea de producción aportan *L. mesenteroides*, *L. lactis* y *L. fallax* a la salchicha durante su fabricación [3].

En los últimos 6 años, una empresa productora de salchichas del centro occidente de México, ha documentado 12 retiros del mercado relacionadas con empaques de salchichas tipo Frankfurt deterioradas. En este contexto, se ha reportado que la pasta cárnica para la elaboración de salchicha tipo Viena muestreada en etapas previas a la cocción puede contener hasta 6.8 log ufc de BAL/g, que si bien el proceso de horneado (a 131 ± 8 °C) reduce la carga de BAL hasta niveles no detectables, también se han detectado lotes de hasta 1.9 log ufc de BAL/g en la salchicha recién horneada, a la que infortunadamente también, se le sumará la carga microbiana que le aporta la salmuera de enfriamiento (que puede contener hasta 4.9 log ufc de BAL/mL) y la de las superficies de contacto (que va desde 1.7 – 4.8 log ufc de BAL/cm²), antes de su empacado al vacío [3].

Actualmente, se han diseñado diferentes estrategias de barreras múltiples para el control del microorganismo deteriorador en el proceso, que incluyen la adición de nisina y ácidos orgánicos, y mediante el control de temperaturas en el escaldado final del producto, cuyo resultado conjunto puede alcanzar una reducción máxima de 4.68 ± 0.61 log ufc de *Leuconostoc* spp./empaque [4]. Por lo que, se ha determinado que la esterilización de la solución salina para el enfriamiento de la salchicha posterior al proceso de horneado, es un punto crítico de control en el proceso de producción de la salchicha, dado que intermitentemente aporta entre 0.6 y 5.6 log ufc de BAL/g al producto en proceso. En este contexto, este es un inconveniente puntual en la empresa y no se cuenta con suficiente información publicada sobre el problema, por lo que necesario estandarizar el proceso de pasteurización de la salmuera de enfriamiento, con la finalidad de que potencialmente se anule el aporte de BAL, y en particular, el aporte de *Leuconostoc* spp. al producto terminado, y con ello, finalmente, lograr un control de los microorganismos deterioradores en el escaldado final del producto que ha sido empacado al vacío.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, este trabajo tuvo como objetivo el establecer las condiciones óptimas de temperatura, tiempo de retención y diámetro de luz del tubo del espiral, para reducir a niveles no detectables a *Leuconostoc* spp., tras el proceso de pasteurización de la salmuera de enfriamiento utilizada en la fabricación de salchicha Frankfurt.

Metodología

El estudio experimental correlacional se realizó en una en una empresa de embutidos cárnicos del occidente de México. El proceso se evaluó en la planta piloto de la empresa, empleando un pasteurizador compacto MWA® Modelo C1951.

Para la optimización del proceso de pasteurización de la salmuera de enfriamiento se realizó un diseño factorial de superficie de respuesta tipo Box-Behnken [5], haciendo uso del paquete estadístico Statgraphics Centurion V15.1.02 (Inc-Manugistics®). Se consideraron como variables independientes la temperatura de pasteurización de la salmuera, el tiempo de retención en el espiral y el diámetro de luz del tubo de intercambio de calor (ver tabla 1), para un total de 15 experimentos. La variable de respuesta fue la reducción de *Leuconostoc* spp. (en log ufc de *Leuconostoc* spp./mL de salmuera).

Tabla 1. Rangos de intensidad de las tres variables independientes utilizadas en el diseño factorial Box-Behnken

Factor	Descripción	Niveles		
		-1	0	+1
X ₁	Temperatura (°C)	63	68	73
X ₂	Tiempo de retención en el espiral (min)	15	20	25
X ₃	Diámetro de luz del tubo del espiral (pulgadas)	0.5	0.75	1

Es importante mencionar que el choque termino final de la pasteurización se consiguió bajando la salmuera a una temperatura de 3.2 ± 0.6 °C.

Para este estudio, se empleó como inóculo una mezcla de seis cepas de *Leuconostoc* de las especies *lactis*(2) y *mesenteroides*(4) seleccionadas con resistencia a 150 ppm de rifampicina.

La concentración microbiana de la salmuera inoculada para las pruebas fue de 6.3 ± 0.84 log ufc de *Leuconostoc* spp./mL. La salmuera de enfriamiento contenía 12% cloruro de sodio, 0.9% de humo líquido (American-Ingred®) y 2.5 ppm de nisina (Sigma-Aldrich®), en agua bidestilada.

Se emplearon lotes de salmuera de 500 litros para el estudio, se tomaron muestras compuestas por 100 mL de salmuera de tres tiempos de proceso (5, 10 y 15 min) para un volumen final de 300 mL.

El recuento basal y final (post-tratamiento) de *Leuconostoc* spp. en la salmuera de enfriamiento se realizó mediante vertido en placa en cajas con de agar MRS (Difco®, BD®, Sparks, MD) con 150 ppm de rifampicina (Sigma-Aldrich®), incubadas a 30°C por 48 h en condiciones de atmósfera microaerofílica (0.5% CO₂, 90% N₂, y 0.5% O₂). Empleando una caracterización aleatoria del 10% de las colonias en cada placa, se descartó la contaminación con otros microorganismos resistentes a rifampicina mediante la prueba de catalasa.

Resultados y discusión

A continuación se muestra el análisis de los resultados de la optimización del proceso de pasteurización de la salmuera de enfriamiento, mediante el diseño factorial de superficie de respuesta tipo Box-Behnken.

En la Figura 1 se muestra un gráfico compuesto de Pareto, que incluye los valores de coeficiente de correlación de Pearson para los factores y sus interacciones.

La línea azul en el gráfico muestra el límite crítico de significancia estadística (con un α de 0.05). El efecto estandarizado del diámetro de la luz del tubo del espiral resulto ser el único que muestra influencia significativa sobre la reducción log de ufc de *Leuconostoc* spp. /mL de salmuera de enfriamiento. En este contexto, ni los diferentes niveles del tiempo de retención, ni la intensidad de temperatura tienen un efecto directo significativo con la variable de respuesta.

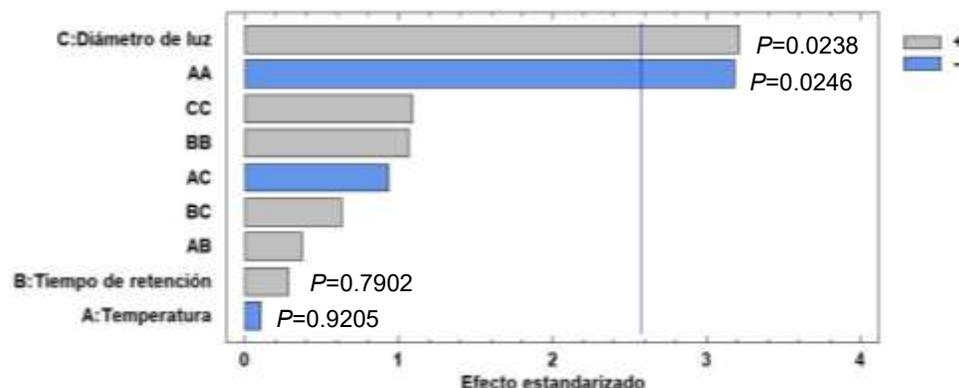


Figura 1. Gráfico de Pareto estandarizado para la reducción de log de ufc de *Leuconostoc* spp. con los valores del coeficiente de correlación de Pearson resultados del análisis de varianza.

Sin embargo, cuando se fijó en una pulgada el factor significativo, los valores de reducción de log de ufc de *Leuconostoc* spp. /mL de salmuera se afectaron tras modificar la intensidad del tiempo de retención y la temperatura de la primera etapa de la pasteurización (ver Figura 2). Este resultado fue posible observarse dado que una de las bondades del diseño factorial de superficie de respuesta tipo Box-Behnken es que arroja los parámetros óptimos en que observan los mayores efectos sobre la variable de respuesta.

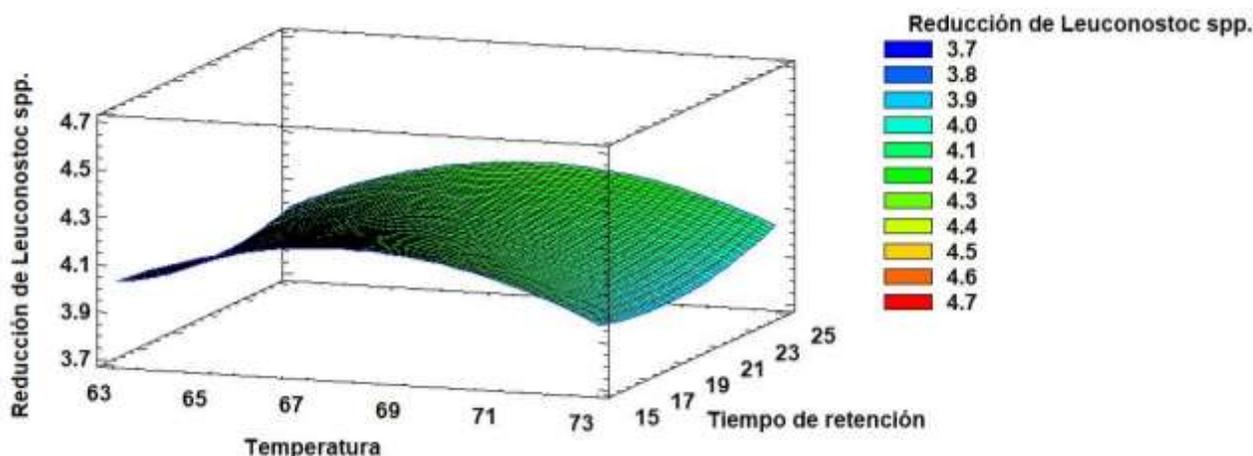


Figura 2. Comportamiento de la reducción de *Leuconostoc* spp. con la temperatura de pasteurización y tiempo de retención considerando 1 pulgada de diámetro de luz del tubo de intercambio de calor.

En el experimento en planta piloto, el valor óptimo de reducción fue de 4.52 log ufc de *Leuconostoc* spp. /mL de salmuera y se sugirió a los ingenieros de proceso implementar las siguientes condiciones óptimas para la pasteurización de la salmuera de enfriamiento (ver Tabla 2):

Tabla 2. Condiciones óptimas de pasteurización de la salmuera de enfriamiento.

Factor	Descripción	Óptimo
X ₁	Temperatura	67.523 °C
X ₂	Tiempo de retención en el espiral	25.0 min
X ₃	Diámetro de luz del tubo del espiral	1.0 pulgadas

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés: *Food and agriculture organization*) ha recomendado en el capítulo 3 que describe los procedimientos para la preservación de la carne e inactivación térmica microbiana, del Manual sobre métodos sencillos de conservación de la carne, las condiciones más favorables para la pasteurización de la salmuera de enfriamiento; las cuales son, un pico térmico de 68 a 80 °C durante 20 a 25 min, seguido de un enfriamiento a 4 °C [6]. Estas directrices dirigieron la metodología de este estudio, considerando adicionalmente la flexibilidad del modelo de pasteurizador para cambiar los calibres del tubo del espiral. En relación al calibre del tubo del espiral, Ramesh (2007), recomienda el empleo de calibres no mayores de una pulgada, lo que optimiza el proceso de intercambio térmico desde el espiral incandescente al líquido circulante [7].

En este contexto, el utilizar la temperatura más baja recomendada y el calibre estándar del tubo de espiral, reduce considerablemente el costo de producción al escalar el método a la línea del proceso.

La empresa utilizaba un pasteurizador “de lote” para el proceso de esterilización de la salmuera de enfriamiento y recirculaba la salmuera en 3-6 ciclos durante una jornada. Este método aún genera casos de contaminación directa por BAL al producto en proceso. Actualmente, la empresa ha iniciado el escalado del método, utilizando un pasteurizador horizontal en espiral de diseño propio para asegurar la esterilización continua de la salmuera de enfriamiento y con ello reducir el aporte de BAL a la salchicha Frankfurt en proceso.

Conclusiones

Para lograr la máxima eficiencia tecnológica en la elaboración de la salchicha Frankfurt se requiere la optimización de todas las etapas intermediarias y terminales del proceso. En este contexto, en planta piloto fue posible establecer las condiciones óptimas de pasteurización de la salmuera, que tras su escalado permitirán reducir a niveles no detectables de *Leuconostoc* spp. en este líquido de enfriamiento que además de frenar la cocción del producto, aporta al producto final el componente boactivo nisina y al humo líquido, y con ello abatir la ocurrencia de productos deteriorados antes de la fecha de consumo preferente.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a la M. en C. Tania Karina Ceja-Farias. Agradecemos al Q.F.B. Sahid Abdiel Covarubias Mora, Q.F.B. Rosa Ma. Contreras-Macías y Q.F.B. Andrea Gonzalez-Arambula por asistencia técnica.

Referencias:

1. Björkroth, K. J., Vandamme, P., & Korkeala, H. J. 1998. Identification and characterization of *Leuconostoc carnosum*, associated with production and spoilage of vacuum-packaged, sliced, cooked Ham. *Applied and Environmental Microbiology*, **64**(9), 3313-3319.
2. Sanders, J. W., Oomes, S. J. C. M., Membré, J. M., Wegkamp, A., & Wels, M. 2015. Biodiversity of spoilage lactobacilli: phenotypic characterisation. *Food microbiology*, **45**, 34-44.
3. Padilla-Frausto, J. J., Cepeda-Marquez, L. G., Salgado, L. M., Iturriaga, M. H., & Arvizu-Medrano, S. M. (2015). Detection and genotyping of *Leuconostoc* spp. in a sausage processing plant. *Journal of food protection*, **78**(12), 2170-2176.
4. Padilla-Frausto, J. J., Ceja-Farias, T. K., Navarro-Villarruel, C. L., Gutiérrez-Lomelí, M., Ávila-Novoa, M. G., & Arévalo-Sánchez, M. M. (2019). Diseño de un sistema de barreras múltiples para el control del deterioro microbiano de salchicha. *Avances de Investigación en Inocuidad de Alimentos*, **2**, 1-4.
5. Montgomery, D. C. (2003). Diseño y análisis de experimentos. *Limusa-Wiley*.
6. FAO. 2013. Meat preservation by thermal treatment. In Manual on simple methods of meat preservation. *FAO-Animal Production and Health Paper*, **79**, Rome.
7. Ramesh, M. N. (2007). Pasteurization and food preservation. In *Handbook of food preservation* (pp. 589-602). CRC Press.