

EN

Assessment of the cold chain for cuts of beef sold in supermarkets

ES

Evaluación de la cadena de frío en cortes de res vendida en supermercados

Pedro Arriaga-Lorenzo¹; Ema Maldonado-Simán^{1*}; Rodolfo Ramírez-Valverde¹;
Pedro Arturo Martínez-Hernández¹; Deli Nazmín Tirado-González²; Luis Antonio Saavedra-Jiménez³

¹Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco Estado de México, C. P. 56230.

²Instituto Tecnológico el Llano Aguascalientes/Tecnológico Nacional de México, Aguascalientes, México.

³Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. Pinotepa Nacional, Guerrero, México.

*Corresponding author:

emamaldonado@correo.

chapingo.mx Tel: 595 9521 621

(ORCID 0000-0002-1692-3198)

Received: October 30, 2022 /

Accepted: February 3, 2023

DOI:

10.5154/r.rchsagt.2023.03.02

Abstract

The demand for food at global level has constantly increased, and particularly for perishable products that require a specialized management to assure their safety when they reach the final consumer. The cold chain is a useful tool for achieving this objective. However, there are problems in the different links that can affect the product quality. Retailing is a weak link, for this, the cold chain needs to be monitored to assure there are no fluctuations in temperature that negatively affect the food quality and safety. In this study, the cold chain management for beef sold by four supermarkets in the State of Mexico, was assessed, considering those that use open fridges. The surface temperature of the product placed in different parts of the fridge, was recorded. Data obtained were analyzed with a mixed model with repeated measurements over time under a completely random design. It was determined that two of the four supermarkets showed management problems in the cold chain during the assessed months, breaching the provisions of the NOM-213-SSA1-2018 standard. This represents a risk for human consumers, due to the possible growth of microorganisms caused by the temperature increase, in addition of decreasing the shelf life and subsequent waste of food, generating economic losses.

Key words: Meat, beef, temperature, safety, food spoilage.

Resumen

La demanda de alimentos a nivel mundial ha mantenido un constante crecimiento, y en particular los productos perecederos que requieren de manejo especializado para asegurar su inocuidad al llegar con el consumidor final. La cadena de frío es una importante herramienta para lograr este objetivo. Sin embargo, existen problemas en los distintos eslabones que pueden afectar la calidad del producto. La venta al menudeo resulta ser un eslabón débil, por lo que la cadena de frío necesita ser monitoreado para asegurar que no se presenten fluctuaciones de temperaturas que afecten negativamente la calidad e inocuidad de los alimentos. En esta investigación, se evaluó la gestión de cadena de frío de carne de res vendida en cuatro supermercados del estado de México,



Please cite this article as follows (APA 7): Arriaga-Lorenzo, P., Maldonado-Simán, E., Ramírez-Valverde, R., Martínez-Hernández, P. A., Tirado-González, D. N., & Saavedra-Jiménez, L. A. (2023). Assessment of the cold chain for cuts of beef sold in supermarkets. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 17-26. doi: 10.5154/r.rchsagt.2023.03.02

considerando aquellos que utilizan refrigeradores de tipo abierto. Se registró la temperatura superficial del producto localizado en diferentes posiciones del refrigerador. Los datos obtenidos se analizaron con un modelo mixto con mediciones repetidas en el tiempo bajo un diseño completamente al azar. Se determinó que dos de los cuatro supermercados, presentaron problemas de gestión de la cadena de frío durante los meses evaluados, incumpliendo lo estipulado en la norma NOM-213-SSA1-2018. Esto representa un riesgo para el consumo humano, por la posible proliferación de microorganismos causada por el aumento de temperatura, además de reducir la vida de anaquel y posterior desperdicio de alimentos, generando pérdidas económicas.

Palabras clave: Carne, bovino, temperatura, inocuo, deterioro de alimentos.

Introduction

In the human diet, the main source of protein comes from the animal products, for this, it is important to consider that meat products, such as beef, that being a highly perishable food, can be a risk for human health if there is an inappropriate management in some links of the supply chain (Syahputri and Sucipto, 2021). It is estimated that, during 2021, about 55 843 000 t of meat were consumed at global level, from which, 1 987 245 were consumed in Mexico (Consejo Mexicano de la Carne, 2022). Therefore, in order to assure that this food reaches the final consumer in good condition, it is essential that beef stay under cold chain.

Highly perishable food products need refrigeration or freeze processes during all the links of the supply chain, since the post-harvest/sacrifice until they reach the final consumer, which is achieved under cold chain logistics (Hu et al., 2020). All this on the understanding that, the refrigeration of highly perishable products is one of the main and effective options to increase the shelf life (Ding et al., 2016; Feng et al., 2019; Pichaya et al., 2012). However, it is estimated that of a production of 1 661 million tons of food that should be refrigerated, only 47 % is refrigerated, which generates a global food loss up to 13 %, mainly in developing countries with lack of refrigeration units (International Institute of Refrigeration, 2020).

On the other side, with the beginning of the COVID-19 pandemic, the importance of hygiene measures, both personal and in food for daily consumption, was highlighted. Although there is no evidence that food transmits del SARS-CoV-2, viral particles have been detected in materials related to food under cold chain (Chen and Duan, 2020; Normile, 2020; Yang et al., 2021). This as consequence that the stability of the SARS-CoV-2 benefits from the low temperatures provided by the cold chain (Han et al., 2021; Shi et al., 2020). Nevertheless, it is strictly necessary maintain the perishable food at a temperature not higher than 4 °C, because a sudden increase could cause a quality loss,

Introducción

En la dieta de los humanos, la principal fuente de proteína proviene de los productos de origen animal, por lo que, es importante considerar que los productos cárnicos, como los de res, que al ser un alimento altamente perecedero, puede ser un riesgo para la salud humana si se presenta un manejo inadecuado en algún eslabón de la cadena de suministro (Syahputri y Sucipto, 2021). Se estima que, durante el 2021 se consumieron alrededor de 55 843 000 t de carne de res a nivel mundial, de las cuales, 1 987 245 se consumieron en México (Consejo Mexicano de la Carne, 2022). Por ende, para asegurar que dicho alimento llegue en buen estado hasta el consumidor final, es crucial que la carne de res se mantenga bajo cadena de frío.

Los productos alimenticios altamente perecederos requieren de procesos de refrigeración o congelación durante todos los eslabones de la cadena de suministro, desde la post-cosecha/sacrificio hasta llegar al consumidor final, lo cual se logra bajo la logística de la cadena de frío (Hu et al., 2020). Esto en el entendido de que, la refrigeración en los productos altamente perecederos es una de las principales y eficaces alternativas para maximizar la vida de anaquel (Ding et al., 2016; Feng et al., 2019; Pichaya et al., 2012). Sin embargo, se estima que de una producción de 1 661 millones de toneladas de alimentos que deberían ser refrigerados, únicamente se refrigera 47 %, lo que genera una pérdida mundial de alimentos de hasta 13 %, principalmente por países en desarrollo con falta de equipos de refrigeración (International Institute of Refrigeration, 2020).

Por otro lado, con la llegada de la pandemia del COVID-19 se resaltó la importancia de medidas de higiene, tanto personales como en los alimentos de consumo cotidiano. A pesar de que no se ha demostrado que los alimentos sean una ruta de transmisión del SARS-CoV-2, se han detectado partículas virales en materiales asociados con alimentos bajo cadena de frío (Chen y Duan, 2020; Normile, 2020; Yang et al., 2021). Esto como

growth of microorganisms and, therefore, economic losses before the expiration date (Ndraha et al., 2018; Neisyafitri and Ongkunaruk, 2020; Rizou et al., 2020).

The temperature variations, also called disruptions, abuses or fluctuations, are produced through the food management and generally in the cooling before its transport, during the delivery at different points of the supply chain, in the process of loading and unloading the products. These alterations cause delay in the transport of the product in contact with the room air, in addition of the interruptions or incorrect calibration of the refrigeration system during the retailing (Brenner, 2015; Mercier et al., 2017; Syahputri and Sucipto, 2021). As a consequence, the aim of this study was to assess the cold chain for beef sold in supermarkets, in order to detect if there is a risk of microbiological contamination due to temperature increases.

Methodology

From January to May 2022, we took surface temperature records for the cuts of beef loin and rib eye steak packaged and marketed in four supermarkets from the northeast of the State of Mexico. Samplings were conducted each week between 12:00 – 14:00 hr. In each supermarket, the temperature of the products placed in the front, middle and back position of open fridges, was recorded. During the study, a room temperature between 15 – 26 °C was recorded in the zone. The generated database collected 12 records by supermarket/month, obtaining a total of 240 records. The temperature readings were obtained with an infrared thermometer (MASIONE GM320).

To analyze the temperature database, a mixed model with repeated measurements over time was used, with the SAS software (SAS, 2013). Through a completely random design, the positions within the fridge, the four supermarkets and five months of the year (January to May), were considered as independent variables. The room temperature was deemed as a covariate with linear and quadratic effect. Measurements were grouped through the Student's t-test. The temperature means obtained from the statistical analysis were compared with what is stipulated in the NOM-213-SSA1-2018 for meat products.

Results and discussion

Front position

In the front position (Table 1) of the open fridges, it was found that, during the five sampled months, severe management problems in the cold chain were presented in the two supermarkets assessed (1 and 3),

consecuencia de que la estabilidad del SARS-CoV-2 se beneficia de las bajas temperaturas propiciadas por la cadena de frío (Han et al., 2021; Shi et al., 2020). No obstante, es estrictamente necesario mantener los alimentos perecederos a una temperatura no mayor a 4 °C, ya que un aumento repentino, puede provocar que antes de la fecha de caducidad se produzca una pérdida de calidad, proliferación de microorganismos y, por consiguiente, pérdidas económicas (Ndraha et al., 2018; Neisyafitri y Ongkunaruk, 2020; Rizou et al., 2020).

Las variaciones de temperatura, también llamadas interrupciones, abusos o fluctuaciones, se producen durante el manejo de los alimentos y generalmente en el enfriamiento previo a su movilización, durante la entrega en los diferentes puntos de la cadena de suministro, en el proceso de carga y descarga de los productos. Estas alteraciones causan demoras en la movilización del producto entrando en contacto con el aire ambiental, además de las interrupciones o incorrecta calibración del sistema de refrigeración durante la venta al menudeo (Brenner, 2015; Mercier et al., 2017; Syahputri y Sucipto, 2021). En consecuencia, el objetivo de este estudio fue evaluar la cadena de frío en cortes de carne de res vendida en supermercados, con el fin de detectar si existe riesgo de contaminación microbiológica por aumentos de temperatura.

Metodología

Durante los meses de enero a mayo de 2022, se tomaron registros de temperatura superficial de cortes de carne de res de lomo y rib eye steak empaquetada y comercializada en cuatro supermercados localizados en el noreste del Estado de México. Los muestreos se realizaron de forma semanal entre las 12:00 – 14:00 hr. En cada supermercado se registró la temperatura de los productos localizados en la posición frontal, media y posterior de refrigeradores abiertos. Durante el estudio se registró una temperatura ambiente entre 15 – 26 °C en la zona. La base de datos generada acumuló 12 registros por supermercado/mes, obteniendo 240 registros en total. Las lecturas de la temperatura fueron obtenidas utilizando un termómetro infrarrojo (MASIONE GM320).

Para analizar la base de datos de temperaturas, se empleó un modelo mixto con medidas repetidas en el tiempo, usando el software SAS (SAS, 2013) mediante un diseño completamente aleatorizado; se consideraron como variables independientes las posiciones dentro del refrigerador, los cuatro supermercados y cinco meses del año (enero a mayo). La temperatura ambiental fue considerada como una covariable con efecto lineal y cuadrática. Las medias se agruparon mediante la prueba t de Student.

Table 1. Estimated temperatures (°C) for cuts of beef placed in the front position of the fridge.
Cuadro 1. Temperaturas estimadas (°C) en cortes de res localizados en la posición frontal del refrigerador.

Supermarket / Supermercado	Month/Mes					
	January / Enero	February / Febrero	March / Marzo	April / Abril	May / Mayo	Mean / Media
1	10.17±0.58	9.78±0.41	10.16±0.48	8.91±0.30	9.71±0.41	9.75±0.21 ^a
2	4.83±0.77	3.31±0.60	3.59±0.39	3.38±0.49	4.11±0.33	3.84±0.26 ^b
3	6.81±0.58	7.18±1.74	12.84±3.20	8.36±2.99	9.37±1.08	8.91±0.92 ^a
4	2.99±0.73	3.78±0.78	4.24±1.21	5.63±1.07	4.45±0.50	4.22±0.39 ^b
Mean / Media	6.2±0.68	6.01±0.82	7.71±1.28	6.57±0.92	6.91±0.67	

Means with the same literal, do not show significant statistical differences ($P>0.05$) /
Medias con la misma literal, no muestran diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$)

showing temperature abuse of up to 8 °C above the limit allowed by the NOM-213-SSA1-2018 standard, which sates a temperature not higher than 4 °C for refrigerated foods. Supermarkets 2 and 4 showed a better temperature management, although in some months, there are temperature increases slightly above what is stipulated by the standard. The analysis of the environmental temperature as covariate, did not show lineal or quadratic influence ($P>0.05$).

Middle position

Supermarkets that did not maintain a good temperature management for the cuts of beef placed in the front position of the fridge, showed the same trend in the middle position (Table 2), with temperatures up to 6 °C above what is stipulated. On the other side, the variations showed by the supermarkets 2 and 4, were reduced and practically disappeared. Also, it was observed that the temperature of the meat products placed in this position within the fridge, showed an influence of the room temperature with quadratic effect.

Back position

Data obtained from the analysis of the various positions in the fridge show that there are temperature variations in respect of the position in which meat products are placed. In this research, it is showed that in the back position (Table 3), the assessed refrigeration units maintained a better temperature

Las medias de temperatura obtenidas del análisis estadístico se compararon con lo estipulado en la NOM-213-SSA1-2018 para los productos cárnicos.

Resultados y discusión

Posición frontal

En la posición frontal (Cuadro 1) de los refrigeradores abiertos, se encontró que, durante los cinco meses muestreados se presentaron severos problemas en el manejo de la cadena de frío en dos de los supermercados evaluados (1 y 3), presentando abusos de temperatura de hasta 8 °C por arriba del límite permitido por la norma NOM-213-SSA1-2018, la cual indica una temperatura no mayor a 4 °C para alimentos refrigerados. Los supermercados 2 y 4 presentaron un mejor manejo de la temperatura, aunque se observan en algunos meses incrementos de temperatura ligeramente por arriba de lo estipulado por la norma. El análisis de la temperatura ambiental como covariable, no mostró influencia ($P>0.05$) lineal o cuadrática.

Posición media

Los supermercados que no lograron mantener una buena gestión de la temperatura de los cortes de res localizados en la parte frontal del refrigerador, mostraron la misma tendencia en la posición media (Cuadro 2), con temperaturas hasta 6 °C por arriba

Table 2. Estimated temperatures (°C) for cuts of beef placed in the middle position of the fridge.
Cuadro 2. Temperaturas estimadas (°C) en cortes de res localizados en la posición media del refrigerador.

Supermarket / Supermercado	Month / Mes					
	January / Enero	February / Febrero	March / Marzo	April / Abril	May / Mayo	Mean / Media
1	10.35±0.56	10.79±0.50	9.33±0.86	7.19±0.47	8.64±0.57	9.26±0.34 ^a
2	4.75±0.83	3.76±0.88	3.55±0.23	2.72±0.29	2.30±0.38	3.42±0.30 ^c
3	4.99±1.03	7.00±1.49	7.65±3.73	6.19±1.54	5.98±0.90	6.37±0.78 ^b
4	1.83±0.57	2.16±0.57	3.00±0.25	3.81±0.82	2.38±0.81	2.64±0.33 ^c
Mean / Media	5.48±0.79	5.93±0.95	5.89±1.10	4.98±0.62	4.83±0.69	

Means with the same literal, do not show significant statistical differences ($P>0.05$) /
 Medias con la misma literal, no muestran diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$)

Table 3. Estimated temperatures (°C) for cuts of beef placed in the back position of the fridge.
Cuadro 3. Temperaturas estimadas (°C) en cortes de res localizados en la posición posterior del refrigerador.

Supermarket / Supermercado	Month / Mes					
	January / Enero	February / Febrero	March / Marzo	April / Abril	May / Mayo	Mean / Media
1	5.80±0.89	5.54±0.68	4.61±0.16	3.07±0.22	4.79±0.63	4.76±0.29 ^a
2	1.74±1.39	0.51±0.69	-0.01±0.47	-0.33±1.03	0.39±0.81	0.45±0.41 ^b
3	1.84±0.71	2.61±1.57	7.00±4.03	4.35±2.24	4.13±4.54	3.99±0.96 ^a
4	-2.14±0.40	-0.64±0.49	0.03±0.42	-0.2±0.72	-1.15±1.18	-0.82±0.37 ^b
Mean / Media	1.81±0.77	2.00±0.74	2.91±1.20	1.72±0.78	2.04±0.76	

Means with the same literal, do not show significant statistical differences ($P>0.05$) /
 Medias con la misma literal, no muestran diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$)

control. However, although the temperatures in the four supermarkets are observed to be lower than in the front and middle positions, supermarkets 1 and 3 still presented temperatures above what is allowed for three months. On the other side, supermarkets 2 and 4 maintained a good control of the cold chain during the five months assessed.

de lo estipulado. Por otro lado, las variaciones que presentaban los supermercados 2 y 4, se redujeron y prácticamente desaparecieron. Además, se observó que la temperatura de los productos cárnicos localizados en esta posición dentro del refrigerador presentó una influencia de la temperatura ambiental con efecto cuadrático.

General discussion

According to the temperature means of the different supermarkets, it is observed that, when they are compared with the Mexican legislation, there are problems with the cold chain management in the distinct positions of the open fridges. These findings are similar to the results obtained by Baldera et al. (2016) in Spain, where it was determined that the temperature fluctuations occurred more frequently at the top of the fridge. In another study developed by Eriksson et al. (2016), they point out that, to extend the shelf life of the perishable foods, a more important activity is to reduce the storage temperature, that leads to a reduction of food waste in supermarkets. On the other hand, in Mexico, and in other countries, it is imperative to have databases that show the correct operation of the refrigeration units. However, the corresponding authority needs a strict system to monitor and verify that data is correct, in order to avoid discrepancies between the database and real temperatures, like those detected in retail establishments by Lundén et al. (2014).

It is important to point out that the temperature abuses are not limited to the link considered in this study, since managing the cold chain turns out to be complicated during transport, storage, and retailing, besides that it is not limited to a specific product. Ndraha et al. (2018) show the fluctuations recorded by different European countries such as Spain, Finland, France, Iceland, and Slovenia. Due to the high temperatures estimated in this study, it is possible to infer that the food waste increases, because of a significant reduction of the shelf life, as it was observed in the province of Granada, Spain, with reductions from 25 to 40 % during the summer season (Baldera et al., 2016).

On the other side, the safety food production during and after the COVID-19 pandemic, the fluctuation and temperature abuse in the cold chain, currently represent a crucial factor. This is because, by applying an appropriate temperature during transport or storage, in each type of food stipulated in the standards, it leads to achieving the desired quality of food products, and therefore reduces food waste and loss. (Skawińska and Zalewski, 2022). In the initial period of the COVID-19, a shock scheme between the supply and demand at global level was presented due to the applied coordination and climatic conditions, highlighting in particular the role of applied temperature in food storage (Davis et al., 2020; Hobbs, 2020). There is a systemic research and information gap about the

Posición posterior

Los datos obtenidos del análisis de las distintas posiciones del refrigerador muestran que existen variaciones de temperatura en cuanto a la posición en la que se colocan los productos cárnicos. En esta investigación se muestra que en la posición posterior (Cuadro 3), los equipos de refrigeración evaluados mantuvieron un mejor control de la temperatura. No obstante, a pesar de que las temperaturas en los cuatro supermercados se observan más bajas que en las posiciones frontal y media, los supermercados 1 y 3 continuaron presentando temperaturas por arriba de lo permitido durante tres meses. Por otro lado, los supermercados 2 y 4 mantuvieron un buen control de la cadena de frío durante los cinco meses evaluados.

Discusión general

De acuerdo con las medias de temperatura de los diferentes supermercados, se observa que, al comparar con la legislación mexicana, existen problemas con la gestión de la cadena de frío en las distintas posiciones de los refrigeradores abiertos. Estos hallazgos son similares con los resultados obtenidos por Baldera et al. (2016) en España, donde determinaron que las fluctuaciones de temperatura ocurrieron con mayor frecuencia en la parte superior del anaquel. En otro estudio hecho por Eriksson et al. (2016) indican que, para lograr prolongar la vida útil de los productos perecederos, una actividad de mayor importancia es reducir la temperatura de almacenamiento, que conlleva a una reducción de desperdicio de alimentos en supermercado. Por otra parte, en México, como en otros países, es obligatorio contar con bases de datos que demuestren el correcto funcionamiento de los equipos de refrigeración. Sin embargo, la autoridad correspondiente requiere de un estricto sistema para monitorear y verificar que los datos sean correctos, con el fin de evitar discrepancias entre la base de datos y las temperaturas reales, como las detectadas en establecimientos minoristas por Lundén et al. (2014).

Es importante señalar que los abusos de temperatura no se limitan al eslabón considerado en este estudio, ya que gestionar la cadena de frío resulta ser complicado durante el transporte, almacenaje y venta al menudeo, además de que no se limita a un producto en específico. Ndraha et al. (2018) muestran las fluctuaciones registradas en diversos países europeos como España, Finlandia, Francia, Islandia, y Eslovenia. Debido a las altas temperaturas estimadas en este estudio, es posible inferir que se aumenta el desperdicio de alimentos, como consecuencia de una reducción considerable de la vida de anaquel, como

temperature fluctuations in foods throughout the supply chain (Skawińska and Zalewski, 2022).

On the other hand, the types of refrigeration units used in the retailing supermarkets play a key role in the cold chain control, as well as in the supermarkets considered in this study, called open fridges. For example, in the study developed by Morelli et al. (2012), they suggest performing the appropriate corrections for the calibration to reach the target temperature, in addition of the correct unit management on the part of the retail staff. As consequence, and according to the temperature issues in food products in France, two main reasons were identified: poor professional practices and poor refrigerator design. The recommendations proposed for the first problems are focused on reducing the periods of food preparation and putting it quickly to the cooling process, to avoid the development of *Listeria monocytogenes* in those sensitive products. While the unit design is focused on the manufacturers in order to identify limitations and promote an optimum performance of the units.

On the other side, maintaining meat foods at low temperatures hinders the growth of pathogenic bacteria during the stages of storage and retail sales in supermarkets. (Castro-Ibáñez et al., 2017). Also, if the proper temperatures are not maintained for the food refrigeration, the proliferation of pathogenic bacteria that are already present in the products, occurs (Zeng et al., 2014). For example, the raw meat is one of the foods that has a lower stability, because it has a large amount of nutrients for microorganisms. For this, the temperature control becomes an essential tool to protect the quality of the meat products (Xiong, 2023). Although the cold chain maintenance represents a crucial point in the safety and quality of the products, the supervision and exclusion of sick workers becomes more important (Alegbeleye et al., 2018). The detection of a high rate of pathogens in fresh meat has been reported, *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterococci*, *Escherichia*, *Acinetobacter*, and *Corynebacterium* spp. in carcasses or cuts of pork (Van Ba et al., 2019), while in beef carcasses there is a presence of *Clostridium*, *Brochothrix thermosphacta*, lactic bacteria and *Pseudomonas* spp. (Reid et al., 2017). In another research, Xiaofeng and Xuelai, (2021) point out the relevance of moisture and temperature to guarantee the meat safety, specially to inhibit the growth of bacteria. Therefore, the cold chain, together with the moisture control, favor a visible improvement in the quality and safety, as well as the shelf life of the products (Fikiin et al., 2020). Then, the combination of an elevated temperature and high moisture facilitate the bacterial growth (Yu et al., 2001), although there

se observó en la provincia de Granada, España, con reducciones del 25 hasta el 40 % en la época de verano (Baldera et al., 2016).

Por otro lado, la producción de alimentos inocuos durante y después de la pandemia COVID-19, la fluctuación y abuso de temperatura en la cadena de frío, representa hoy en día un factor crucial. Esto se debe a que, al aplicar una temperatura apropiada durante el transporte o almacenamiento, en cada tipo de alimentos estipulada en los estándares, conlleva a lograr la calidad deseada de los productos alimenticios, y por ende reduce el desperdicio y pérdida de alimentos (Skawińska y Zalewski, 2022). En el periodo inicial del COVID-19 se presentó un esquema de choque a nivel mundial entre la demanda y la oferta, a causa de la logística aplicada y las condiciones climáticas, resaltando en especial el papel de la temperatura aplicada en el almacenamiento de alimentos (Davis et al., 2020; Hobbs, 2020). Existe un vacío de información e investigación sistemática sobre las fluctuaciones de temperatura presentes en los alimentos a lo largo de toda la cadena de suministro (Skawińska y Zalewski, 2022).

Por otro lado, los tipos de equipos de refrigeración que se emplean en los supermercados de venta al menudeo juegan un papel crucial en el control de la cadena de frío, como en los supermercados considerados en este estudio, nombrados refrigeradores abiertos. Por ejemplo, en el estudio realizado por Morelli et al. (2012), sugieren efectuar las correcciones pertinentes en la calibración, para lograr la temperatura objetivo, además del correcto manejo de los equipos por parte de personal del minorista. Como consecuencia, y de acuerdo con los problemas de temperatura en productos alimenticios en Francia, donde se identificaron dos razones principales: prácticas profesionales deficientes y un mal diseño de los refrigeradores. Las recomendaciones que proponen para el primer problema se enfocan en reducir los períodos de preparación de los alimentos y someterlos rápidamente al proceso de enfriamiento, para evitar el desarrollo de *Listeria monocytogenes* en aquellos productos sensibles. Mientras que, el diseño de equipos, está orientado hacia los fabricantes, con el fin de identificar las limitaciones y propiciar un rendimiento óptimo de los equipos.

Por otro lado, el mantener los alimentos cárnicos a bajas temperaturas dificultan la proliferación de bacterias patógenas durante las etapas de almacenamiento y ventas al menudeo en supermercados (Castro-Ibáñez et al., 2017). Además, si no se mantienen las temperaturas adecuadas para la refrigeración de los alimentos, se presenta la proliferación de bacterias

is also the presence of active bacteria even with low temperatures in the cold chain (Duffy et al., 2001).

Conclusions

The cold chain management for food, particularly for meat products is essential to reach the proper quality and safety for consumption. In this study, important fluctuations were recorded for meat products in the assessed supermarkets, which have a significant impact in foods. Also, these alterations favor the microbiological growth and negative changes in organoleptic characteristics. Thus, it is important a greater training and application of systems to adequately monitor the temperature, jointly adjust the maintenance and calibration systems of refrigeration units. Finally, when applying the temperature stated in the standard for this type of products, the shelf life increases and safe products suitable for consumption are generated, and the food waste is also reduced.

End of English version

References / Referencias

- Alegbeleye, O. O., Singleton, I., y Sant'Ana, A. S. (2018). Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food Microbiology*, 73, 177–208. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.003>
- Baldera, B., Nieto, M., Valenzuela, M. T., Mariscal, 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>
- Brenner, V. (2015). *Causes of Supply Chain Disruptions: An Empirical Analysis in Cold Chains for Food and Pharmaceuticals*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-08662-6>
- Castro-Ibáñez, I., Gil, M. I., y Allende, A. (2017). Ready-to-eat vegetables: Current problems and potential solutions to reduce microbial risk in the production chain. *LWT - Food Science and Technology*, 85, 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.073>
- Chen, H., y Duan, X. (2020). How to import foreign food safety? https://www.ccdi.gov.cn/toutiao/202008/t20200815_223796.html
- Consejo Mexicano de la Carne. (2022). *Compendio estadístico 2022*. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2022/>
- Davis, K. F., Downs, S., y Gephart, J. A. (2020). Towards food supply chain resilience to environmental shocks. *Nature Food*, 2(1), 54–65. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00196-3>
- patógenas que ya están presentes en los productos (Zeng et al., 2014). Por ejemplo, la carne cruda es uno de los alimentos que tienen menor estabilidad, ya que cuenta con una gran cantidad de nutrientes para los microorganismos. Por tal razón, el control de la temperatura se convierte en una herramienta esencial para proteger la calidad de los productos cárnicos (Xiong, 2023). Si bien el mantenimiento de la cadena de frío representa un punto crucial en la inocuidad y calidad de los productos, adquiere mayor importancia la supervisión y exclusión de los trabajadores enfermos (Alegbeleye et al., 2018). Se ha reportado la detección de una tasa elevada de patógenos en carne fresca, de *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterococci*, *Escherichia*, *Acinetobacter* y *Corynebacterium* spp. en canales o cortes de porcino (Van Ba et al., 2019), mientras que en canales de bovino se señala la presencia *Clostridium*, *Brochothrix thermosphacta*, bacterias lácticas y *Pseudomonas* spp. (Reid et al., 2017). En otra investigación Xiaofeng y Xuelai, (2021) señalan la importancia de la humedad y temperatura para garantizar la inocuidad de los cárnicos, en especial para inhibir el crecimiento de bacterias. Por consiguiente, la cadena de frío, en combinación con el control de la humedad, propicia una mejora notable en la calidad e inocuidad, así como la vida de anaquel de los productos (Fikiin et al., 2020). Luego entonces, la combinación de una alta temperatura y elevada humedad propicia el crecimiento bacteriano (Yu et al., 2001), aunque también existe la presencia de bacterias activas aún con bajas temperaturas en la cadena de frío (Duffy et al., 2001).

Conclusión

El manejo de la cadena de frío en alimentos, en especial en productos cárnicos es de vital importancia para lograr la calidad e inocuidad adecuada para el consumo. En este estudio se registraron fluctuaciones importantes en productos cárnicos en los supermercados evaluados, las cuales tienen un impacto relevante en los alimentos. Además, estas alteraciones propician el crecimiento microbiano y cambios negativos en las características organolépticas. Por lo tanto, es importante mayor capacitación y aplicar sistemas para monitorizar adecuadamente la temperatura, ajustar conjuntamente los sistemas de mantenimiento y calibración de los equipos de refrigeración. Finalmente, al aplicar la temperatura estipulada en la norma para este tipo de productos, se aumenta la vida de anaquel y generan productos inocuos aptos para el consumo, y también se reduce el desperdicio de alimentos.

Fin de la versión en español

- Ding, T., Liu, F., Ling, J. G., Kang, M. L., Yu, J. F., Ye, X. Q., y Liu, D. H. (2016). Comparison of different cooling methods for extending shelf life of postharvest broccoli. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(6), 178–185. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160906.2107>
- Duffy, E. A., Belk, K. E., Sofos, J. N., Bellinger, G. R., Pape, A., y Smith, G. C. (2001). Extent of Microbial Contamination in United States Pork Retail Products. *Journal of Food Protection*, 64(2), 172–178. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.2.172>
- Eriksson, M., Strid, I., y Hansson, P. A. (2016). Food waste reduction in supermarkets – Net costs and benefits of reduced storage temperature. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.022>
- Feng, C. H., Wang, W., Makino, Y., García-Martín, J. F., Alvarez-Mateos, P., y Song, X. Y. (2019). Evaluation of storage time and temperature on physicochemical properties of immersion vacuum cooled sausages stuffed in the innovative casings modified by surfactants and lactic acid. *Journal of Food Engineering*, 257(March), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.023>
- Fikiin, K., Akterian, S., y Stankov, B. (2020). Do raw eggs need to be refrigerated along the food chain? *Trends in Food Science & Technology*, 100, 359–362. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.003>
- Han, J., Zhang, X., He, S., y Jia, P. (2021). Can the coronavirus disease be transmitted from food? A review of evidence, risks, policies and knowledge gaps. *Environmental Chemistry Letters*, 19(1), 5–16. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01101-x>
- Hobbs, J. E. (2020). Food supply chains during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie*, 68(2), 171–176. <https://doi.org/10.1111/cjag.12237>
- Hu, L., Xiang, C., y Qi, C. (2020). Research on Traceability of Cold Chain Logistics Based on RFID and EPC. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 790(1), 012167. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/790/1/012167>
- International Institute of Refrigeration. (2020). *The deployment of an efficient cold chain is essential for global food security*. <https://doi.org/10.18462/iir.INfood06.03.2020>
- Lundén, J., Vanhanen, V., Kotilainen, K., y Hemminki, K. (2014). Retail food stores' internet-based own-check databank records and health officers' on-site inspection results for cleanliness and food holding temperatures reveal inconsistencies. *Food Control*, 35(1), 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.050>
- 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/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269>
- 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>
- Ndraha, N., Hsiao, H. I., Vljajic, J., Yang, M. F., y Lin, H. T. V. (2018). Time-temperature abuse in the food cold chain: Review of issues, challenges, and recommendations. *Food Control*, 89, 12–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.027>
- Neisyafitri, R. J., y Ongkunaruk, P. (2020). The analysis of a chilled beef supply chain for developing strategic improvement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 773(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/773/1/012004>
- Normile, D. (2020). Source of Beijing's big new COVID-19 outbreak is still a mystery. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.abd3890>
- Pichaya, P., Danai, B., y Kasem, P. (2012). Effect of vacuum cooling on shelf life of organic chayote shoot (*Sechium edule* Sm.). *Agricultural Science and Technology*, 2, 220–227. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85059799409&origin=inward&txGid=490492d209e111f2da9cf2196f2064ae>
- Reid, R., Fanning, S., Whyte, P., Kerry, J., Lindqvist, R., Yu, Z., y Bolton, D. (2017). The microbiology of beef carcasses and primals during chilling and commercial storage. *Food Microbiology*, 61, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.08.003>
- Rizou, M., Galanakis, I. M., Aldawoud, T. M. S., y Galanakis, C. M. (2020). Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic. *Trends in Food Science & Technology*, 102(April), 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.008>
- SAS. (2013). *Statistical Analysis System* (9.4). https://www.sas.com/en_us/home.html
- Shi, P., Dong, Y., Yan, H., Zhao, C., Li, X., Liu, W., He, M., Tang, S., y Xi, S. (2020). Impact of temperature on the dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *Science of The Total Environment*, 728, 138890. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138890>
- Skawińska, E., y Zalewski, R. I. (2022). Economic Impact of Temperature Control during Food Transportation—A COVID-19 Perspective. *Foods*, 11(3), 467. <https://doi.org/10.3390/foods11030467>
- Syahputri, B. E., y Sucipto, S. (2021). Monitoring of beef cold chain to ensure quality, safety, and halal using RFID: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 924(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012001>
- Van Ba, H., Seo, H. W., Seong, P. N., Kang, S. M., Cho, S. H., Kim, Y. S., Park, B. Y., Moon, S. S., Kang, S. J., Choi, Y. M., y Kim, J. H. (2019). The fates of microbial populations on pig carcasses during slaughtering process, on retail cuts after slaughter, and intervention efficiency of lactic acid spraying. *International Journal of Food Microbiology*, 294, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.01.015>

- Xiaofeng, X., y Xuelai, Z. (2021). Simulation and experimental investigation of a multi-temperature insulation box with phase change materials for cold storage. *Journal of Food Engineering*, 292, 110286. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110286>
- Xiong, Y. L. (2023). The storage and preservation of meat: I—Thermal technologies. In *Lawrie's Meat Science* (Ninth Edit, pp. 219–244). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00019-4>
- Yang, J., Niu, P., Chen, L., Wang, L., Zhao, L., Huang, B., Ma, J., Hu, S., Wu, L., Wu, G., Huang, C., Bi, Y., y Tan, W. (2021). Genetic tracing of HCoV-19 for the re-emerging outbreak of COVID-19 in Beijing, China. *Protein & Cell*, 12(1), 4–6. <https://doi.org/10.1007/s13238-020-00772-0>
- Yu, S. L., Cooke, P. H., y Tu, S. I. (2001). Effects of chilling on sampling of bacteria attached to swine carcasses. *Letters in Applied Microbiology*, 32(3), 205–210. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2001.00886.x>
- Zeng, W., Vorst, K., Brown, W., Marks, B. P., Jeong, S., Pérez-Rodríguez, F., y Ryser, E. T. (2014). Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in Packaged Fresh-Cut Romaine Mix at Fluctuating Temperatures during Commercial Transport, Retail Storage, and Display. *Journal of Food Protection*, 77(2), 197–206. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-117>