

<https://doi.org/10.5154/r.ctas.2022.06.10a>

Versión en español

Importancia de la cadena de frío en productos cárnicos con énfasis en carne de porcinos

Ilse Patricia Hernández-Magos; Ema de Jesús Maldonado-Simán; Pedro Arriaga-Lorenzo*; Pedro Arturo Martínez-Hernández; Jorge Luis Castellón-Montelongo; Itzel Santiago-Figueroa

Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Edo. de México, C.P. 56230, México.

Historial del artículo:

Recibido: 10 de junio de 2022

Aceptado: 2 de diciembre de 2022

*Autor de correspondencia:

pedro.arlorenzo@gmail.com

Resumen

La implementación de la cadena de frío, en conjunto con sistemas de gestión de calidad e inocuidad alimentaria, constituyen herramientas utilizadas para extender la vida de anaquel en productos perecederos. El almacenamiento bajo condiciones de refrigeración evita el crecimiento de bacterias patógenas y otros microorganismos asociados al deterioro de la carne. El objetivo de esta investigación fue determinar la gestión de la cadena de frío en carne de porcino fresca en cuatro supermercados ubicados en Texcoco de Mora, México. Se registró la temperatura de la superficie del producto ubicado en distintas posiciones dentro de los refrigeradores de autoservicio en los supermercados. Los datos fueron analizados con un modelo mixto para mediciones repetidas en el tiempo, y un diseño experimental completamente al azar. Los resultados obtenidos indicaron que tres de los cuatro supermercados evaluados se encontraron sobre el límite de temperatura establecido en la NOM-213-SSA1-2018. Estos abusos de temperatura pueden asociarse a la baja eficiencia de los equipos de refrigeración y a la incorrecta implementación de buenas prácticas de manejo realizadas por el operador. Los supermercados que incumplieron con la norma no son capaces de asegurar la calidad de sus productos, esencialmente en lo que corresponde a la inocuidad alimentaria.

► **Palabras clave:** Bacteria, calidad, deterioro, inocuidad, temperatura.

Introducción

Los productos perecederos, tales como frutas, verduras y productos cárnicos, tienen una vida de anaquel relativamente corta si no son adecuadamente manipulados y almacenados. Las condiciones prevalentes durante estas etapas son determinantes sobre el tipo de microorganismos responsables del deterioro del producto (Koutsoumanis y Sofos, 2004). De acuerdo con FAO y OMS (2003), los principales brotes de enfermedades transmitidas por alimentos están relacionados principalmente con microorganismos patógenos. La temperatura de almacenamiento se considera como el factor principal que afecta la inocuidad y calidad en los productos cárnicos, debido a que evita el crecimiento bacteriano y, por tanto, las características sensoriales asociadas al deterioro (Casaburi, et al., 2015; Mercier, et al., 2017).

Controlar la temperatura, manteniéndola dentro del rango apropiado para cada producto desde su elaboración hasta su consumo, es el fundamento de la cadena de frío (Mercier et al., 2017; Taoukis et al., 2016). Las dinámicas de crecimiento bacteriano están sujetas al rango de temperatura requeridas para su óptimo crecimiento. De esta forma, algunas especies tienen la capacidad de reproducirse aun en condiciones de refrigeración, como es el caso de algunas cepas de *Pseudomonas*, convirtiéndose en uno de los principales grupos responsables del deterioro de la carne bajo estas condiciones de almacenamiento (Rawat, 2015).

La NOM-213-SSA1-2018 establece que los productos cárnicos, con un contenido de humedad mayor al 35 %, deben conservarse a una temperatura menor de 4 °C. En este contexto, los centros de distribución minoristas son

considerados como punto crítico de control dentro de muchos sistemas de gestión de la cadena de frío, debido a que generalmente los mostradores en este tipo de establecimientos tienen baja eficiencia para mantener la temperatura adecuada. Esto promueve abusos de temperatura en el límite recomendado, que, a su vez, genera pérdidas de peso en el producto, disminución de calidad y de la vida de anaquel (James y James, 2014; Mercier et al., 2017). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la gestión de la cadena de frío en carne de porcino fresca en cuatro supermercados de Texcoco de Mora, México.

Materiales y métodos

Medición de temperatura

Se tomaron 288 registros de temperatura de carne de porcino fresca localizada en los refrigeradores de autoservicio de cuatro supermercados ubicados en el municipio de Texcoco de Mora, México, durante los domingos de los meses comprendidos entre julio y diciembre del 2021. Se obtuvieron 12 mediciones por mes, por supermercado, cada una tomada en la superficie del empaque de carne de porcino, cuyas ubicaciones dentro del equipo de refrigeración fueron frontal, media y posterior. La temperatura se midió mediante un termómetro infrarrojo (MASIONE GM320).

Análisis de datos

La base de datos de las temperaturas fue analizada con un modelo mixto para mediciones repetidas en el tiempo, con el procedimiento para modelos mixtos de SAS (SAS Institute Inc., 2016). El análisis de datos fue mensual. El modelo estadístico fue un diseño completamente aleatorizado. La agrupación de las medias entre posiciones de los refrigeradores se realizó mediante la prueba estadística *t* de *student*. Se determinó la temperatura promedio, y se comparó al requerimiento de temperatura de productos cárnicos que se estipula en la NOM-213-SSA1-2018.

Resultados y discusión

Las temperaturas mensuales de las posiciones frontal, media y posterior se muestran en los Cuadros 1, 2 y 3, respectivamente. Las medias de temperatura obtenidas se compararon con la norma NOM-213-SSA1-2018, en donde se indica que los productos cárnicos frescos deben mantenerse a una temperatura de almacenamiento no mayor a 4 °C.

El Cuadro 1 corresponde a la posición frontal. Los reportes de medias de temperatura mensual indican que, de los supermercados analizados, el 1, 3 y 4 no mantuvieron la cadena de frío, pues en los tres casos se encontró que la temperatura fue superior a 4 °C. El supermercado 2 fue el único que tuvo un nivel de riesgo menor, debido a que, aunque se encontró fuera del rango permitido, su temperatura fue muy cercana a la especificada en la NOM-213-SSA1-2018, y menor en comparación con los demás supermercados ($P < 0.05$), especialmente con el identificado como 1, que se encontró 5 °C sobre el requerimiento establecido.

En lo que corresponde a la posición media (Cuadro 2), las temperaturas de los supermercados 2 y 4 indicaron que cumplieron correctamente la norma. Incluso cuando no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los supermercados 2, 3 y 4 ($P > 0.05$), la media del supermercado 3 se encontró 0.18 °C sobre el nivel permitido de temperatura debido a que, durante tres de los seis meses muestreados, se encontró por al menos 1 °C sobre lo establecido en el documento de referencia. Sin embargo, su nivel de riesgo fue menor que el del supermercado 1, debido a que su media se encontró casi 6 °C sobre el máximo permitido.

Finalmente, el Cuadro 3 correspondiente a la posición posterior, muestra que, de acuerdo con la media de los supermercados por mes, la mayoría de los establecimientos evaluados mantuvieron correctamente la cadena de frío, debido a que cumplen con la temperatura especificada

Cuadro 1. Temperatura (°C) mensual de la superficie de carne de porcino exhibida en la posición frontal de cuatro supermercados de Texcoco de Mora, México, de julio a diciembre del 2021.

Supermercado	Mes						Media
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	10.65± 0.58	8.78± 1.05	7.9± 1.21	10.04± 1.04	9.83± 0.90	9.53±1.19	9.45 a
2	2.88± 0.86	4.02± 0.41	4.28± 1.39	4.24± 0.38	4.73± 0.28	4.4± 0.35	4.08 b
3	7.68± 1.42	5.02± 2.18	7.83± 1.46	7.64± 1.44	8.75± 0.95	3.03± 1.14	6.65 c
4	5.60± 1.22	6.52± 1.34	4.30± 1.83	4.56± 0.76	5.43± 0.60	5.60± 1.72	5.33 bc
Media	6.70	6.08	6.07	6.62	7.18	5.64	

Medias con al menos una literal en común no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Cuadro 2. Temperatura (°C) mensual de la superficie de carne de porcino exhibida en la posición media de cuatro supermercados de Texcoco de Mora, México, de julio a diciembre del 2021.

Supermercado	Mes						Media
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	11.23± 0.69	9.84± 0.79	8.25± 1.11	10.36± 1.30	9.75± 0.33	10.13± 1.14	9.93 a
2	1.43± 1.79	2.76± 0.91	4.22± 1.11	2.84± 0.66	2.3± 1.51	3.10± 0.98	2.78 b
3	3.38± 2.66	2.98± 1.07	5.55± 1.68	5.12± 1.30	5.33± 0.93	2.75± 0.49	4.18 b
4	0.88± 2.28	2.28± 1.92	3.45± 1.97	1.96± 1.53	2.53± 2.14	4.65± 1.77	2.62 b
Media	4.23	4.47	5.37	5.07	4.98	5.16	

Medias con al menos una literal en común no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Temperatura (°C) mensual de la superficie de carne de porcino exhibida en la posición posterior de cuatro supermercados de Texcoco de Mora, México, de julio a diciembre del 2021.

Supermercado	Mes						Media
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	6.48± 0.82	4.70± 0.94	3.48± 1.13	6.0± 1.08	5.65± 0.76	6.05± 1.25	5.39 a
2	-0.03± 1.8	0.86± 1.11	0.80± 0.95	1.70± 0.85	0.38± 1.48	1.73± 1.04	0.91 b
3	-1.90± 2.18	-0.88± 0.98	0.30± 1.39	0.50± 0.65	0.55± 0.79	-1.13± 0.89	-0.43 b
4	-0.68± 1.26	0.22± 1.11	1.25± 1.86	1.26± 1.08	1.95± 0.47	0.35± 2.21	0.73 b
Media	0.97	1.23	1.46	2.37	2.13	1.75	

Medias con al menos una literal en común no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

en la norma. Sin embargo, de acuerdo con la media de temperatura del supermercado 1, fue el que mostró mayor temperatura ($P < 0.05$), respecto a los demás supermercados, debido a que este se encontraba fuera del rango, con 1.39 °C sobre el límite permitido. Únicamente en el mes de septiembre se logró mantener la temperatura dentro del rango requerido.

Similares resultados obtenidos en este estudio han sido reportados en otros estudios en lo que respecta a los establecimientos de venta al menudeo de productos perecederos, los cuales corresponden a uno de los eslabones más débiles de la cadena de frío. Esto se debe a que los refrigeradores en donde se exhiben los productos, generalmente no son los más eficientes para mantenerla, promoviendo los abusos de temperatura sobre el límite recomendado (Mercier et al., 2017; Nychas, Skandamis, et al., 2008). Autores en distintos países también lo han confirmado. Al respecto, Derens-Bertheau, et al., (2015), Morelli, et al., (2012) y Villeneuve, et al., (2002) realizaron distintas investigaciones en Francia, reportando que la posición, forma y tamaño del producto influyen en la variación de la temperatura en tiendas

minoristas, con abusos de hasta 6 °C sobre el límite establecido. En estos trabajos se han asociado las variaciones a la eficiencia de los refrigeradores y al manejo por parte del personal de piso. Por otro lado, Likar y Jevšnik (2006), en Eslovenia, destacaron que en los establecimientos de venta al menudeo se da mayor preferencia a la apariencia del producto sobre los procesos que aseguren su calidad, enfatizando en la higiene y gestión de la cadena de frío.

La posición de los productos dentro del refrigerador ha sido objeto de estudio debido a su impacto en las diferencias de temperatura de los productos. Baldera Zubeldia, et al., (2016) obtuvieron datos similares a los de la presente investigación después de analizar la temperatura de carne fresca durante el invierno y verano en distintos supermercados de Andalucía, España. Los autores encontraron que la estación del año y la posición dentro del refrigerador están altamente relacionados a los abusos de temperatura y que el 38.5 % de los sitios analizados no cumplieron los requerimientos en la posición “superior” durante el verano, mientras que en invierno disminuyó al 16.7 %. En tanto, las posiciones “inferior” y “media” tuvieron desviaciones menores.

Estas investigaciones han resaltado, que la posición del frente es la que muestra mayor desviación del rango adecuado. Estos datos coinciden con los resultados obtenidos en la posición frente de esta investigación (Cuadro 1), en donde tres de los cuatro supermercados analizados se encontraron sobre el límite establecido. Por otro lado, las posiciones media y posterior mostraron también desviaciones, aunque de menor proporción que la posición frontal.

Morelli et al. (2012) asociaron la relación de la variación de la temperatura al tipo y manejo del refrigerador y a las prácticas de manejo llevadas a cabo por los trabajadores directamente al producto. En la presente investigación, los refrigeradores analizados correspondieron al tipo “de exhibición abierta” o “gabinete de enfriamiento de varios pisos”, los cuales se encuentran en contacto con el ambiente próximo al refrigerador. Hundy, et al. (2016) destacaron que este tipo de refrigeradores se basan en una cortina de aire que mantiene los productos a una temperatura determinada por el operador. Sin embargo, aun con un buen manejo, no son los más eficientes, debido a que suelen tener desviaciones por ganancias de temperatura provenientes del ambiente.

Los abusos de temperatura tienen diversas implicaciones en los productos perecederos, esencialmente en su calidad. De acuerdo con Yang, et al. (2021), el aumento de la temperatura favorece la degradación de proteínas musculares, disminuyendo la capacidad de retención de agua y, consecuentemente, se aumenta la pérdida de fluidos. Huff-Lonergan (2009) indicó que este fenómeno es particularmente importante, debido a que modifica la aceptación visual por parte del consumidor y disminuye la calidad nutricional del producto, puesto que en este líquido se pierde agua, hierro y proteínas, asociado principalmente al color de la carne.

Por otro lado, Nychas et al. (2008) indicaron que los abusos de temperatura contribuyen al deterioro mediado por microorganismos. Estudios realizados por Bruckner, et al. (2012), Koutsoumanis, et al. (2006) y Tang et al. (2013) coincidieron en que las fluctuaciones de la temperatura de almacenamiento mayores a 4 °C disminuyen considerablemente la vida de anaquel de los productos, debido al aumento del crecimiento bacteriano. Estos trabajos resaltaron que, en tales condiciones, *Pseudomonas* es el principal género de bacterias que domina sobre *B. thermosphata*, bacterias ácido-lácticas y *Enterobacteriaceae*. De acuerdo con Casaburi et al. (2015) distintas especies del género *Pseudomonas* producen una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles (COVs), asociados al olor característico de carne descompuesta, que a su vez propician el rechazo del producto por parte del consumidor.

Del mismo modo, la presencia de bacterias patógenas asociadas a enfermedades transmitidas por alimentos puede presentarse posterior a los abusos de temperatura. El

mantenimiento de la cadena de frío disminuye los riesgos biológicos que estas bacterias representan; sin embargo, es esencial emplear un enfoque preventivo mediante la correcta implementación de buenas prácticas de higiene y de distribución (Betic, et al., 2019). De acuerdo con Raab, et al. (2011) la capacitación del personal en temas relacionados a calidad e inocuidad de los productos perecederos es esencial. Además, es igualmente relevante el manejo, monitoreo y control de temperaturas, utilizando alternativas que faciliten su implementación, por ejemplo, el uso de indicadores de temperatura en el tiempo, o tecnologías inalámbricas o el sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID). Michael y McCathie (2005) refirieron que el uso del sistema RFID contribuye a mayor eficiencia de los procesos de monitoreo de temperatura, crecimiento bacteriano y calidad. Asimismo, ese sistema asegura el uso o consumo de productos antes de que finalice su vida de anaquel.

Conclusiones

Los cuatro supermercados evaluados deben gestionar correctamente su cadena de frío, ya que incumplen con los términos establecidos por la NOM-213-SSA1-2018, específicamente en la sección correspondiente a las condiciones de almacenamiento. Estos supermercados presentaron abusos de temperatura durante la comercialización de la carne de porcino fresca, mostrando que la zona posterior del refrigerador es la más segura en cuanto al mantenimiento de la temperatura dentro del rango adecuado. Se sugiere continuar la investigación con el objetivo de determinar causas y posibles acciones correctivas ante estos abusos de temperatura que se presentan en estos centros de ventas al menudeo de cárnicos.

Referencias

- Baldera Zubeldia, B., Nieto Jiménez, M., Valenzuela Claros, M. T., Mariscal Andrés, J. L., y Martín-Olmedo, P. (2016). Effectiveness of the cold chain control procedure in the retail sector in Southern Spain. *Food Control*, 59, 614-618. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.046>
- Betic, N., Brankovic Lazic, I., y Nastasijevic, I. (2019). Biological hazards in the pork chain continuum: risk mitigation strategy. *Meat Technology*, 60(2), 106-120. <https://doi.org/10.18485/meattech.2019.60.2.5>
- Bruckner, S., Albrecht, A., Petersen, B., y Kreyenschmidt, J. (2012). Influence of cold chain interruptions on the shelf life of fresh pork and poultry. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8), 1639-1646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03014.x>
- Casaburi, A., Piombino, P., Nychas, G. J., Villani, F., y Ercolini, D. (2015). Bacterial populations and the volatime associated to meat spoilage. *Food Microbiology*, 45, 83-102. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.02.002>
- Derens-Bertheau, E., Ossvald, V., Laguerre, O., y Alvarez, G. (2015). Cold chain of chilled food in France. *International Journal*

- of Refrigeration, 52, 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.06.012>
- FAO, y OMS. (2003). *Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: directrices para el fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos. Estudio FAO alimentación y nutrición 76*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/y8705s/y8705s03.htm>
- Huff-Lonergan, E. (2009). Fresh meat water-holding capacity. In *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat* (pp. 147-160). <https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.147>
- Hundy, G. F., Trott, A. R., y Welch, T. C. (2016). The cold chain – transport, storage, retail. In *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps* (pp. 273-287). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100647-4.00017-6>
- James, S. J., y James, C. (2014). Meat marketing | cold chain. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (pp. 225-230). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00179-3>
- Koutsoumanis, K., y Sofos, J. N. (2004). Microbial contamination. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (pp. 727-737). <https://doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00070-2>
- Koutsoumanis, K., Stamatiou, A., Skandamis, P., y Nychas, G.-J. E. (2006). Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat, and validation of the model under Dynamic temperature conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(1), 124-134. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.124-134.2006>
- Likar, K., y Jevšnik, M. (2006). Cold chain maintaining in food trade. *Food Control*, 17(2), 108-113. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.009>
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., y Uysal, I. (2017). Time-temperature management along the food cold chain: a review of recent developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 647-667. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269>
- Michael, K., y McCathie, L. (2005). The pros and cons of RFID in supply chain management. *International Conference on Mobile Businessw (ICMB'05)*, 623-629. <https://doi.org/10.1109/ICMB.2005.103>
- Morelli, E., Noel, V., Rosset, P., y Poumeyrol, G. (2012). Performance and conditions of use of refrigerated display cabinets among producer/vendors of foodstuffs. *Food Control*, 26(2), 363-368. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.002>
- Nychas, G.-J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., y Koutsoumanis, K. P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1-2), 77-89. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.020>
- Raab, V., Petersen, B., y Kreyenschmidt, J. (2011). Temperature monitoring in meat supply chains. *British Food Journal*, 113(10), 1267-1289. <https://doi.org/10.1108/00070701111177683>
- Rawat, S. (2015). Food spoilage: microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(4), 47-56
- SAS Institute Inc. (2016). *SAS/STAT user's guide: versión 9.4*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tang, X., Sun, X., Wu, V. C. H., Xie, J., Pan, Y., Zhao, Y., y Malakar, P. K. (2013). Predicting shelf-life of chilled pork sold in China. *Food Control*, 32(1), 334-340. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.010>
- Taoukis, P. S., Gogou, E., Tsironi, T., Giannoglou, M., Dermesonlouoglou, E., y Katsaros, G. (2016). Food cold chain management and optimization. In *Food Engineering Series* (pp. 285-309). https://doi.org/10.1007/978-3-3-319-24040-4_16
- Villeneuve, S., Emond, J. P., Mercier, E., y do Nascimento Nunes, M. C. (2002). Analyse de la température de l'air dans un comptoir réfrigéré. *Revue Générale de Droit*. 1025, 17-21.
- Yang, B., Chen, T., Li, H., Li, Y., y Yang, R. (2021). Impact of postmortem degradation of cytoskeletal proteins on intracellular gap, drip channel and water-holding capacity. *Meat Science*, 176, 108472. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108472>