



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**Cadena de frío en puntos de venta de frutas  
mínimamente procesadas**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**NICOLE GALILEA OLIVAR HERNÁNDEZ**

**ASESORES:**

**DRA. MARÍA DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA**

**I.A. ALFREDO ALVAREZ CÁRDENAS**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO**

**2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: DRA. MARIA DEL CARMEN VALDEBRAMA BRAVO  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: **Tesis y Examen Profesional.**

**Cadena de frío en puntos de venta de frutas mínimamente procesadas.**

Que presenta la pasante: **Nicole Galilea Olivar Hernández**  
Con número de cuenta: **417093558** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de octubre de 2022.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	I.A. Francisco Javier López Martínez	
<b>VOCAL</b>	Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza	
<b>SECRETARIO</b>	Dra. María Guadalupe López Palacios	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M. en C. Ana María Sabina De la Cruz Javier	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Dr. Ricardo Moisés González Reza	

NOTA: los sindocales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga\*

## **EL PRESENTE PROYECTO FUE FINANCIADO POR:**

El proyecto **PAPIIT IN 222520** “Manufactura, evaluación, caracterización y uso de sistemas nanoestructurados en el incremento de vida útil de alimentos” **DGAPA-UNAM.**

El Programa interno de cátedras de Investigación. **CI2233** “Extracción, caracterización y manufactura de sistemas nanoestructurados naturales como coadyuvantes en el proceso con tecnologías emergentes para la conservación de alimentos”.

El proyecto COMECYT **FICDTEM-2021-74** “Extracción, Caracterización Y Nanoencapsulación De Péptidos Bioactivos Obtenidos De Subproductos Agroindustriales.”

## **LUGAR DE REALIZACIÓN**

Unidad De Investigación Multidisciplinaria L16: Laboratorio De Procesos De Transformación Y Tecnologías Emergentes De Alimentos

Gracias **Dios** por darme la dicha de llegar a este momento en el cual veo realizado el sueño de culminar mi carrera, esto no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de mis seres amados.

Gracias **mamá** por apoyar cada uno de mis sueños y nunca dejarme sola.  
Gracias **papá** por todos tus sacrificios para sacarnos adelante.

Gracias **hermanos** por confiar en que lo lograría. A mis **amigas** por estar para mí sin ustedes mi estancia en la universidad no hubiera sido tan divertida.

Gracias a mis **asesores** Dra. María Luz Zambrano y I.A. Alfredo Álvarez Cárdenas por su apoyo, su paciencia y su conocimiento transmitido.

Gracias I.A. Ricardo González Reza por la ayuda brindada.

Gracias a mí por nunca rendirme porque a pesar de las circunstancias seguí intentando hasta lograrlo.

Ahora empiezo a cosechar lo que con tanto sacrificio sembré. Gracias totales!

## ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I. IMPORTANCIA DEL FRÍO EN FRUTAS  
MÍNIMAMENTE PROCESADAS 1

1.1 Frutas mínimamente procesadas 1

1.1.1 Definición 1

1.1.2 Composición química 2

1.1.3 Consumo 3

1.1.4 Proceso de elaboración 5

1.2 Cadena de frío en frutas mínimamente procesadas 16

1.2.1 Componentes 16

1.2.2 Problemática de la cadena de frío en puntos de  
venta 19

1.3 Aplicación del frío en punto de venta de frutas  
mínimamente procesadas 22

CAPÍTULO II. FACTORES QUE AFECTAN EL  
MANTENIMIENTO DE LA CADENA DE FRÍO EN  
PUNTOS DE VENTA 26

2.1 Infraestructura de vitrinas en punto de venta 26

2.2 Influencia de apertura y cierre de puertas 30

2.3 Hábitos del consumidor 32

CAPÍTULO III. RECOMENDACIONES PARA EL  
MANTENIMIENTO DE LA CADENA DE FRÍO EN PUNTO  
DE VENTA 36

3.1 Normatividad 36

3.2 Capacitación al personal 37

3.3 Recomendaciones al consumidor 38

3.4 Recomendaciones de almacenamiento en punto de  
venta 41

3.5 Estrategias de monitoreo tiempo- temperatura	45
CAPÍTULO IV. TENDENCIAS E INNOVACIONES	53
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Diagrama de elaboración de frutas mínimamente procesadas	08
2	Eslabones de la cadena de frío	23
3	Relación tiempo-temperatura y su impacto en la calidad del producto	27
4	Perfil de temperatura típico para alimentos perecederos a lo largo de la cadena de frío	29
5	Termo-registro	51
6	GPS	51
7	GPS red de celulares	52
8	Red de sensores inalámbricos	53
9	Integradores TTI	54
10	Etiquetas RIFD	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Frutos climatéricos y no climatéricos	11
2	Normativa transporte, distribución y almacenamiento	20
3	Causas típicas del desperdicio de alimentos	27
4	Características de la refrigeración y congelación	29
5	Tipos de vitrinas	32

## RESUMEN

El cambio constante que la sociedad está experimentando genera una mayor demanda de productos frescos, de fácil preparación, como son las frutas mínimamente procesadas y/o IV gama, estas requieren un control estricto de la temperatura a lo largo de la cadena de frío, sin embargo existen factores que no permiten llevar a cabo un control de la temperatura de la cadena de frío lo cual lleva a disminuir los atributos de calidad de dichos productos. Este trabajo tuvo el objetivo de proponer recomendaciones que contribuyeran al control y mantenimiento de la cadena de frío de frutas mínimamente procesadas en puntos de venta empleando un enfoque descriptivo de los factores que la afectan y su influencia en la calidad final del producto para ser empleados como guía al consumidor y/o personal operativo. Dependiendo del tipo de vitrina empleada la temperatura experimenta alteraciones, cuando se utiliza una de tipo abierto existe una variación de temperatura, la cual si no se controla puede provocar que el producto aumente dicho parámetro, elevando la evaporación de la humedad de la superficie del producto dando lugar a la pérdida de peso del alimento, es necesario tener actualizados al personal operativo y consumidores sobre los riesgos que puede ocasionar la ruptura de la cadena de frío, así como cuidar condiciones de almacenamiento en los puntos de venta ( $T=5^{\circ}\text{C}$  y  $\text{HR}=90\text{-}95\%$ ). Para lograr tener un control de la temperatura de los equipos frigoríficos hoy en día existen dispositivos como las redes de sensores inalámbricos, integradores de tiempo-temperatura, etc. Que nos permiten tener mayor seguridad en la inocuidad de las frutas mínimamente procesadas.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de productos vegetales frescos cortados es una tendencia que se encuentra en gran expansión actualmente, son productos que se procesan con el objetivo de proveer al consumidor de un alimento listo para consumir. Las frutas mínimamente procesadas presentan una corta vida de anaquel por lo que el empleo de bajas temperaturas es primordial para lograr su conservación acorde a los requerimientos del consumidor basados en su apariencia y frescura al momento de la compra (Pérez & López, 2011). Los consumidores esperan que este tipo de alimentos estén libres de defectos, que tengan un grado de madurez óptimo y que posean una elevada calidad organoléptica y nutricional así mismo que garanticen una seguridad higiénica.

La comercialización de las frutas mínimamente procesadas es una tarea difícil principalmente para los países en vías de desarrollo debido a un inadecuado control de la temperatura a lo largo de la cadena de frío (James & James, 2014) que provoca cambios en las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas que a su vez se traducen en pérdidas económicas (Rodríguez et al., 2011), aumentando la tasa de crecimiento y supervivencia de patógenos (Rediers et al., 2009) que reducen su vida de anaquel. Cabe mencionar que en la distribución de productos mínimamente procesados continuamente hay fluctuaciones de temperatura que no permiten el mantenimiento de la cadena de frío, lo cual influye en la preservación de los alimentos y puede causar un aumento en los niveles de desperdicio de los mismos (Ndraha et al., 2018).

Los principales desafíos de las cadenas de suministro de alimentos se encuentran en los puntos de venta cuando los productos son colocados y almacenados en exhibidores minoristas (Göransson et al., 2018), ya que es ahí donde se experimentan cambios de temperatura los cuales se ven influenciados por el equipo de exposición, condiciones del ambiente, que pudiesen llegar a ser por períodos largos. Para lograr tener un control de la cadena de frío en los puntos de venta, actualmente existen tecnologías inalámbricas de monitoreo (Gao et al., 2020) como son Identificación por Radio Frecuencia (RFID), por sus siglas en inglés y redes de sensores inalámbricos (WSN), los Integradores de Tiempo-Temperatura (TTI) y los métodos de estimación de temperatura (kriging y capacitor) (Badia et al., 2018), que junto con adecuadas condiciones de almacenamiento, humedad relativa entre 85-90 % (Ospina & Cartagena, 2008), temperatura de 5° C (Xie et al., 2021) además del conocimiento acerca de la importancia de mantener la cadena de frío tanto en operadores como consumidores, se garantiza la entrega de alimentos de alta calidad y acorde a los requisitos que demandan los consumidores.

# **METODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

## **a) JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación tiene como finalidad el estudio de las frutas mínimamente procesadas en los puntos de venta conservadas bajo cadena de frío, realizando un análisis de los factores que la afectan así como aspectos a considerar para mantenerla, se eligió este tipo de alimentos ya que actualmente están teniendo un rápido crecimiento dentro del mercado por lo que es necesario prestar especial atención a una adecuada conservación para así poder obtener productos con atributos de calidad e inocuos.

## **b) OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer recomendaciones que contribuyan al control y mantenimiento de la cadena de frío de frutas mínimamente procesadas en puntos de venta con enfoque descriptivo en los factores que la afectan y su influencia en la calidad del producto final, para ser empleadas como guía a los consumidores y/o al personal operativo.

### **OBJETIVO PARTICULAR 1**

Identificar los factores que afectan el mantenimiento de la cadena de frío en los puntos de venta relacionados con la pérdida de calidad de frutas mínimamente procesadas.

### **OBJETIVO PARTICULAR 2**

Explicar la influencia de la infraestructura en la conservación de frutas mínimamente procesadas en puntos de venta y su relación con la calidad del producto final.

### **OBJETIVO PARTICULAR 3**

Describir recomendaciones que contribuyen al control y mantenimiento de la cadena de frío en puntos de venta de frutas mínimamente procesadas.

## **c) DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

Este apartado tiene como objetivo describir la metodología empleada para la realización de dicho proyecto. En el que se presenta el tipo de investigación, enfoque, diseño de investigación.

En el presente trabajo se llevó a cabo una investigación documental, es decir se recopiló información de los factores que afectan el mantenimiento de la cadena de frío de diferentes fuentes bibliográficas, para posteriormente realizar un análisis y así proponer recomendaciones para mantenerla.

El enfoque mediante el cual se realizó dicho trabajo fue cualitativo, pues se estudió la realidad en su contexto natural mediante la relación de lo que se quiere estudiar con los contextos que le influyen (Lecanda & Garrido, 2002). Se eligió este tipo de enfoque debido a que en esta investigación no se tratan datos cuantitativos, sólo se recolectó información y analizó para el cumplimiento del objetivo general.

Existen cuatro tipos de investigaciones la descriptiva, exploratoria, correlacional y explicativa. Pero de acuerdo con las interrogantes planteadas en este trabajo, el tipo de investigación fue explicativa, el cual se centra en determinar los orígenes o las causas de un determinado fenómeno. En este caso dentro del proyecto se analizaron los factores que influyen en el mantenimiento de la cadena de frío en puntos de venta de frutos mínimamente procesados.

# CAPÍTULO I IMPORTANCIA DEL FRÍO EN FRUTAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

## 1.1 Frutas mínimamente procesadas

### 1.1.1 Definición

Son cualquier fruta que ha sido alterada físicamente a partir de su forma original, pero que mantiene su estado fresco (Robles et al., 2007). Son productos elaborados a partir de frutas, a los cuales se les aplica tratamientos suaves, presentan una calidad similar a la de un producto fresco, envasados en atmósferas protectoras y su almacenamiento es a temperatura de refrigeración.

Denominaciones:

- Alimentos de cuarta gama
- Alimentos frescos cortados *Fresh-cut*
- Parcialmente procesados *Partially processed*
- Preparados para cocinar *Ready to cook*
- Preparados para consumir *Ready to eat*
- Pre-preparados *Pre- prepared*

Las frutas mínimamente procesadas son un tipo de productos preparados mediante operaciones unitarias de selección, lavado, pelado, deshuesado,

cortado, etc.; higienizados mediante derivados clorados, peróxido de hidrógeno, ozono, antimicrobianos naturales y otros; tratados con agentes estabilizadores de color tales como ácido ascórbico y eritórbito, retenedores de firmeza (sales de calcio) y envasados en bolsas o bandejas con la inyección de distintos sistemas gaseosos que permitan mantener una atmósfera modificada en su interior. Son alimentos funcionales y fáciles de preparar, son tejidos que respiran y están bioquímicamente activos, son muy susceptibles a alteraciones físicas, químicas y biológicas por lo que se convierten en alimentos perecederos. Son conservados, distribuidos y comercializados bajo refrigeración y están listos para ser consumidos durante 7 a 14 días según el producto y técnica de conservación utilizada. El manejo post cosecha es clave para mantener la calidad del producto al final de la cadena de frío así como la función del envase para salvaguardar dicha calidad.

### **1.1.2 Composición química**

La composición de las frutas difiere en gran medida en función del tipo de fruto y grado de maduración. Entre los componentes que conforman a las frutas se encuentran (Ríos, 2013):

- Agua: es el componente más abundante de las frutas, oscilando entre un 82% en las uvas, un 90% en las fresas y hasta un 93% en tomates. Debido a este alto porcentaje de agua y a los aromas de su composición, la fruta es muy refrescante.
- Carbohidratos: son generalmente azúcares simples tales como la fructosa, la sacarosa y la glucosa, de fácil digestión y rápida absorción. El contenido en glúcidos puede variar según la especie y también según la época de recolección. Los más importantes en las frutas son la glucosa y la fructosa,

aunque en algunas como el melocotón, la nectarina y el albaricoque el azúcar principal es la sacarosa.

- Lípidos: suele situarse por debajo del 1% y varía con el producto.
- Proteínas: suelen representar menos del 1% del peso fresco de las frutas. los elementos estructurales de las proteínas son los aminoácidos, entre los que cabe mencionar asparagina, glutamina y ácidos aspártico y glutámico que están presentes en los cítricos, tomates y las naranjas prolina.
- Vitaminas: sustancias químicas no sintetizables por el organismo, presentes en pequeñas cantidades en los alimentos: liposolubles e hidrosolubles.
- Sales y minerales: como el calcio, azufre hierro, magnesio, potasio éste es el elemento más importante en las frutas.
- Compuestos volátiles: sustancias que influyen en el aroma y en el sabor de los frutos.
- Pigmentos: compuestos responsables de la coloración de las frutas.
- Fibra dietética: está constituida por sustancias estructurales de las células vegetales que resisten el ataque de las enzimas digestivas. De ella forman parte los polisacáridos estructurales de la pared celular y la lignina. Las frutas con menor contenido en agua o cuya porción comestible contenga semillas, ofrecen valores de fibra más elevados.

### **1.1.3 Consumo**

El consumo de frutas mínimamente procesadas es una tendencia que se encuentra en expansión, estos productos han estado disponibles en supermercados para su venta al consumidor desde 1930. Esta industria de productos mínimamente procesados fue desarrollada en un principio para suministrar a hoteles, restaurantes y otras instituciones; ya que presentan una serie de ventajas, incluyendo una reducción de mano de obra durante la preparación de alimentos, de desperdicio y su posterior manejo, así como la

preparación de platillos en poco tiempo, con formas específicas de frutas (Pérez & López, 2011).

En el desarrollo del consumo de frutas mínimamente procesadas ha influido diversos factores dentro de los cuales destacan la tendencia de incrementar la participación de frutas y vegetales en las dietas por su beneficio para la salud, nuevos hábitos familiares con requerimiento de mayor tiempo libre, menor tiempo en la preparación de comidas, es por ello que cada vez se toma más en cuenta el uso de productos alimenticios industrializados en el hogar como son los productos enlatados, deshidratados, condensados, cortados, congelados, precocidos, entre otros.

En 2014 el volumen comercializado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas con marca en España ascendió a 81.5 toneladas con 79 toneladas de hortalizas y 2.5 de frutas. En alrededor del 90% de los hogares de EEUU se consume este tipo de alimentos al menos una vez al mes y el crecimiento anual acumulativo viene siendo del orden del 10%, en cuanto a ventas representan el 16% de ventas totales, del cual el 21% corresponde a frutas. El consumo anual per cápita estimado en 2005 fue de unos 30 kg en EEUU, 13 kg en Inglaterra, 7 kg en Francia y unos 2.5 en España (Artes, 2018).

Con diez años de retraso con respecto a los mercados españoles, británico, alemán o francés, los productos de cuarta gama se dejaron ver en las estanterías de los supermercados mexicanos. Se estima que ya entran en la cesta de la compra de un 5 % de las familias mexicanas y que el consumo anual alcanza las 5000 toneladas (HIDROGAN, 2018).

Cabe mencionar que de la producción total de vegetales y frutas frescas, menos del 1% se destina la producción de frutas mínimamente procesadas, dentro del cual el 60% de la producción de vegetales mínimamente procesadas se distribuye a cadenas de comidas rápidas y el 40% restante se distribuye en tiendas de autoservicio (Rasgado, 2014).

Actualmente las frutas mínimamente procesadas siguen teniendo un crecimiento en su comercialización pues cada vez se observa una mayor presencia tanto en tiendas de autoservicio como en los negocios tradicionales (tianguis) así como afuera de las escuelas, u oficinas personas dedicadas al comercio se dedican a la venta de éstas; frutas como sandía, jícama, piña, papaya, melón, zanahoria entre otras por mencionar algunas, las podemos encontrar cortadas por la mitad, en cubos, rayadas, solas o en ensaladas acompañadas con sal, limón, yogurt que pueden resultar beneficiosas por los siguientes aspectos:

- Comprar porciones adecuadas para evitar que el excedente se te eche a perder.
- No lidiar con el espacio del refrigerador
- Reducir tiempos de preparación

El consumidor cada vez es más consciente de los beneficios que estas aportan. Tanto así que en 2010 surgió una propuesta por parte de comerciantes de centrales de abasto acerca de un programa piloto que consistía en vender frutas y hortalizas cortadas en fresco en escuelas primarias. El programa establecía una cobertura de 50% de los niños consumidores potenciales en una escuela promedio, y de esta manera hacer frente al problema alimentario: la obesidad (Reyna, 2010).

En estos últimos tiempos se han encontrado noticias sobre el consumo de frutas frescas cortadas títulos como **Razones para no comprar la fruta cortada, ¿Por qué no debería comprar la fruta cortada a la mitad?, Comprar fruta cortada en el súper, ¿un riesgo para la salud?**, son algunos encabezados que se ven en internet y que ponen en duda la seguridad de dichos productos. Es importante concientizar a la sociedad acerca de los factores externos en los que hay que prestar especial atención como: utensilios empleados, temperatura de almacenamiento e higiene del personal (Vázquez, 2022) los cuales si no se tiene cuidado verdaderamente pueden representar un peligro y no porque la fruta sea mala, sino por el no control de esos factores.

Según (Torres, 1997) existe un predominio del comercio tradicional y las cadenas de autoservicio entre los consumidores de escala nacional. Existen tendencias muy definidas entre el público consumidor con respecto a sus preferencias de compra ante los diferentes establecimiento comerciales. En el conglomerado urbano nacional, los públicos tienen mayores frecuencias de compra en abarrotes y tienditas, mercados establecidos y autoservicios, en orden decreciente; los subsistemas de abasto con menor concurrencia son la tiendas de gobierno, bodegas, minisúper y clubes de precio, en orden progresivo; en un plano intermedio en la frecuencia de compras se ubican los mercados sobre ruedas y los tianguis.

Entre el comercio tradicional (abarrotes, tianguis y mercados establecidos y sobre ruedas) y comercio moderno (tiendas de autoservicio) hay una coexistencia debido a la segmentación socioeconómica, el público de mayor nivel socioeconómico acude a tiendas de autoservicio y minisúper, por otro lado el público de menor nivel socioeconómico acude al comercio tradicional. (Torres, 1997).

En España, el perfil del comprador de productos mínimamente procesados es el 65% mujeres, el 55% amas de casa de más de 45 años, el 67% sin hijos, el 76% con estudios superiores y el 47% con alto nivel adquisitivo (Artes, 2018). Este tipo de productos son más caros que el producto a granel, por lo que se requiere una gran rotación, una logística muy especializada, siendo dirigidos a un sector de la población con un poder adquisitivo medio- alto.

El ritmo actual de vida ha traído consigo cambios en los hábitos de compra: horarios, frecuencia y lugar. Con la llegada de las cadenas de autoservicio las compras se pueden realizar a lo largo del día, pero con una tendencia a realizarse hacia el final del día y/o la jornada laboral.

#### **1.1.4 Proceso de elaboración**

Las frutas frescas cortadas y/o mínimamente procesadas son productos que durante su procesado se han seleccionado, lavado y envasado, pudiendo ser objeto de tratamientos suaves de reducción de tamaño y estabilización en su acondicionamiento y preparación para el consumo, favoreciendo la integridad del alimento y el mantenimiento de la actividad metabólica propia de los tejidos vivos. En la figura 1 se muestra el diagrama de proceso de las frutas mínimamente procesadas, conocer dicho proceso es importante para la conservación de la cadena de frío pues aquí es donde inicia el control de la temperatura con la finalidad de mantener la calidad de las mismas.

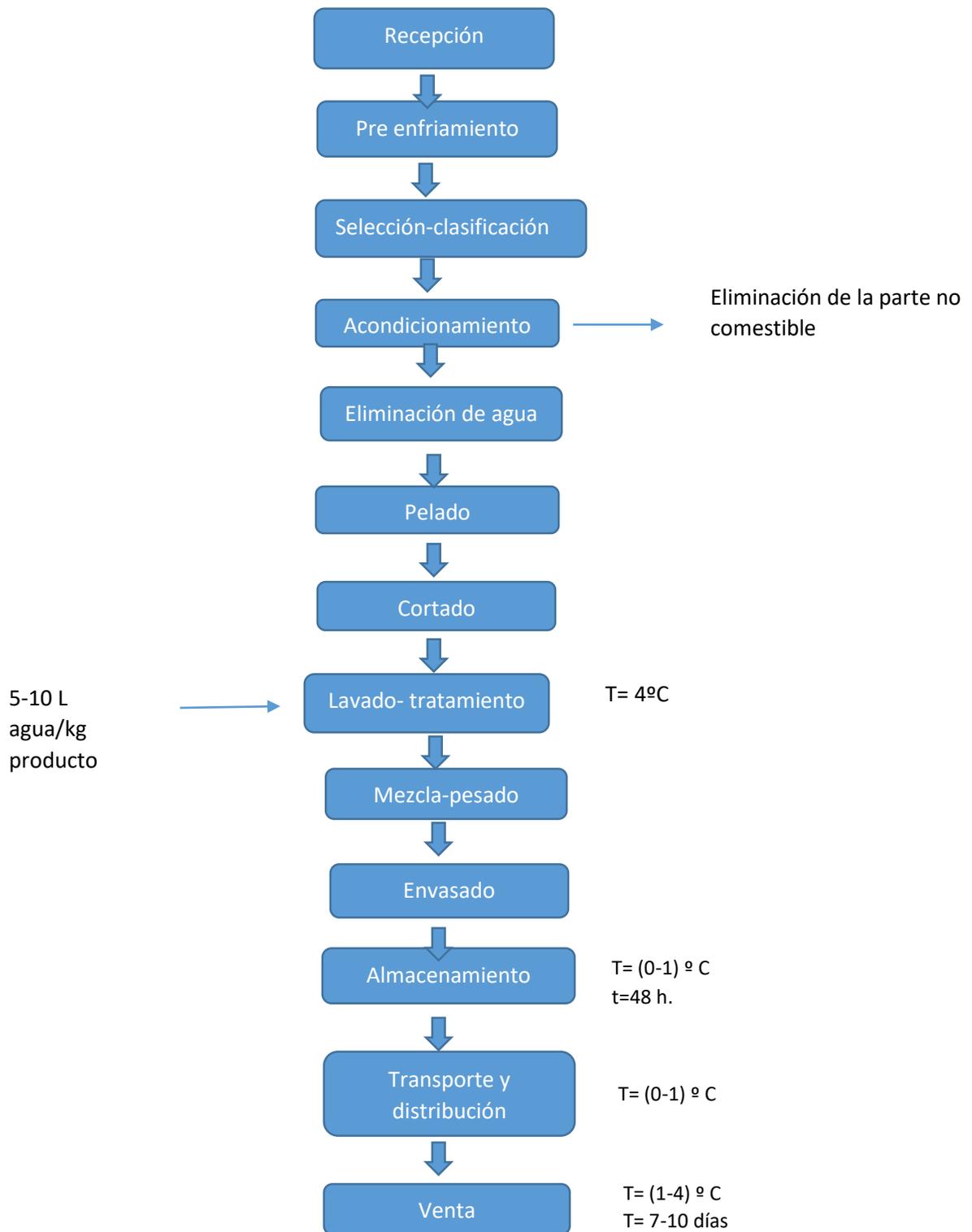


Figura 1. Diagrama de elaboración de frutas mínimamente procesadas

(M. González & Lobo, 2016)

## **a) Recepción**

En esta etapa se recibe la materia prima efectuándose un control de calidad donde se verifica que ésta se encuentre sana, sin defectos, recolectada lo más recientemente posible, con textura adecuada para soportar el procesado, reducir daños mecánicos y minimizar el destrío, y deben tener la mínima carga microbiana posible, porque ello determina la calidad microbiana final del elaborado (Artes, 2018).

## **b) Pre enfriamiento**

Esta operación debe aplicarse lo más pronto posible al fruto entero una vez que es recibido. Los productos se pre enfrían para reducir en minutos o en un par de horas la temperatura de campo hasta 1-2<sup>o</sup> C, sin embargo, cuando se tratan de frutos tropicales el rango de temperatura va de 7-14<sup>o</sup> C, pues estos presentan lesiones por frío cuando son almacenados a bajas temperaturas. La lesión por frío es un proceso fisiológico que tiene lugar cuando las frutas de origen tropical o subtropical están expuestas a temperaturas bajas, sin llegar a la congelación y se puede presentar como fallas en la maduración, desarrollo de sabores y aromas atípicos, decoloración, deterioro de tejidos, etc. (Arias & Toledo, 2007) Posteriormente se almacenan en cámaras frigoríficas, según sus exigencias de temperatura, humedad relativa y sensibilidad al etileno, hasta que se introducen en la línea de procesado. Este proceso influye de manera crucial en la obtención de un producto final de calidad, ya que retrasa los procesos metabólicos, reduce el desarrollo de daños y retrasa la senescencia. El pre enfriamiento se puede realizar con agua, hielo, aire forzado o mediante vacío (De la Cruz & Roncal, 2015).

Los productos hortofrutícolas que provienen de cultivos cercanos al suelo pueden llegar a la planta procesadora con restos de tierra y suciedad, por lo que deben ser lavados cuidadosamente antes de la pre-refrigeración. En esta etapa se suele utilizar agua que contiene cloro, generalmente en concentraciones desde 50 a 200 ppm (Maldonado, 2016) para eliminar restos de tierra, plaguicidas, y materiales extraños además de disminuir la carga microbiana inicial del material vegetal.

### **c) Selección-clasificación**

El objetivo de este paso es asegurar la homogeneidad y calidad de la materia prima. Se descartan aquellos productos que presentan defectos físicos o hayan sufrido daño mecánico durante su recolección o transporte. Es muy importante la adecuación de los productos al procesado, pero sobre todo que éstos ofrezcan inocuidad sanitaria. Previo al procesado es necesario realizar una adecuada selección del material vegetal, de manera que éste posea las mejores aptitudes al procesamiento al que posteriormente va a ser sometido. La materia prima ha de seleccionarse desde dos puntos de vista: la variedad dentro de cada especie y el estado de madurez. La correcta selección de la variedad es de vital importancia ya que no todas las variedades se comportan frente al procesado, de la misma manera (González & Lobo, 2016).

La selección del estado de madurez de los frutos es esencial sobre todo en aquellos que son climatéricos, estos se definen como aquellos que pueden madurar no sólo adheridos a la planta sino también después de la cosecha, cuando son cortados en la etapa pre climatérica, este tipo de frutos alcanza más pronto la senescencia en vista de que la respiración está acompañada por un aumento similar en los niveles de etileno, que coordina y sincroniza el

proceso de maduración; por otra parte los frutos no climatéricos (Tabla 1) sólo alcanzan la maduración cuando aún están unidos, a la planta, ya que no presentan un aumento en la respiración y producción de etileno después de la cosecha (Martínez *et al.*, 2017); entonces hay que seleccionar, por tanto, fruta lo suficientemente madura como para que los aromas y sabores propios se hayan desarrollado, pero no sobre madura, ya que ésta se deterioraría rápidamente pudiendo presentar incluso aromas y sabores indeseados.

Tabla 1. Frutos climatéricos y no climatéricos (elaboración propia)

Frutos climatéricos	Frutos no climatéricos
	
Manzana	Naranja
Pera	Uva
Ciruela	Limón
Mango	Piña
Kiwi	Fresa
Aguacate	Cereza
Guayaba	Pepino
Plátano	Tamarindo

#### d) Acondicionamiento

En esta operación se procede a eliminar la parte del producto que no es comestible (hojas, tallo, etc.). Normalmente el acondicionamiento se realiza a mano, con cuchillos muy afilados que deben higienizarse periódicamente por

inmersión en un desinfectante. Antes del pelado y/o corte se realiza un lavado en el que el producto queda libre de restos de tallos, hojas o tierra que pudieran encontrarse adheridos a su superficie. Esta etapa se puede realizar en balsas de agua con burbujeo, lo que permite el movimiento del producto que flota en la superficie, o mediante inmersión del producto en agua. La calidad microbiológica y sensorial del agua empleada debe ser de calidad y su temperatura ha de ser preferiblemente inferior a 5°C. La cantidad recomendada de agua a emplear es 5–10 l/kg de producto (M. González & Lobo, 2016). El agua debe de cambiarse continuamente con el fin de mantener en un límite la materia orgánica presente en ella, y que pueda afectar la calidad del producto.

#### **e) Pelado**

La mayoría de las frutas requieren de la eliminación de la piel y/o semillas y la reducción del tamaño o troceado. Estas manipulaciones tienen gran influencia en la calidad final del producto vegetal cortado y deben realizarse produciendo el menor daño posible, con el fin de, reducir al máximo los cambios fisiológicos, bioquímicos y microbiológicos. Para disminuir al máximo los efectos indeseables del pelado y cortado es aconsejable que la temperatura de procesado sea igual o inferior a 4°C.

El método ideal es el pelado manual con cuchillos afilados, ya que es el que menos daños causa al producto. La elección de uno u otro método de pelado, depende del tipo y variedad de los productos a procesar. A continuación, se presentan algunos sistemas de pelado utilizados en el procesamiento mínimo de frutas:

- Pelado manual: este es método que en la mayoría de los casos proporciona mayor calidad y rendimiento. Los cuchillos utilizados en este proceso han de estar muy afilados y deben desinfectarse frecuentemente. La mayor desventaja de este método es que incrementa sustancialmente los costos operativos de la empresa, por el número de personal que se requiera en ésta etapa.
- Pelado mecánico con cuchillas: este tipo de pelado es adecuado para productos con una determinada forma geométrica, preferiblemente esférica, como los cítricos. Las cortadoras o peladoras mecánicas, dotadas de aspas afiladas de acero inoxidable, giran a gran velocidad y dejan una separación regulable entre cortes. La piel se retira presionando el alimento en rotación contra las cuchillas.
- Pelado por abrasión: el alimento es introducido en el tambor rotatorio de la peladora donde entra en contacto con unos rodillos o con las paredes internas del mismo cuya superficie es abrasiva, después de la abrasión el material arrancado se elimina por lavado. Este tipo de pelado suele utilizarse en papa, zanahoria y cebolla. Algunas ventajas que se tienen con este método son su bajo costo y la reducida inversión ya que se trata de equipos sencillos y compactos que pueden operar tanto en forma continua como por lotes. Se ha visto que para algunos productos la abrasión incrementa entre dos y tres veces la tasa de respiración frente al pelado manual, además, dañan las células del tejido vegetal y aumentan las posibilidades de cambios enzimáticos y microbiológicos indeseables en los productos.
- Pelado con calor: el método más utilizado es el que utiliza vapor a alta presión (1.500 kPa) durante un tiempo de 15-30 s. La superficie del alimento es sometida a una corriente de vapor bajo presión y posteriormente tiene lugar una descompresión que despegla la piel del producto para que una ducha de

agua elimine los restos de piel levantados. Este sistema se aplica, a veces, en frutas de pepita y hueso.

- Pelado con sosa cáustica: se realiza mediante inmersión de las frutas y hortalizas en un baño de hidróxido sódico. En la actualidad se utiliza poco debido a que el pH alcalino daña la estructura química de los pigmentos y altera el color de muchos productos.

#### **f) Cortado**

En esta etapa, los productos hortofrutícolas se cortan ya sea en cubos, rodajas, tiras u esferas dependiendo de la presentación que se les quiera dar pero que sean uniformes en forma y tamaño. Este proceso puede ser esencial para mejorar la digestibilidad y facilidad de manejo del producto hortofrutícola, se utilizan cortadoras automáticas que permiten el corte del producto según distintos formatos: rodajas, cubos, tiras o esferas. Las condiciones de cortado influyen en la calidad final del producto, por lo que resulta conveniente seleccionar adecuadamente la máquina cortadora e inspeccionar regularmente el estado de las cuchillas. Los procesos de troceado aceleran la respiración, producen daño mecánico y ablandamiento del tejido vegetal.

#### **g) Lavado- tratamiento de frutas**

El producto vegetal cortado, una vez pelado y troceado, se lava normalmente por inmersión en baños de agua fría entre 1-5° C. Para mejorar la eficacia del lavado conviene generar turbulencias mediante la inyección de aire a presión en los baños de lavado, aunque también se utilizan duchas a presión, cadenas

de arrastre o tambores rotatorios. La calidad del agua que se utiliza debe ser buena, en cantidad de unos 3l/kg de producto. Además, hay que resaltar que, habitualmente, el agua de lavado sirve para la aplicación de los tratamientos de conservación, los cuales no deben afectar al aroma, ni al sabor del producto, ni perjudicar su seguridad. La etapa de lavado y aplicación de los tratamientos es la única del proceso capaz de reducir la carga microbiana del producto, por lo que es una fase crítica para el mantenimiento óptimo de la calidad de los productos procesados.

Para intentar disminuir los efectos indeseables como pérdida de azúcares, ácidos orgánicos y de otros metabolitos provocados por el incremento en la intensidad de la tasa respiratoria lo cual afecta el aroma del producto y a la calidad sensorial del mismo, el cambio de color debido al pardeamiento enzimático catalizado por las enzimas polifenoloxidasas y/o peroxidasas. Es necesario el empleo de ciertas técnicas que aseguren la estabilidad y durabilidad del producto durante su comercialización. Los tratamientos de conservación de los productos mínimamente procesados más utilizados son tratamientos: (a) químicos, uso de aditivos alimentarios sintéticos y naturales así como coadyuvantes alimentarios, y (b) físicos, entre los que se pueden destacar los tratamientos térmicos suaves, las radiaciones ionizantes y no ionizantes, el uso de atmósferas modificadas y la utilización de bajas temperaturas de almacenamiento (Yildiz *et al.*, 2017).

#### **h) Eliminación de agua**

Una vez aplicados los tratamientos, el producto se lava en una balsa de enjuague con agua a 1-2°C desprovista de cloro para eliminar los restos de aditivos químicos y posteriormente se desecha el agua de lavado del producto

que haya podido adquirir con el lavado y envasar un producto seco, factor muy importante para prolongar la vida útil del vegetal cortado. La eliminación de agua se puede realizar por escurrido, centrifugado o secado (M. González & Lobo, 2016).

### **i) Mezcla y pesado**

Algunos productos frescos cortados se comercializan mezclados, como es el caso de las ensaladas, por lo que la mezcla se lleva a cabo después de que cada uno de sus componentes haya seguido el tratamiento adecuado a sus características. En esta etapa es importante asegurar la homogeneidad de la mezcla. Finalmente, el proceso termina con las operaciones de pesado y envasado.

### **j) Envasado**

Esta operación se realiza bajo atmósfera modificada activa o pasiva. El envasado bajo atmósfera modificada implica la modificación de la atmósfera en el entorno del alimento dentro del envase. Esta modificación se produce por la acción conjunta del producto vegetal (el cual respira) y el intercambio de gases con la atmósfera exterior del envase a través del film, de forma que se establece un equilibrio dinámico a través de la película, hasta que se alcanza una atmósfera estacionaria. Las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono que se alcanzan en la atmósfera modificada dependen de: el peso y tamaño, la actividad respiratoria del producto, la temperatura, la carga microbiana, la permeabilidad del film, volumen y espacio de cabeza del envase.

Asimismo, los bajos niveles de oxígeno y los altos niveles de dióxido de carbono utilizados en este tipo de envasado reducen la intensidad respiratoria del tejido vegetal, produciendo un retraso en la senescencia.

### **k) Almacenamiento**

Finalizado el envasado, los productos se introducen en cajas, que se colocan sobre un pallet y son llevados a cámaras de temperatura controlada. En esta cámara de refrigeración (a temperatura entre 0-1°C) se preparan las cargas, que van a ser distribuidas a los diferentes supermercados o cualquiera que sea su destino final.

Los cuartos fríos son una herramienta para la conservación de distintos tipos de productos que tienen la desventaja de concluir su ciclo de vida en tiempos relativamente cortos, se tratan de cuartos equipados con unidades frigoríficas donde se circula aire con ciertas características, son efectivos para almacenar productos pre-enfriados, son importantes en el procesamiento de frutas mínimamente procesadas ya que evitan que exista un cambio de temperatura entre el ambiente natural y el ambiente controlado, por ende se puede mantener la cadena de frío y así obtener un producto de calidad, la refrigeración a temperatura por debajo de 4 °C inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias patógenas, por lo tanto los cuartos refrigerados mantendrán temperaturas entre 2.5- 6 °C, no sobrepasando los 16 °C (SAGARPA, 2017).

La función principal del frío es alargar el ciclo de vida de un producto denominado perecedero en el tiempo mayor permisible según las condiciones del producto. Pero también cumple otras funciones como el de mantener alta

la calidad del producto o mantener al producto libre de agentes contaminantes y por último el de brindar un lugar seguro para ser almacenado previo a su venta final (Cruz, 2008) .

La seguridad en un cuarto frío es de vital importancia, por eso que existen diferentes componentes que ayudan al control de la temperatura de los cuartos congelados y refrigerados. Entre los principales componentes se encuentran:

- Paneles prefabricados: evitan el calentamiento del cuarto.
- Aislamiento de poliuretano de alta densidad: Protegen el cuarto de altas temperaturas del ambiente y reflejos de luz.
- Esquinas herméticas: disminuyen la entrada de calor en las esquinas del cuarto frío.
- Puertas: evitan la pérdida de energía del sistema de refrigeración.
- Bandas plásticas en los bordes de puertas y entradas: Disminuyen la filtración de aire caliente.
- Cortinas plásticas: evitan pérdida de energía.
- Termostatos: ayudan al control de la temperatura del cuarto frío.
- Lámparas: ayudan a la visibilidad dentro de los cuartos fríos.

## **I) Transporte y distribución**

Una vez envasados los productos mínimamente procesados es necesario el mantenimiento de las condiciones de frío durante toda la cadena de distribución hasta su consumo. Cuando los productos han sido embalados para su distribución no deben atravesar zonas sucias de lavado o descarga del producto de campo. Esta etapa es de alto riesgo de contaminación

principalmente si se utilizan transportes no especializados para dicha función. Cuando se utilizan camiones con equipos de refrigeración, los productos deberán cargarse pre enfriados.

Los vehículos deberán estar habilitados para el transporte de sustancias alimenticias y ser utilizados sólo con el fin para el que están dispuestos. Deberán mantenerse limpios, desinfectados y secos. La duración del viaje debe ser mínima y durante el mismo deben reducirse al mínimo las sacudidas y movimientos.

En algunas circunstancias, los productos hortícolas son transportados o almacenados en cargas mixtas. En estos casos deben tenerse en cuenta las compatibilidades en lo que se refiere a las temperaturas, producción y sensibilidad a determinadas sustancias, producción y absorción de olores y la humedad del ambiente (Campos, 2015).

La temperatura de conservación controla el desarrollo de microorganismos, frena los cambios fisiológicos que dan lugar a los procesos químicos-bioquímicos que repercuten en la pérdida de calidad del producto y permite una adecuada actuación del envasado bajo atmosfera modificada (M. González & Lobo, 2016). La temperatura de transporte de estos productos ha de estar por encima de su punto de congelación y oscila, en general, entre 0 y 1°C.

En México existen regulaciones para el almacenamiento y la distribución de productos perecederos con necesidad de enfriamiento y/o congelamiento, las cuales exigen un riguroso cumplimiento dichas normas se muestran en la tabla 2:

Tabla 2 Normatividad transporte , almacenamiento y distribución (Ey, 2022).

Normativa	Transporte	Almacenamiento y distribución	Otros
NOM-120-SSA1-1994: bienes y servicios, prácticas de higiene y seguridad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas	Los vehículos refrigerados deben someterse a revisión periódica para garantizar su funcionamiento y las temperaturas requeridas. Deben contar con indicadores y registradores de temperatura.	La refrigeración o congelación debe realizarse en instalaciones limpias y en condiciones higiénicas. Se debe llevar un control de temperatura y humeado en el almacén.	El agua para la producción de vapor y refrigeración debe transportarse por tuberías separadas e identificadas por colores, sin que haya conexiones transversales ni sifonado de retroceso con las tuberías para agua potable.
NOM-093-SSA1-1994: prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en los establecimientos fijos	Cámara de refrigeración y refrigeradores a temperatura de 7°C o menos, cámara de congelación, congeladores y neveras a -18°C con termómetro visible o dispositivos de registro de temperatura	Se debe aplicar el sistema PEPS, en todos los almacenes de alimentos ya sean de refrigeración, congelación o de secos.	Mantenimiento constante, descongelación cuando sea necesario, limpieza y desinfección del área, verificación periódica de la temperatura.

	funcionando y en buen estado.		
NOM-251-SSA1-2009: prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios	Los equipos de refrigeración se deben mantener a 7°C máximo; los de congelación a una temperatura acorde a las necesidades del producto.	Los alimentos, las bebidas o los suplementos alimenticios deben transportarse respetando las temperaturas específicas o recomendadas por el fabricante o productor.	Evitar la acumulación de agua en los equipos de congelación y refrigeración. Contar con un termómetro o dispositivo de registro de temperatura en buenas condiciones de funcionamiento y accesible para su monitoreo.

### m) Venta

Una vez que los productos llegan a los puntos de venta deberán ser posteriormente almacenados entre 0.5 y 5°C (Garrett, 1999) en los almacenes frigoríficos; expositores de venta al detalle y en los frigoríficos domésticos hasta el momento de ser consumido.

## **1.2 Cadena de frío en frutas mínimamente procesadas**

### **1.2.1 Componentes.**

Las cadenas de frío surgen de la necesidad de transportar alimentos perecederos a mercados lejanos sin que se descompongan, pues de otra manera la venta de estos se restringiría al lugar donde se originaron, entonces se dice que la cadena de frío describe la serie de equipos y procesos interdependientes para asegurar la conservación de la temperatura de los productos perecederos desde el productor hasta el consumidor en un estado seguro, saludable y de buena calidad (James & James, 2014).

En otras palabras la cadena de frío se define como el conjunto de etapas sucesivas en la producción, proceso y comercialización de los productos alimenticios perecederos (Waldo *et al.*, 2012). Los alimentos mínimamente procesados son muy susceptibles al cambio de temperatura, por lo que pueden disminuir su valor, para evitar estos efectos es necesario mantener condiciones de temperatura constante, utilización de un buen envase y una planeación logística para proteger la integridad de las frutas mínimamente procesadas. Los componentes que conforman una cadena de frío son los que se muestran en la Figura 2 y posteriormente se explican.

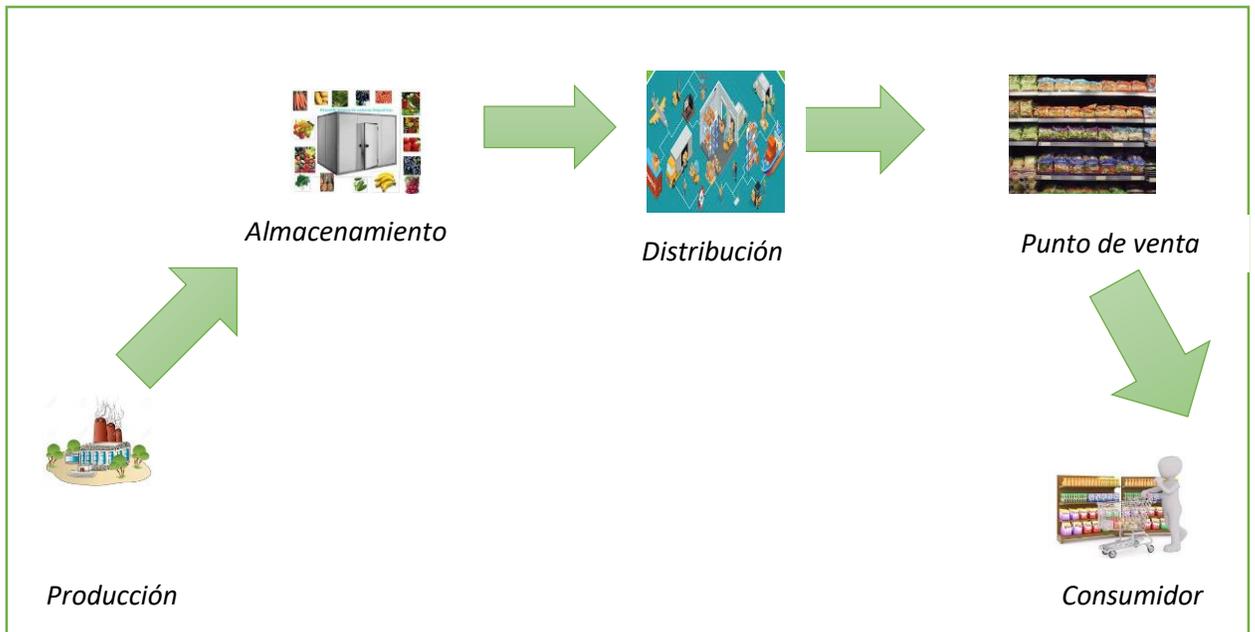


Figura 2. Eslabones de la cadena de frío  
(Elaboración propia)

### a) Producción

El primer elemento de la cadena de frío se encuentra en la producción, este eslabón es muy importante para asegurar una adecuada calidad del producto final, una vez que es elaborado, el producto es envasado y ahí inicia el control de la temperatura y hasta el último eslabón.

### b) Almacenamiento

Una vez envasado el producto final se introduce en cajas, que se ponen sobre una tarima y se colocan en cámaras de temperatura controlada. Ésta se encuentra a temperatura entre 0-1°C, después se preparan las cargas, normalmente mixtas, que van a ser distribuidas a los diferentes supermercados

o cualquiera que sea su destino final, donde se deberá controlar la temperatura. Las cámaras de refrigeración deberán estar suficientemente aisladas, así como tener un equipo de refrigeración adecuado.

### **c) Distribución**

El siguiente eslabón es la distribución del producto a los diferentes puntos de comercialización como pueden ser supermercados, hoteles, restaurantes, etc., mediante un transporte especializado, estos deben contar con instrumentos adecuados para la toma y control de la temperatura evitando la ruptura de la cadena de frío.

### **d) Punto de venta**

Los puntos de venta corresponden al penúltimo eslabón de la cadena donde el consumidor juzga la apariencia del producto para decidir si realiza o no la compra, se debe contar con equipos frigoríficos adecuados para la conservación de los alimentos a una determinada temperatura. Los equipos que se utilizan son exhibidores o vitrinas, estas representan puntos críticos en la cadena de frío de alimentos frescos cortados, envasados en atmosferas modificadas, ya que es donde pueden existir fluctuaciones.

### **e) Consumidor**

El último eslabón es el consumidor, éste sin duda es el elemento más crítico de toda la cadena de frío pues en este punto se genera un aumento de

temperatura por un largo tiempo, ya que muchas veces el consumidor adquiere primero los productos que requieren de un control de temperatura para posteriormente recorrer todo el súper, adicionando el tiempo de espera en caja y el de traslado al hogar, ocasionando así la pérdida de calidad del producto.

### **1.2.2 Problemática de la cadena de frío en puntos de venta**

La función primordial que cumple una cadena de frío y de la cual deriva toda su importancia económica y social, es la conservación de las características de productos perecederos durante largo tiempo. Podemos destacar que la cadena de frío no está exenta de fallas y un error en ella podría ser fatal para la preservación de los alimentos y causar grandes pérdidas económicas. Por otro lado en el ámbito social la cadena de frío contribuye a la salud pública ya que si los alimentos no se conservan de manera correcta pueden generar intoxicaciones, envenenamientos u otras enfermedades (Figurelli, 2018).

La importancia de monitorear la cadena de frío radica en cuidar que ésta no llegue a romperse en cada eslabón que la forma, para eso es necesario tener un control de diferentes elementos como lo es la temperatura de refrigeración, durante todas las etapas del proceso y comercialización de las frutas mínimamente procesadas, para así alargar su vida útil así como evitar enfermedades e ingestiones ocasionadas por estas. Ya que si existe una gestión inadecuada a lo largo de la cadena de frío, además de reducir la vida de anaquel, propicia el aumento de la tasa de crecimiento y supervivencia de patógenos, junto con la posibilidad de incremento en la producción de toxinas. Una adecuada cadena de frío permite aprovechar las ventajas que ofrece el comercio internacional e incrementar la calidad de vida de los habitantes de un país al ofrecerles alimentos de alta calidad (Medina, 2009).

Cualquier interrupción puede causar daños a los alimentos al exponerlos a condiciones cálidas o frías, lo que conduce a la pérdida o desperdicio de alimentos. De acuerdo con los datos del Instituto Internacional del frío, las pérdidas de productos alimentarios derivadas de manejo, almacenamiento y transporte inadecuados en los países en desarrollo asciende hasta 50% en productos tropicales, en naciones avanzadas con instalaciones frigoríficas adecuadas alcanzan cerca del 10% (Medina, 2009). México al ser un país en vías de desarrollo no cuenta con la infraestructura necesaria para que la totalidad de los alimentos que se consumen sean almacenados y distribuidos mediante la cadena de frío. El lugar más común para adquirir frutas y hortalizas son los mercados ambulantes, donde la calidad de los productos es baja debido a que las condiciones de transporte y almacenamiento no son las adecuadas, por lo que sufren un rápido deterioro debido a la falta de control de la temperatura ambiente y la humedad relativa a la que son sometidos dependen directamente de las condiciones meteorológicas; por esto se tienen grandes pérdidas económicas (González, 2018). La tabla 3 muestra las principales causas del desperdicio de alimentos.

El desperdicio de alimentos predomina en la etapa de producción y de consumo, en los países desarrollados, debido a los estándares de calidad; a diferencia de los países en vías de desarrollo donde predomina el desperdicio en la etapa de producción, post-cosecha y distribución, por la falta de infraestructura para el correcto manejo de la mercancía (HLPE, 2014). En el caso de México al ser un país en vías de desarrollo no cuenta con la infraestructura necesaria para que la totalidad de los alimentos que se consumen sean almacenados y distribuidos mediante la cadena de frío.

Tabla 3. Causas típicas del desperdicio de alimentos (Wayman, 2014)

Inmediatamente después de la recolección	Procesamiento producción y distribución	Cadena de suministro del distribuidor	Establecimientos de venta	Hogares
Almacenamiento inadecuado (temperatura, humedad)  Calibres inadecuados	Productos que se desechan por no cumplir con las normas de calidad o estética  Exceso de producción Defectos de funcionamiento Envases dañados o inadecuados	Previsiones de venta/ demanda inadecuadas Exceso de inventario de producto fresco Almacenamiento inadecuado Manipulación inadecuada	Previsiones de venta/demanda inadecuadas  Almacenamiento/presentación inadecuados Manipulación inadecuada  Niveles de calidad/aspectos de productos sin fecha de consumo preferente Productos próximos a su fecha de consumo preferente  Criterios visuales para las existencias (estanterías llenas)	Exceso de existencias  Los productos no se consumen el orden de llegada  Almacenamiento inadecuado  Interpretación incorrecta de las fechas de consumo preferente Niveles de calidad /aspectos elevados  Errores de cálculo en las cantidades de elaboración

Cuando las frutas mínimamente procesadas son colocados y almacenados en exhibidores minoristas (Göransson *et al.*, 2018), se debe prestar especial atención ya que en ocasiones se llegan a experimentar cambios de temperatura que pudiesen ser por períodos largos debido a una amplia variedad de problemas que van desde: tipo de infraestructura, condiciones del ambiente e incluso errores por parte del operador por no tener conocimientos acerca de la medición y control de la temperatura. En los puntos de venta las vitrinas refrigeradas al por menor representan un eslabón vulnerable en la cadena de suministro, ya que la mala gestión de la temperatura es responsable del 55% del total de productos no comercializables (Xie *et al.*, 2021), por lo que hay que poner atención en el control de la temperatura. Por otro lado muchas de las veces no es suficiente mantener el producto en un equipo frigorífico, por lo que también es necesario comprobar la apropiada ventilación del expositor y la disposición de los elementos circundantes, si se da una manipulación negligente de la mercancía en este paso, se puede romper la cadena de frío justo antes de la llegada al consumidor final.

El uso de la cadena de frío conlleva a la conservación de los alimentos perecederos como lo son las frutas mínimamente procesadas en el mayor tiempo posible y de esta manera retardar procesos biológicos de deterioro como son crecimiento de microorganismos, maduración, senescencia, respiración, reacciones de pardeamiento, oxidación de lípidos, degradación de pigmentos, pérdida de humedad, entre otros. Varios estudios han demostrado que los productos alimenticios en los puntos de venta están sujetos a abuso de temperatura a pesar de la legislación y los reglamentos altamente impuestos.

## 1.2 Aplicación del frío a frutas mínimamente procesadas en punto de venta

La conservación de alimentos tiene como principal objetivo garantizar su estabilidad y seguridad microbiológica, durante el tiempo de vida útil. La aplicación del frío es un método físico de conservación de alimentos que contribuye a mantener la calidad sensorial de los productos durante el tiempo de comercialización conservando su frescura. Actualmente el frío ocupa un lugar importante debido a su facilidad de aplicación y en especial, por determinar en los productos alimenticios, modificaciones de menor intensidad, en cuanto a las características sensoriales, las estructurales y bioquímicas (Nieto, 2014) a comparación de la aplicación de métodos como la esterilización o pasteurización. Dentro de este tipo de conservación se encuentran la refrigeración y congelación, que detienen el crecimiento de microorganismos termófilos y de la mayoría mesófilos, ya que al bajar la temperatura se inhibe total o parcial la actividad de este tipo de agentes alterantes. En la Tabla 4 se presentan las características de estos dos métodos de conservación. Las frutas mínimamente procesadas son productos perecederos por lo que requieren un especial cuidado para evitar su deterioro.

Tabla 4. Características de la refrigeración y congelación (Nieto, 2014)

Refrigeración	Congelación
De 0 a 4°C Conservación a corto plazo Es la temperatura ideal para almacenar productos frescos. Disminuye crecimiento de bacterias	A -18°C Conservación a largo plazo Estándar internacional Todas las reacciones se paralizan.

El crecimiento de la sociedad junto con el ritmo de vida exige cada día el empleo de bajas temperaturas a los productos perecederos como es el caso de las frutas mínimamente procesadas, ésta inicia con la recepción de la fruta entera y hasta el consumo de manera inmediata e ininterrumpida, cuidando la calidad inicial de la materia prima, atendiendo en cada caso a las necesidades propias de la especie o variedad. En el caso de las frutas mínimamente procesadas se aplica la refrigeración, ésta se define como la técnica de mantener el producto a una temperatura constante, siempre superior a su punto de congelación, para conservarlo durante un plazo de tiempo relativamente corto siendo imprescindible el control de la temperatura, ya que se busca frenar las reacciones de deterioro asociadas a fenómenos fisiológicos y limitar la acción de los microorganismos. El rango de temperaturas en el que se conservan las frutas y hortalizas mínimamente procesadas va desde 0.5-5 ° C (Garrett, 1999).

Entre las ventajas de aplicar la refrigeración a las frutas mínimamente procesadas se encuentra:

- Hacer frente a la demanda de los productos en forma regular y continua durante todo el año.
- Evitar pérdidas post-cosecha.
- Alargar la vida útil.

## **CAPÍTULO II FACTORES QUE AFECTAN EL MANTENIMIENTO DE LA CADENA DE FRÍO EN PUNTOS DE VENTA**

El mantenimiento de la cadena de frío de frutas mínimamente procesadas representa un gran reto para las empresas ya que muchas veces ocurren fluctuaciones en la temperatura de los productos que hacen que la cadena se rompa y afecte la calidad final del producto. Los expositores minoristas a menudo se señalan como un punto de acceso para el abuso de la temperatura en la cadena de frío (Chaomuang *et al.*, 2019). El control de la temperatura en el entorno minorista es esencial para reducir los riesgos de seguridad alimentaria, mantener la calidad y reducir el desperdicio de alimentos.

### **2.1 Infraestructura de vitrinas en punto de venta**

Las vitrinas refrigeradas son la penúltima etapa de la cadena de frío donde se almacenan y al mismo tiempo se exhiben los alimentos, su función es alargar la vida útil de los alimentos perecederos así como exhibirlos. Existen de tipo vertical y horizontal, abiertas y cerradas en la tabla 5 se muestran diferentes tipos de vitrinas utilizadas en centros comerciales. La selección del tipo de estante o vitrina dependerá del lugar en donde se va a instalar. Si dentro del punto de venta se cuenta con sistemas de aire acondicionado, los estantes o vitrinas abiertas pudieran ser una opción viable con el objetivo de lograr una menor diferencia de temperatura con el ambiente. En cambio, si dentro del

punto de venta existen altas temperaturas, el estante o vitrina cerrada será la opción a seleccionar (Hinojosa et al., 2018).

Tabla 5 Tipos de vitrinas (Hinojosa et al., 2018)

ILUSTRACIÓN	TIPO	CARACTERÍSTICAS
	<p>Estante refrigerado multi-deck</p>	<p>Este tipo de estante permite que los productos estén a la vista y alcance del cliente.</p>
	<p>Vitrina refrigerada horizontal</p>	<p>Puede ser utilizado como una mesa o mostrador de autoservicio.</p>
	<p>Estante refrigerado horizontal</p>	<p>Combina características importantes tales como una estructura altamente transparente, estantes ajustables y rendimiento de una temperatura estable.</p>
	<p>Gabinete refrigerado abierto</p>	<p>Es especialmente utilizado para la exhibición abierta de frutas y verduras. La disposición vertical del producto permite un acceso directo sin obstáculos.</p>

	<p>Gabinete refrigerado cerrado</p>	<p>Permite una mayor eficiencia del refrigerante y conservación del producto hortofrutícola.</p>
	<p>Mostrador refrigerado abierto</p>	<p>Este tipo de estante enfría frutas y/o verduras por medio de una cortina de aire, teniendo la ventaja de acceso directo para el cliente. El consumo energético es mayor.</p>

Los exhibidores frontales abiertos en la tienda permiten al consumidor ver y acceder fácilmente a los alimentos; sin embargo, un intercambio significativo de aire interno frío con el aire caliente del exterior de los gabinetes provoca un ambiente más frío y un mayor requerimiento de energía para la tienda (Lindberg, 2020).

Las vitrinas de tipo abierto donde regularmente usan cortinas de aire para mantener la temperatura en la cabina y aislar en gran medida el aire caliente circundante, está influenciada por su difusividad térmica, la temperatura ambiente en el supermercado, iluminación, naturaleza de la pared frente al gabinete. El calor se transfiere por convección, por tanto la temperatura y su homogeneidad están directamente gobernadas por los patrones de flujo del aire. Las cortinas de aire que presentan este tipo de vitrinas proporcionan no sólo capacidad de enfriamiento, sino también aislamiento del aire ambiente (Laguerre *et al.*, 2012).

Las vitrinas de tipo cerrado tienen puertas de vidrio que aíslan con mayor eficiencia el medio circundante disminuyendo así el gasto energético (Lobatón *et al.*, 2020). Las puertas mejoran la uniformidad de la temperatura dando como resultado una mejor calidad de los productos y posibles ahorros de energía.

El control de la temperatura de los alimentos en los puntos de venta es esencial para la seguridad alimentaria, es importante estar seguros de que el producto alimenticio tiene la temperatura correcta. La temperatura del equipo de refrigeración es fundamental cuando se almacenan productos altamente perecibles (Lundén *et al.*, 2014). El éxito de la cadena de frío depende de varios factores como la relación tiempo/temperatura, tipo de refrigeradores y la posición de los alimentos dentro de ellos (Baldera *et al.*, 2016).

Las características de deterioro que más se presentan en frutas mínimamente procesadas son decoloración, ablandamiento y pérdida de peso. Estos trastornos se deben a factores biológicos y ambientales. (Maldonado, 2016), una vez cosechada la fruta, no hay posibilidad de mejoras adicionales en la calidad del producto, puesto que con la cosecha se retira el abastecimiento de agua y nutrientes. El procesamiento mínimo incrementa la sensibilidad de estos productos debido a la ruptura de las células.

Cuando existe una transferencia de calor entre el equipo y el ambiente puede llegar a provocar que el alimento aumente su temperatura y de esta manera la evaporación de la humedad de la superficie del producto, lo que da lugar a la pérdida de peso del producto, con todo, el almacenamiento refrigerado también se ve afectado por la presencia del producto debido a una variación de coeficiente de transferencia de calor entre el aire dentro del equipo y el ambiente.

La respiración es un proceso de consumo de reservas energéticas de la fruta durante su respiración se produce energía mediante la oxidación de carbohidratos. Este proceso produce pérdidas en la calidad de sabor (dulzor), valor nutricional y textura. En productos de IV gama la respiración es mayor que en productos frescos, esto debido al incremento de la producción de etileno provocado por las operaciones del procesamiento (Maldonado, 2016).

La transpiración es un proceso en el que el producto pierde agua hacia la atmósfera, la principal afectación es la pérdida de peso, lo que deriva en pérdidas cuantitativas (pérdida de peso comercial). La pérdida de agua también provoca alteraciones en la apariencia: marchitez, arrugamiento y flacidez. Las frutas pueden sufrir deterioro patológico consecuencia de ataque de bacterias y hongos, todos los productos se infectan en mayor o menor grado durante el almacenamiento , pero los productos de IV gama tienen especial sensibilidad al ataque microbiológico debido a su alta actividad de agua (Maldonado, 2016).

Por otro lado existen factores ambientales involucrados en el deterioro de las frutas mínimamente procesadas como son temperatura, humedad relativa y oxígeno ambiental. Dentro de estos la temperatura es el factor que más influye en la velocidad de deterioro poscosecha.

La pérdida de la calidad se retrasa al disminuir la temperatura del tejido a un punto justo por encima de la temperatura de congelación de tejidos no sensibles al daño por frío. En los productos sensibles al daño por frío, el almacenamiento a temperaturas similares parece también mantener mejor calidad en los productos precortados (Villegas, 2005). Los efectos negativos que pueden provocar el daño por frío incluyen anomalías del desarrollo (madurez incompleta), depresiones de la piel e incremento de la susceptibilidad al ataque

microbiano. Junto con las temperaturas bajas se utilizan humedades relativas altas, ya que en condiciones de baja humedad relativa la transpiración se incrementa y provoca una elevada pérdida de peso, esto puede derivar en la aparición de arrugas y ablandamiento de tejidos. La humedad relativa óptima para un determinado producto dependerá de su relación superficie-volumen ( a mayor valor de esta relación, mayor transpiración), los valores de humedad relativa óptimos para productos de iv gama están entre 85 y 95 % (Maldonado, 2016).

El oxígeno molecular que se encuentra en el ambiente provoca pardeamiento enzimático que es una reacción de oxidación catalizada por la enzima polifenoloxidasas. El pardeamiento enzimático se presenta tras un daño mecánico en frutas enteras y debido al corte de tejidos en frutas mínimamente procesadas. (Maldonado, 2016).

Por tanto la disminución de la temperatura contribuye a la conservación de la calidad poscosecha de las frutas. La respiración y transpiración son las variables que se ven directamente afectadas por la temperatura. El ataque microbiológico también se relaciona a la temperatura cada fruta tiene una temperatura óptima de almacenamiento y transporte. Estas temperaturas dependen del tipo y presentación del producto (entero, pelado, cortado, etc.).

## **2.2 Influencia de apertura y cierre de puertas**

La exhibición al por menor de alimentos altamente perecederos detrás de puertas de vidrio asegura temperaturas uniformes del producto por debajo del umbral de la FDA de 5° C, lo que resulta en alimentos mejor conservados y reduce los costos de energía (De Frias *et al.*, 2020), además puede reducir la

infiltración de aire caliente y húmedo en las vitrinas, por otro lado, la presencia de puertas puede cambiar el patrón de flujo de aire, lo que influye en la transferencia de calor y las temperaturas (Chaomuang *et al.*, 2020).

Los fenómenos de transferencia de calor involucrados durante el enfriamiento y almacenamiento del producto son: conducción dentro de los productos, convección (entre aire frío y superficie del producto) y radiación (entre la superficie del producto y las paredes de la cámara fría). La mayoría de los establecimientos minoristas exhiben sus productos en vitrinas refrigeradas abiertas para mejorar la experiencia del cliente, por lo que estas son las más empleadas en dichos establecimientos, sin embargo esto no los hace exentos a problemas inherentes con la uniformidad de la temperatura, si bien los alimentos contenidos en este equipo están aislados del exterior por la presencia de una barrera aerotermodinámica.

El no control de la homogeneidad de la temperatura ocasiona innumerables pérdidas de alimentos, es así como se ha informado que el 55% del desperdicio de alimentos perecederos fue causado por un mal control de la temperatura, incluso durante la exhibición al por menor (Lobatón *et al.*, 2020).

Se ha informado que en entornos minoristas hay diferencias de temperaturas superiores a 5° C para productos recién cortados en los estantes (De Frias *et al.*, 2018), normalmente en la parte delantera de las vitrinas se encuentran temperaturas altas debido a que existe una infiltración de aire ambiental a través de la cortina de aire; dicho fenómeno resulta ser un inconveniente, primero, al haber una temperatura superior a 5° C en los productos, se generan condiciones propicias para que los patógenos bacterianos sean capaces de una proliferación significativa, así mismo se acelera el deterioro de la calidad y

acortan su vida útil (Kou *et al.*, 2014). Por otro lado la parte económica también se ve afectada debido a que provoca un consumo energético muy elevado, se dice que la infiltración contribuye aproximadamente el 66-77% de la ganancia de calor (Chaomuang *et al.*, 2019). El 72% de la carga de enfriamiento está constituida por la infiltración de aire ambiental a través de la cortina; (Chen & Yuan, 2005), el entorno interior en el que funcionan las vitrinas influye en gran medida en el rendimiento de las cortinas de aire.

El mantenimiento de la temperatura de almacenamiento adecuado es fundamental para garantizar la calidad y seguridad de los productos recién cortados, se han realizado estudios donde han abordado los problemas presentados de temperatura dentro de las vitrinas abiertas determinando el alcance de las variaciones de temperatura dentro de dos vitrinas comerciales refrigeradas abiertas bajo diferentes condiciones de operación y su impacto en la calidad y crecimiento microbiano; donde se evaluaron fugas, bacterias mesófilas aerobias totales y las bacterias psicotrópicas, llegando a la conclusión que las variaciones de temperatura dependían de la ubicación, las puntuaciones altas de temperatura se encontraron en la parte delantera debido a la penetración de calor de los alrededores para reducir las grandes variaciones de temperatura se empleó el uso de bloques de espuma aislante en la parte delantera y trasera de la caja, reduciendo la temperatura del producto en la parte delantera al bloquear la infiltración de aire ambiental y aumento la temperatura del producto por encima del punto de congelación para los productos en la parte trasera (Kou *et al.*, 2015).

(De Frias *et al.*, 2015) encontraron que la forma más efectiva para reducir las variaciones de temperatura era la modernización de las vitrinas, colocándoles puertas de vidrio y así mantener a los productos en las condiciones de almacenamiento adecuadas, este estudio fue realizado en verduras de hoja

verde frescas cortadas en bolsas, donde se notó un aumento del cumplimiento de la temperatura propuesta por el Código de Alimentos de la FDA de un 76 % en el caso abierto a un 99% en el caso de las puertas, del mismo modo estas temperaturas se vieron reflejadas en una mejor calidad del producto y en la reducción de los costos operativos en un 69% comparándolos con los casos abiertos. En México aún no se cuenta con estudios acerca de estos equipos empleados para este tipo de productos.

### **2.3 Hábitos del consumidor**

Las tiendas de autoservicio son el sistema de venta directa al consumidor se clasifican en diferentes áreas: perecederos, abarrotes, mercancías generales, enseres menores y mayores, este concepto tiene como finalidad permitir la selección de los bienes con la menor intervención del personal de la tienda y con espacio para cajas o puntos de venta a la entrada de la tienda.

La adquisición de frutas mínimamente procesadas aparece condicionada por diferentes aspectos a los que los consumidores ofrecen distinta importancia como es la calidad, el aspecto, variedad, precio, etc., por el contrario presentan menor atención a ciertos aspectos como la composición nutrimental, conservación, origen de procedencia.

Cuando el consumidor adquiere el alimento en el supermercado la mayoría de las veces pasa mucho tiempo a temperatura ambiente antes de colocar el producto en el frigorífico del hogar o antes de su consumo, el tiempo que tarda en recorrer el centro comercial, el traslado al hogar son trayectorias largas en el que la temperatura del producto aumenta.

En México no existe mucha demanda de este tipo de producto como en el continente Europeo, esto debido a que se trata de un producto con costo elevado y que sólo puede ser adquirido en supermercados, por lo que no toda la población se encuentra en posibilidad de comprarlo.

Otra cuestión importante es el tiempo de traslado del producto al hogar, las condiciones a las cuales se expone el alimento definitivamente rompen la cadena de frío pues se tratan de temperaturas elevadas a los 5 ° C, los encuestados respondieron que se tardan en llegar a casa de 30 min. hasta 2 h. Durante este lapso de tiempo el producto sufre cambios físicos y sensoriales dando lugar hasta una reducción de su vida de anaquel.

Para conservar las características de calidad del producto, es necesario capacitar a los consumidores acerca de diferentes aspectos como la pérdida de características de calidad debido al mal manejo de este tipo de productos, tener en cuenta la vida de anaquel para que el alimento sea consumido en ese lapso de tiempo, la forma en que realizan sus compras, así como el almacenamiento del producto inmediatamente al llegar a casa.

## **CAPÍTULO III RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CADENA DE FRÍO EN PUNTO DE VENTA**

### **3.1 Normatividad**

Considerando la importancia de controlar la temperatura con la que se manejan dichos productos a lo largo de la cadena de frío para garantizar que los productos lleguen al usuario en las mejores condiciones resulta fundamental a la hora de asegurar la inocuidad alimentaria, por lo que todos los eslabones implicados, productores, distribuidores, comercializadores y consumidor final deben poner especial atención en preservarla. Si alguno de los puntos de la cadena de frío llegara a verse comprometido, toda la cadena se vería afectada perjudicando la calidad y seguridad del producto. En el territorio mexicano no existe una norma específica que regule la producción y comercialización de frutas mínimamente procesadas, no obstante, se aplican otras medidas que conducen a asegurar la inocuidad alimentaria como es el sistema HACCP (Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control [Hazard Analysis and Critical Control Points]), este sistema se enfoca a las medidas de higiene en la industria alimentaria.

En la parte internacional existe el Codex Alimentarius, una serie de normas alimentarias, directrices y otras recomendaciones que definen aspectos de la calidad e inocuidad de los alimentos que son objeto del comercio internacional, un ejemplo de ello es la norma CCQI marca los requisitos que una empresa

debe cumplir en caso de manejar productos perecederos. Para reglamentar el transporte en la cadena de frío existen varias reglamentaciones y parámetros; por ejemplo, a nivel internacional, existe la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos que regula la Agencia de Medicamentos y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) de EUA; a nivel nacional, están las regulaciones implementadas por la Secretaría de Salud (SS), como lo es la NOM-251-SSA1-2009, la cual nos menciona acerca de las características y especificaciones para asignar y confirmar los periodos de caducidad/re análisis, tiempos de permanencia de alimentos a granel o de productos alimenticios intermedios almacenados durante el proceso y establecer las condiciones necesarias de almacenamiento y transporte. Así como la NOM-120-SSA1-1994, NOM-093-SSA1-1994. La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) (Nieto, 2014).

### **3.2 Capacitación al personal**

La importancia de las frutas en una dieta nutritiva y saludable es bien conocida, y en años recientes se ha incitado a los consumidores a consumir más de este tipo de productos, los ritmos actuales que la sociedad está experimentando lleva a adquirir productos que no impliquen mucho tiempo de preparación, como lo son las frutas mínimamente procesadas.

Al mismo tiempo al tratarse de productos que requieren mantenerse bajo refrigeración, es de vital importancia mantener la cadena de frío para lograr conservar la calidad óptima del producto, pero muchas veces a lo largo de todo el trayecto ocurren desviaciones que provocan la ruptura de la cadena de frío, parte de este problema se debe a que el personal operativo no cuenta con el conocimiento necesario para desempeñar sus funciones adecuadamente, ya

que en México más de la mitad de los trabajadores no cuenta con un programa de capacitación de personal. Y es que en el país se acostumbra a invertir únicamente en actualizaciones cuando el personal ingresa a la empresa, algunos empresarios que no invierten en capacitación se justifican por el hecho de que el traslado de los trabajadores termina generando pérdidas de tiempo y económicas. Contar con un personal capacitado mejora el proceso de manufactura de las frutas mínimamente procesadas pues de esta manera se reducen los errores que pudiesen llegar a cometer. Existen una serie de herramientas para la capacitación del personal (Editorial, 2017).

- Presentación grabada: modalidad que es grabada con anterioridad y transmitida cuando el grupo este reunido.
- Carteles expositivos: pueden colocarse en el área de trabajo y de esta manera mantener al personal informado la mayor parte de tiempo.
- Creación de folletos: que contenga información resumida y clara para los trabajadores los cuales pueden consultar cuando lo deseen.
- Compartir archivos: a través de un intercambio de información por diversos medios, si bien no es lo más recomendable para adquirir conocimiento especializados, si puede utilizarse para resolver dudas.

Los principales rubros y criterios operativos que debe contener un plan de capacitación son: Buenas Prácticas de Manufactura para conocer sobre utensilios, superficies así como lavado de manos, es importante a la hora de preparar la fruta, madurez de la fruta, almacenamiento, condiciones de almacenamiento, calidad e inocuidad.

### 3.3 Recomendaciones al consumidor

El desarrollo de la cadena de frío de frutas mínimamente procesadas es de vital importancia para reducir la pérdida global de dichos alimentos y mantener la calidad y seguridad de los mismos.

En este mundo de constantes cambios la cadena de suministro de alimentos está atravesando un período de grandes cambios y por lo tanto requiere de apoyo tanto de recursos humanos como físicos para tener éxito, es por ello que es de vital importancia que el consumidor tenga conocimiento sobre las mejores prácticas de higiene y salubridad, al formar el último eslabón de la cadena de frío, al igual que los operadores estos también requieren de capacitación acerca de qué hacer para mantener la calidad de este tipo de alimentos, pero debido a la dificultad de capacitar al consumidor se recomienda que en los puntos de exhibición de estos productos se coloquen carteles explicativos sobre el mantenimiento de la calidad. Para mejorar las prácticas de conservación de frutas mínimamente procesadas se recomienda a los consumidores lo siguiente:

- ❖ Comprar los alimentos mínimamente procesados al final de la compra y a continuación dirigirse rápidamente a casa.
- ❖ Emplear bolsas isotérmicas para llevar los productos congelados y/o refrigerados desde el sitio de compra hasta la casa, o para el caso de viajes largos.
- ❖ Dejar los alimentos dentro del refrigerador.

- ❖ Comprar sólo lo que se va a consumir para evitar que los productos se echen a perder.

La buena presentación de los productos y exhibición de los productos perecederos respetando la cadena de frío, garantiza una buena rotación de los mismos.

Asegurar que la mercancía se mantenga en todo momento en un rango de temperaturas muy estricto plantea un auténtico desafío. Para facilitar la preservación dentro del almacén se tiene una serie de sistemas automáticos y manuales que contribuyen a la correcta conservación de las frutas mínimamente procesadas. Para llevar a cabo una adecuada gestión de la cadena de frío es necesario tener presente los siguientes puntos:

- Aprovechar al máximo el espacio disponible en las cámaras de refrigeración ya que esto conducirá a una mayor eficiencia energética y en consecuencia a márgenes de rentabilidad más altos.
- Minimizar las operaciones manuales requeridas dentro de las cámaras para evitar las fugas de frío y prevenir riesgos laborales y fallos humanos.
- Controlar la trazabilidad del producto: tener un control constante de los productos almacenados para certificar que son despachados en su estado óptimo de conservación.

Es necesario incorporar tecnologías para proteger la cadena de frío como pueden ser el uso de instalaciones automatizadas, ya que entornos a bajas temperaturas, la calidad y productividad del trabajo humano se resiente, por ello es conveniente automatizar la mayoría de los procesos de un almacén frigorífico, de esta forma habrá un menor riesgo de errores u omisiones que provoquen la rotura de la cadena de frío.

Emplear una antesala con dos puertas que se ubique en el acceso a una cámara de refrigeración es una buena alternativa para evitar que el producto quede sometido a cambios bruscos de temperatura y se mantiene a raya la condensación, a la vez que se minimizan las fugas de frío de la cámara y así mantener la cadena de frío.

Otra buena solución para proteger la cadena de frío de frutas mínimamente procesadas es llevar a cabo la precarga de los productos en entornos de temperatura controlada. Con este sistema los productos salen fuera de las cámaras por medio de transportadores automáticos (de rodillo o de cadenas) que las trasladan, previo paso por la antesala, hasta el área de precarga, donde quedan a disposición de los operadores de montacargas.

Por otro lado la preparación de pedidos automático, es una buena práctica para preservar la cadena de frío, la preparación de pedidos con robots controlado por un Sistema de Administración de Almacenes (WMS, por sus siglas en inglés) descarga de tareas a los operarios, de manera que estos solo tienen que dedicarse a retirar el plástico de las tarimas para que las máquinas puedan actuar.

### **3.4 Recomendaciones de almacenamiento en puntos de venta**

Uno de los factores importantes a cuidar durante la cadena de frío en los alimentos es el monitoreo y control de la temperatura y los puntos de venta no están exentos de ello. Para lograr un buen control de la temperatura en la etapa de venta al detalle es necesario contar con equipos mejorados, sistemas de

garantía de calidad y una mayor conciencia del operador. La medición de la temperatura de los productos perecederos: frutas mínimamente procesadas consiste en registrar exactamente con el material adecuado la temperatura de una muestra seleccionada.

Cuando la temperatura llega a fallar puede provocar en el alimento:

- Maduración excesiva
- Pérdida de peso
- Ablandamiento
- Cambios de color y textura
- Degradación física y magulladuras
- Ataque por podredumbre y mohos

Estos factores afectan la frescura, deseabilidad y comerciabilidad (Figura 3) (James & James, 2014). La medición de la temperatura en vitrinas se realiza mediante termómetros los cuales son colocados en la parte superior del equipo.

Monitorear la temperatura del producto en una vitrina es difícil sin interrumpir la actividad comercial normal y requiere la intervención de operadores capacitados. Para evitar la ruptura de la cadena de frío en este punto, es importante monitorear el historial tiempo-temperatura, una tecnología emergente para este caso son los integradores tiempo temperatura (ITT), estos dispositivos reflejan cambios de calidad y seguridad dependientes de tiempo y temperatura (Willocx *et al.*, 1994).

Mantener el control en la cadena de frío es un trabajo necesario, debido a que se considera que los puntos débiles donde se pueden presentar abusos en los rangos de temperatura requeridos por los alimentos perecederos son en el transporte, especialmente en la descarga de productos, en exhibidores de autoservicio y en refrigeradores del hogar (Figura 4). Estos son los cuatro puntos donde se puede observar los riesgos potenciales para reducir la calidad de los productos y por ende, arriesgar la inocuidad de los alimentos que conducen a posibles riesgos potenciales (Mercier *et al.*, 2017). Una mala medición o un ineficaz control de la temperatura en los alimentos conllevan importantes riesgos higiénicos y para su calidad.

El lado económico para una empresa es importante y cuando se tienen pérdidas hay que revisar que está fallando, el no controlar la temperatura a lo largo de la cadena de frío puede ser responsable de pérdidas económicas (Rodríguez *et al.*, 2011). El abuso de la temperatura en un determinado período de tiempo o la violación de cualquier otro parámetro importante en un solo lugar de la cadena de suministro desencadena el deterioro, que a veces se descubre demasiado tarde, en el minorista o en los hogares de los clientes finales (Ndraha *et al.*, 2018).

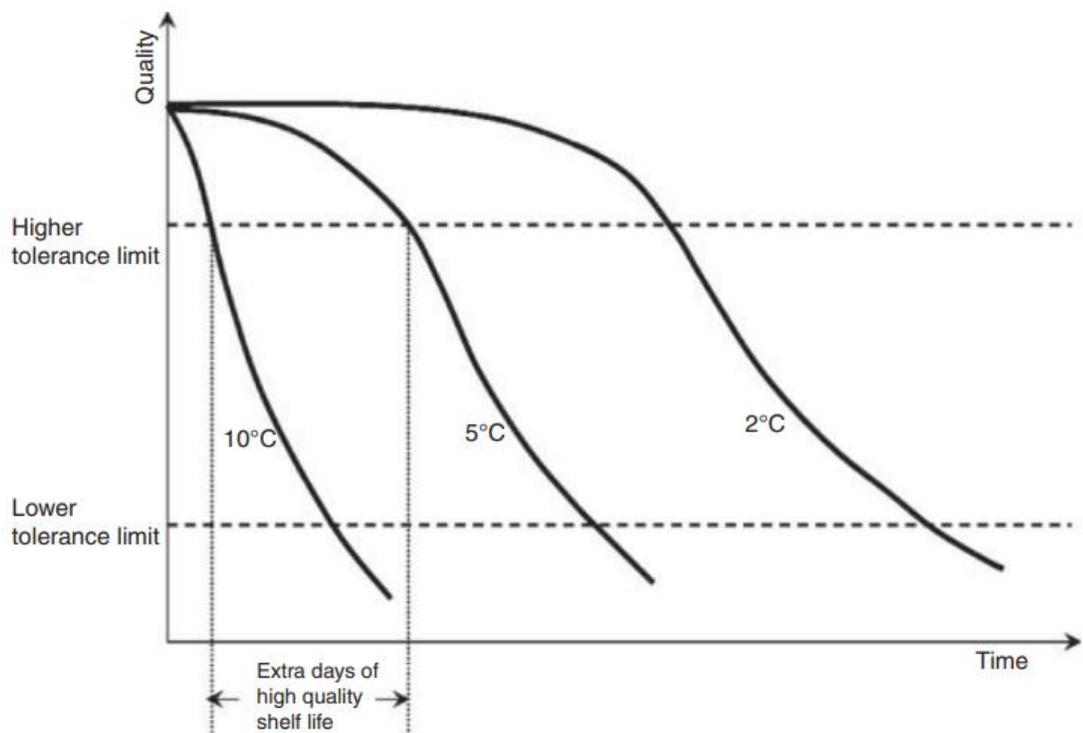


Figura 3. Relación tiempo-temperatura y su impacto en la calidad del producto (James & James, 2014).

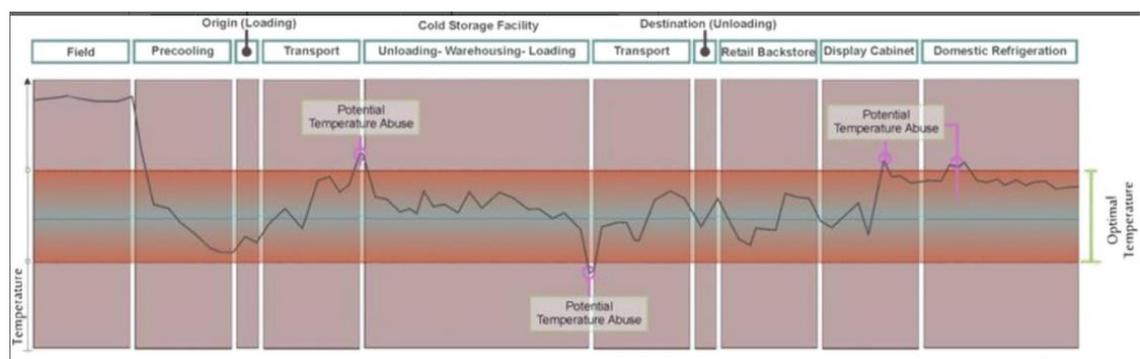


Figura 4. Perfil de temperatura típico para alimentos perecederos a lo largo de la cadena de frío (Mercier *et al.*, 2017).

Para tener un correcto control de la temperatura hay que tener en cuenta ciertos factores, los cuales se enlistan a continuación:

- Características del producto: considerar las características particulares del producto, así como las condiciones de operación deben ser estrictas.
- Envase: los productos deben estar herméticamente envasados para que no sufran cambios de temperatura y garantice su calidad.
- Inventario: rotación del inventario debe garantizar la calidad del producto que llega al consumidor final. El sistema PEPS es recomendable para asegurarse de esto (primeras entradas, primeras salidas).
- Almacenaje: los productos deben almacenarse de tal forma que no se entorpezca el paso del aire que los enfría. Se recomienda dejar pasillos de circulación y no almacenar el producto obstaculizando la salida del aire que producen los evaporadores.

El control de la gestión de la temperatura puede reducir el desperdicio de alimentos en las cadenas de suministro de alimentos. La pérdida de calidad y la disminución de vida útil de las frutas mínimamente procesadas son causadas por el mal uso de la temperatura, ya sea que se someta a temperaturas muy altas o muy bajas. Las bajas temperaturas pueden causar daños en frutas mínimamente procesadas como maduración inadecuada, disminución del sabor, decoloración y deterioro fisiológico (Ruelas & Reyes, 2013).

La humedad relativa es importante en el almacenamiento de frutas mínimamente procesadas para evitar la deshidratación de la misma por lo que ésta debe mantenerse entre (90-95) %. Cuando la humedad relativa es demasiado alta en el interior del envase, se produce la condensación de la misma y las condiciones favorables para el crecimiento microbiano provocando

la podredumbre del producto (Ospina & Cartagena, 2008). Por el contrario cuando la humedad relativa es baja existe una pérdida de agua, la cual se manifiesta mediante marchitamiento, afectando el peso, la apariencia y la textura, provocando menor succulencia y firmeza.

### 3.5 Estrategias de monitoreo tiempo- temperatura

La trazabilidad en la cadena de frío mediante el monitoreo de la temperatura y humedad permite conocer la condición del producto desde su salida de la planta de proceso, durante su transporte hasta llegar a su destino. Para poder llevar el registro y control permanente de las temperaturas de los productos en los puntos de venta, es necesario contar con un software que complementado con personal capacitado y calificado es muy probable que se pueda garantizar el éxito operativo. Entre los equipos operativos para la cadena de frío se encuentran los siguientes:

**Termo-registros.** Es una de las tecnologías más usuales dentro de los prestadores de servicios de transporte, para realizar el monitoreo de los productos refrigerados, ahora complementado con sistemas que permiten un monitoreo satelital de la temperatura, con la cual se puede estar al tanto del e on la posibilidad de poder actuar de r s de facilitar la trazabilidad.



Figura 5 Termo-registros.

**GPS Sistema de Posicionamiento Global.** Para realizar el monitoreo en tiempo real en los vehículos, las 24 horas de día. Esta tecnología es manejada sobre una base satelital en órbita terrestre. Existen además tecnologías complementarias al GPS, la cual consiste en instalar sensores con características especiales con las que se logre acceder a información pertinente y específica. Alguna de la información que puede obtenerse con la implementación de estos sensores, es la de mostrar los niveles de refrigeración y la temperatura, consumo de combustible y su composición para determinar posibles adulteraciones. Esta información, además de ser una herramienta de monitoreo en transporte terrestre, sirve para optimizar recursos.



Figura 6 GPS

or sus siglas en inglés -General Packet Radio Service-, la cual permite la transferencia de datos en paquetes a alta velocidad en uno o varios canales de la red GSM (Sistema Global para las comunicaciones móviles). Con ésta se logra un monitoreo de la temperatura de manera periódica, tanto para procesos de almacenamiento como de transporte refrigerado.



Figura 7 GPS red celular.

La incapacidad de controlar/monitorear la temperatura a lo largo de la cadena de frío provoca que cierta parte de los alimentos producidos para consumo humano sean estropeados en todo el mundo. Al tratarse de este tipo de alimentos el tema de seguridad alimentaria debe de ser abordado tanto a nivel nacional como internacional. Las tecnologías inalámbricas de supervisión de la temperatura, en particular la identificación por radiofrecuencia (RFID) y las redes de sensores inalámbricos (WSN), y los integradores de tiempo-temperatura (TTI) son probablemente los sistemas más ampliamente empleados utilizados para medir, registrar y monitorear la temperaturas del producto en la cadena de frío alimentaria. Un sistema de monitoreo de temperatura en tiempo real se puede definir como uno que tiene la capacidad de comprobar, medir, e informar de la realidad de la temperatura en cualquier momento. El control eficaz de la temperatura ayuda a los operadores de empresas alimentarias a tomar decisiones, correctivas, y la evaluación de su funcionamiento.

#### **a) Red de Sensores Inalámbricos (WSN)**

Los dispositivos de monitoreo son de la red de sensores inalámbricos (WSN) son diseñados para facilitar el flujo de información continuo accesible en todos los puntos/etapas a lo largo de toda la cadena de frío. Su éxito radica en una combinación de su funcionalidad remota, bajo consumo de energía, sólidas capacidades de red y la versatilidad de detección (capacidad de incorporar casi cualquier tipo de sensor).

Características:

- Transmisión inalámbrica de datos
- Varios tipos de sensores por nodo
- Amplio rango de lectura punto a punto
- Memoria integrada
- Flujo de información continuo

Debilidades:

- Por lo general, no está preparado para duras condiciones ambientales
- Más caro que RFID

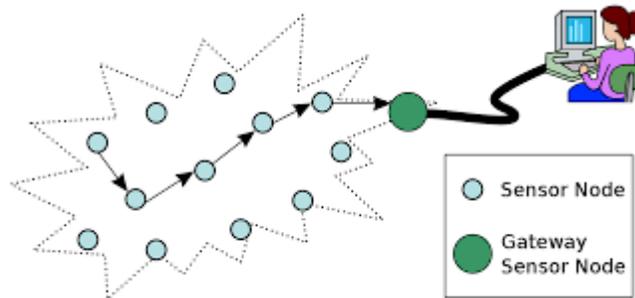


Figura 8. Red de sensores inalámbricos

### **b) Integradores Tiempo - Temperatura (TTI)**

Los integradores tiempo-temperatura son herramientas de registro de la calidad de alimentos con características de rentabilidad, irreversibilidad al cambio y facilidad de uso para el consumidor, que se pueden adjuntar a los alimentos o al envasado de alimentos. Los TTI indican información sobre cambios de la calidad de los alimentos y vida útil restante mediante el seguimiento y registro de los efectos de acumulación de temperatura de producto. El período de tiempo desde la activación hasta la terminación de los TTI se refleja en cambios de color, que corresponden a la vida útil de los alimentos. La implementación de un sistema basado de TTI puede lograr un control realista de la cadena de frío, reduciendo así el desperdicio de alimentos así como ofrecer a los consumidores información auténtica sobre la vida útil restante del producto.

Los cambios de respuesta de los TTI se pueden modelar en función del tiempo ( $t$ ) y velocidad de reacción ( $k$ ), después de confirmar  $k$  la energía de activación ( $E_a$ ) se puede calcular utilizando la ecuación de Arrhenius. Basado en modelos cinéticos para los integradores tiempo-temperatura un historial acumulativo de

temperatura puede ser auténticamente reflejados y convertidos cuantitativamente en predictores del deterioro de la calidad de los alimentos durante la logística de la cadena de frío. Dependiendo del principio de trabajo en cuestión.



Figura 9. Integradores tiempo- temperatura

### c) Etiquetas RIFD

Las etiquetas de RIFD pueden ser pasivas o activas o semi-pasivas. Las pasivas y semi-pasivas envían sus datos por reflexión o modulación del campo electromagnético que fue emitido por el lector. La batería de RFID semi- pasiva sólo se usa para alimentar el sensor y lógica de grabación. Este nodo/etiqueta registrará y comunicará la ubicación (transportada o almacenada) y los parámetros físicos (temperatura, humedad relativa) del activo a una base de datos, que en muchos casos puede estar a kilómetros de distancia. Estas bases de datos tienen capacidades de procesamiento lógico para calcular vida útil restante y otros indicadores de frescura, por tanto, estos sistemas proporcionan una mayor agilidad dentro de la cadena de suministro y ayuda para reducir el desperdicio general de alimentos.

Características:

- Cada etiqueta utiliza un EPC (Código Electrónico de Producto) único para identificación

- Transmisión inalámbrica de datos ejemplo: temperatura, humedad
- Precio pagable
- Múltiples puntos sensorizados
- Batería de larga duración
- Rango de lectura más alto que el tradicional código de barras

Debilidades:

- La carcasa del sensor evita la detección de cambios rápidos de temperatura.
- Funciona en una frecuencia alta afectado por el agua y metales.
- Rango de lectura aún corto en comparación con WSN.



Figura 10. Etiquetas RIFD

(Badia *et al.*, 2018) afirma que en general un sistema RFID reducirá costos de mano de obra mientras se proporciona un control de la cadena de suministro más eficiente, mejora la gestión de los productos perecederos.

Debido a las características de los alimentos y los efectos aislantes de los embalajes la temperatura no siempre se distribuye de manera homogénea en el interior del pallet, por esta razón es difícil predecir con precisión el mapeo de

la temperatura con un solo sensor. La aparición de los métodos de estimación busca estimar la temperatura en un número fijo de puntos clave donde no es factible colocar un sensor (por lo tanto, esto no es comercialmente viable). Dichos métodos se basan en pesaje de distancia inversa, pero no pueden detectar picos locales (altas variaciones) a menos que se utilice una alta densidad de sensores de fuente, pero cuando esto ocurre el aumento directo en el número de sensores hace que el sistema sea económicamente impracticable.

Otras propuestas incluyen agrupar productos con características de temperaturas similares para reducir el número de sensores necesarios en un contenedor inteligente (Badia *et al.*, 2018) o colocando sensores estratégicamente entre la mercancía transportada en lugar de colocarlos en el contenedor (Badia *et al.*, 2018).

#### **d) Capacitor**

Es un método basado en las similitudes entre el cambio de temperatura de la curva del sensor y la curva de temperatura característica del pallet de alimentos. La subida y bajada de las curvas de temperatura de un sensor de temperatura corresponden a una subida y bajada de una resistencia/condensador (RC) eléctrica circuito. Por lo tanto, al estudiar las curvas de temperatura de un pallet de alimentos, esas curvas presentan constantes de tiempo (llamadas constante Tau) como en los sistemas RC y estas constantes se pueden utilizar para estimación de temperatura (Badia *et al.*, 2018). Cada constante es característica de cada subida o bajada de la curva de temperatura y para un escenario específico presenta al usuario un historial de temperatura del producto. En términos prácticos, esto significa que el centro

de un pallet de alimentos tendría su propia constante, y la superficie del mismo pallet tendría una diferente.

#### **e) Método Kriging**

El método de estimación de parámetros de Kriging ha sido previamente utilizado en espacios continuos con límites no bien definidos y se basa en los métodos de interpolación clásicos. Los métodos de interpolación se basan en la distancia al cuadrado inverso, sin embargo, el método Kriging va un paso más allá y hace uso de variaciones de los valores con respecto a la distancia, creando el llamado semi- variograma (el semi-variograma realiza un ajuste de mínimo de cuadrados de varios variogramas teóricos a un isotrópico variograma experimental), que incluye el cálculo de varianzas en diferentes puntos y puede obtener los coeficientes de peso a cualquier distancia, y así calcular la temperatura en el punto deseado (Badia *et al.*, 2018). El método Kriging se ha implementado recientemente como método de estimación de temperatura en la cadena de frío de los alimentos, para estimación en contenedores refrigerados, así como la estimación de temperatura en pallet.

#### **f) Red Neuronal Artificial (ANN)**

El método ANN asume que hay una relación no lineal entre la temperatura que se desea alcanzar (dentro de un pallet) y la fuente de temperatura (temperatura del aire en el envase). Estas relaciones no lineales pueden ser modeladas por ANN (Badia *et al.*, 2018). La forma de aplicar la ANN a la estimación de la temperatura es primero se debe seleccionar la entrada a la red; en este caso, serán los datos de temperatura de tiempo fuera del pallet, esto es si se desea

estimar la temperatura del pallet. Este tiempo en que los datos de temperatura pasan a través de las diferentes capas ocultas y neuronas que ponderan y suman las entradas: primero la capa de neuronas recibe a la entrada (datos de temperatura de tiempo), luego procesa la información y transmite las salidas intermedias a la siguiente capa oculta y la capa oculta final da la última salida como resultado. En este proceso, se utiliza parte de la temperatura, datos para entrenar a la red para que aprenda a estimar la salida de la entrada.

## **CAPÍTULO IV**

### **TENDENCIAS E INNOVACIONES**

La innovación y las mejoras tecnológicas han acompañado el avance de las frutas mínimamente procesadas. Se ha logrado mejorar los procesos para reducir los daños físicos durante la preparación y manipulación de estos productos, mejorar las condiciones de higiene y las prácticas de manufactura, reduciendo así el riesgo de contaminación. También se han desarrollado materiales de envase que contribuyen a conservar la calidad del producto por un mayor tiempo. El empleo de recubrimientos comestibles es quizás la técnica más novedosa y prometedora para alargar la vida útil de las frutas mínimamente procesadas (Montero *et al.*, 2009).

En el caso de equipos frigoríficos necesarios para una buena conservación de frutas mínimamente procesadas, (Tsamos *et al.*, 2019) propuso una tecnología de estantería fría, en la que el aire circula en cada estantería individual, donde entra aire a cada estante, esto para mejorar el consumo de energía de una vitrina vertical abierta.

El metilciclopropeno (1-MCP) es un compuesto orgánico que a concentraciones muy bajas bloquea los receptores de etileno en las células vegetales e inhibe la respuesta fisiológica al etileno. Es no tóxico y el residuo es insignificante. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos lo ha clasificado como un regulador de crecimiento y, hasta

el momento ha sido autorizado para uso alimentario en Estados Unidos, Argentina, Chile, Nueva Zelanda, Reino Unido, Sudáfrica, Brasil, México, Israel, Países Bajos y Austria. El uso de éste reduce la respiración, emisión de etileno y el ablandamiento (Aguayo, 2004).

En cuanto a los desinfectantes que pueden sustituir al hipoclorito son ácido peroxiacético (Tsunami), clorito sódico acidificado con un 50% de cítrico (Sanova), un compuesto de 66% de ácido cítrico con un 3.6% de dodecilbenzen sulfonato de sodio (Pro-Sam) y dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) (Aguayo, 2004).

Hoy en día los consumidores exigen mayor calidad en frutas mínimamente procesadas. Para satisfacer esta demanda, los procesadores deberán desarrollar una nueva tecnología para preservar frescura y calidad nutricional, manteniendo la eficiencia y competitividad en las operaciones industriales.

La evolución de la tecnología en todas las industrias incluida la cadena de suministro de alimentos está empujando los límites de la digitalización y ha cambiado en todos los aspectos. La industria del transporte y la logística se ha definido tradicionalmente por camiones e infraestructura, pero en los últimos años la tecnología ha empezado a cambiar la forma en que se hacen los negocios, debido a esto la cadena de suministro es más transparente que nunca y las empresas se han conectado digitalmente, incluso hasta el nivel de usuarios finales (Enfoque alimentos, 2020). A continuación se menciona las tendencias en la cadena de frío de alimentos:

- Demanda de seguridad alimentaria: garantizar el cumplimiento normativo y prevenir los productos alimenticios contaminados que resultan en desperdicio y salida del mercado, una metodología clave para el cumplimiento de la seguridad alimentaria es el seguimiento y localización que tiene que la capacidad de rastrear los alimentos a través de toda la cadena de suministro de alimentos desde la granja hasta la mesa.
- Gestión de la cadena de frío: la gestión de la cadena de frío ha entrado en un mundo nuevo caracterizado por un sofisticado seguimiento y monitoreo de temperatura con ayuda de tecnologías como lo T (internet de las cosas)
- Gestión de desperdicio de alimentos: el desperdicio de alimentos en la transición ocurre principalmente a redes de transporte deficientes, falta de técnicas de conservación, condiciones inadecuadas de temperatura y humedad, rutas más largas no planificadas y demoras en el tránsito. Con la globalización el suministro de alimentos continúa creciendo en volumen y complejidad por lo que se necesita poner especial atención a minimizar el desperdicio de alimentos pues no se trata de pérdidas económicas sino que también afecta al medio ambiente.

Se espera que la cadena de frío el uso de datos tome mayor importancia, la implementación de algoritmos de inteligencia artificial para hacer modelos de simulación y de predicciones de variaciones en la temperatura, explican que con el uso de datos se podrá saber cuándo se va a descomponer una cámara de frío de un camión o cuándo va a presentar una falla para prevenirlo antes de que pase y se rompa la red. La sustentabilidad también impactará en el transporte de la cadena de frío, para el camión y su motor, la tendencia clara es la sustitución por los camiones eléctricos o híbridos. Por otro lado está la

caja para refrigeración que es la que mantiene la temperatura fría o congelante según requieran los alimentos, los fabricantes están trabajando en desarrollar alternativas que sean más eficientes en su consumo energético y que reduzcan las emisiones (Maubert, 2020).

Las tendencias de la logística de frío se ven marcadas por los retos que enfrenta la logística en general, entre los que se encuentran:

- La globalización de mercados
- La reducción costos a lo largo de la cadena de frío
- La integración estratégica con el resto de las actividades de la cadena de suministro
- La maximización del uso de la capacidad y los recursos

Ante esta realidad los proveedores logísticos con servicios de cadena de frío deben desarrollar estrategias que les permitan mantenerse a la vanguardia de la industria:

- Estar atentos a las restricciones que imponen los reglamentos más estrictos sobre sanidad en algunos países para implementar las medidas y controles de refrigeración que garanticen la integridad y calidad de los productos durante todas las actividades logísticas.
- Instalar bodegas refrigeradas a lo largo de la cadena de suministro para mantener la temperatura de la carga dentro de los rangos recomendados.
- Usar sensores de temperatura en los vehículos de transporte para detectar a tiempo cualquier variación conforme se trasladen entre diferentes regiones climáticas.

- Mejorar la trazabilidad de los productos para poder documentar adecuadamente su origen, proceso de traslado y destino, a fin de hacer más confiables y rápidas las actividades de recolección de lotes específicos en caso necesario.
- Implementar un enfoque de negocios que busque la integración estratégicas del fabricante, reduciendo costos y mejorando la satisfacción de sus clientes finales.
- Añadir servicios complementarios que vuelvan más eficiente a la cadena de suministro en frío, den más visibilidad a los productos durante su traslado y aseguren las entregas justo a tiempo para evitar problemas de inventario.
- Adoptar el transporte multimodal para atender a mercados cada vez más distantes y dispersos, aprovechando las mejoras en los sistemas de regulación de temperaturas en los contenedores.
- Usar nuevos materiales refrigerantes y combustibles eficientes para abordar las preocupaciones ambientales y de sustentabilidad de sus clientes y de la comunidad en general. Lo primero que se debe lograr es contar con la infraestructura necesaria para almacenar y distribuir perecederos. Invertir en proyectos que mejoren este ciclo y apoyarse de las instituciones estatales y federales, además de las académicas.
- Mejorar los empaques para alargar su durabilidad en condiciones de refrigeración y asegurar el buen estado de los productos cuando lleguen a su destino.

- Invertir fuertemente en soluciones tecnológicas para dar seguimiento a la carga y sus condiciones de temperatura a lo largo de la cadena de suministro y para optimizar el uso de recursos y agilizar la tramitación de documentación.

Desde los sensores de temperatura, los sistemas de control y localización, la automatización de almacenes y una base de datos para la transmisión de información, los avances tecnológicos sirven al propósito de asegurar la calidad de las mercancías, garantizar su entrega oportuna, reducir los costos de inventario y operativos, mejorar la trazabilidad de los lotes y asegurar la integridad de la documentación compartida entre los diferentes actores en la cadena de suministro en frío (Solística, 2018).

## CONCLUSIONES

Con base a la realización de esta investigación se concluye que existen factores que influyen en la calidad final de las frutas mínimamente procesadas como es el caso de la infraestructura, el tipo de vitrina que se utilice para almacenar el producto sea cerrada o abierta, existirá una variación de temperatura que si no se controla adecuadamente traerá consecuencias en el alimento, pues cuando existe una transferencia de calor entre el equipo y el ambiente provoca que el producto eleve su temperatura aumentando la evaporación de la humedad de la superficie del producto, lo que da lugar a la pérdida de peso del alimento, esto puede derivar en la aparición de arrugas y ablandamiento de tejidos.

Los hábitos del consumidor son un factor importante para mantener la cadena de frío pues la mayoría de las ocasiones al momento de adquirir el producto se expone a condiciones ambientales fuera de lo establecido provocando reducción de la calidad de las frutas mínimamente procesadas.

Para lograr una buena gestión de la cadena de frío en los puntos de venta, es necesario que se trabaje en diferentes puntos desde elegir el equipo frigorífico adecuado a las necesidades de los puntos de venta, vigilar las condiciones de almacenamiento ( $T= 5^{\circ} C$  y  $HR= 90-95\%$ ), capacitación constante a los operarios que estén al frente de la cadena de frío, para que sepan cómo actuar ante la presencia de algún fallo, exhortar al consumidor sobre la importancia de

mantener la cadena de frío así como cumplir con la normatividad que regula a dicha cadena para asegurar la inocuidad alimentaria.

Finalmente, en México aún no se cuentan con suficientes estudios acerca de este tipo de productos y como asegurar el mantenimiento y control de la cadena de frío por lo que esta investigación se queda abierta a futuras generaciones que deseen continuar en esta línea.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, E. (2004). Avances en productos mínimamente procesados en fresco. *Horticultura Internacional*.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_hortint/hortint\\_2004\\_45\\_12\\_19.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2004_45_12_19.pdf)
- Arias, C., & Toledo, J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas Tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación (FAO)*, 1, 50.
- Artes, C. (2018). Las industrias de IV gama. Generalidades Hortalizas mínimamente procesadas. *Curso Tecnología Poscosecha de Cítricos y Otros Cultivos En La Comunidad Valenciana*, 3. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2016/02/17/223347.php>
- Badia, R., Mc Carthy, U., Ruiz, L., Garcia, J., & Robla, J. (2018). New trends in cold chain monitoring applications - A review. *Food Control*, 86, 170–182.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.022>
- Baldera Zubeldia, B., Nieto Jiménez, M., Valenzuela Claros, M. T., Mariscal Andrés, J. L., & Martin-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>
- Campos, M. S. (2015). Buenas Prácticas De Producción De Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas. *Alimentos Argentinos*, 148, 148–162.  
[https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/publicaciones/calidad/BPM/BP\\_Hortalizas\\_MinProcesadas\\_2006.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/publicaciones/calidad/BPM/BP_Hortalizas_MinProcesadas_2006.pdf)
- Chaomuang, N., Laguerre, O., & Flick, D. (2019). Dynamic heat transfer modeling of a closed refrigerated display cabinet. *Applied Thermal Engineering*, 161(March 2019), 114138.  
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114138>
- Chaomuang, N., Laguerre, O., & Flick, D. (2020). A simplified heat transfer model of a closed refrigerated display cabinet. *Thermal Science and Engineering Progress*, 17, 100494.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100494>
- Chen, Y., & Yuan, X. (2005). Experimental study of the performance of single-band

air curtains for a multi-deck refrigerated display cabinet. *Food Engineering* Chen, Y., & Yuan, X. (2005). *Experimental Study of the Performance of Single-Band Air Curtains for a Multi-Deck Refrigerated Display Cabinet. Food Engineering*, 69, 261–267.  
Doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.08.016, 69, 261–267.  
doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.08.016

- Cruz, J. A. (2008). Elaboración de manual de procedimientos para la logística en cuartos fríos, utilizados para productos perecederos y propuesta de manejo de desechos reciclables de la empresa Alserba. In *Universidad de San Carlos de Barcelona* (Issue 1).  
[http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1871\\_IN.pdf](http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1871_IN.pdf)
- De Frias, J., Luo, Y., Kou, L., Zhou, B., & Wang, L. (2015). Improving spinach quality and reducing energy costs by retrofitting retail open refrigerated cases with doors. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 114–120.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.016>.
- De Frias, J., Luo, Y., Zhou, B., Turner, E., Millner, P. ., & Nou, X. (2018). Minimizing pathogen growth and quality deterioration of packaged leafy greens by maintaining optimum temperature in refrigerated display cases with doors. *Food Control*, 92(May), 488–495.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.024>
- De Frias, J., Luo, Y., Zhou, B., Zhang, B., Ingram, D., Vorst, K., Brecht, J., & Stommel, J. (2020). Effect of door opening frequency and duration of an enclosed refrigerated display case on product temperatures and energy consumption. *Food Control*, 111(December 2019), 107044.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107044>
- De la Cruz, S., & Roncal, J. (2015). *Conservación de alimentos mínimamente procesado*.  
[https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3563/DeLaCruzRodriguez\\_S - RoncalReyna\\_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3563/DeLaCruzRodriguez_S - RoncalReyna_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Editorial. (2017). *Herramientas para la capacitación de personal*. Iceditorial.  
<https://www.iceditorial.mx/blog/226-herramientas-para-la-capacitacion-de-personal->
- Enfoque alimentos. (2020). *Cadena de suministro de alimentos: tendencia en la logística alimentaria*.  
<http://www.enfoquealimentos.com/blog/2020/03/12/cadena-de-suministro-de-alimentos-tendencias-en-logistica-alimentaria/>
- Ey. (2022). *Panorama de la cadena de frío en México: retos y oportunidades*. 19 de Abril. [https://www.ey.com/es\\_mx/consumer-products-retail/cadena-de-frio-en-mexico](https://www.ey.com/es_mx/consumer-products-retail/cadena-de-frio-en-mexico)
- Figurelli, A. (2018, May). *Cadena de frío, el aliado para menos desperdicio*. The Food Tech. <https://thefoodtech.com/historico/cadena-de-frio-el-aliado-para->

menos-desperdicio/

- Gao, T., Tian, Y., Zhu, Z., & Sun, D. W. (2020). Modelling, responses and applications of time-temperature indicators (TTIs) in monitoring fresh food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 99(January), 311–322. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.019>
- Garrett, E. H. (1999). 6 Fresh-cut produce. In *Principles and applications of MAP of foods* (pp. 20–21).
- González, M., & Lobo, G. (2016). Técnicas de Procesamiento de Hortalizas Cortadas. In F. C. N. Gustavo González Aguilar, Alfonso A. Gardea (Ed.), *Nuevas tecnologías de conservación de vegetales frescos cortados* (Issue Abril, pp. 97–115). Centro de investigación en alimentación y desarrollo. [https://www.researchgate.net/profile/Monica\\_Gonzalez7/publication/299544365\\_Tecnicas\\_de\\_procesamiento\\_de\\_hortalizas\\_cortadas/links/56fe872808aea6b77468ca5d/Tecnicas-de-procesamiento-de-hortalizas-cortadas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Monica_Gonzalez7/publication/299544365_Tecnicas_de_procesamiento_de_hortalizas_cortadas/links/56fe872808aea6b77468ca5d/Tecnicas-de-procesamiento-de-hortalizas-cortadas.pdf)
- González, S. (2018). *Almacenamiento de la calabaza zucchini a las condiciones de manejo de un mercado ambulante*.
- Göransson, M., Nilsson, F., & Jevinger. (2018). Temperature performance and food shelf-life accuracy in cold food supply chains – Insights from multiple field studies. *Food Control*, 86, 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.029>
- HIDROORGAN. (2018). *Los alimentos de cuarta gama*. <https://www.hidroorgan.com.mx/iv-gama-de-frutas-y-verduras-1/>
- Hinojosa, B, De la vega, J., Haro, L. (2018). *Cadena de frío*. De Sader , CNA.
- HLPE. (2014). *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3901s.pdf>
- James, S. J., & James, C. (2014). Cold Chain. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 2050, 225–230. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00179-3>
- Kou, L., Luo, Y., Ingram, D. T., Yan, S., & Jurick, W. M. (2015). Open-refrigerated retail display case temperature profile and its impact on product quality and microbiota of stored baby spinach. *Food Control*, 47, 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.054>
- Kou, L., Luo, Y., Park, E., Turner, E. R., Barczak, A., & Jurick, W. M. (2014). Temperature abuse timing affects the rate of quality deterioration of commercially packaged ready-to-eat baby spinach. Part I: Sensory analysis and selected quality attributes. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.025>
- Laguerre, O., & Hoang, M. (2012). Heat transfer modelling in a refrigerated display cabinet: The influence of operating conditions. *Food Engineering*, 108(2), 353–364. [doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.07.027](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.07.027)

- Lecanda, R., & Garrido, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14, 5–39.  
<http://www.redalyc.org/html/175/17501402/%0Ahttp://www.redalyc.org/resumen.oa?id=17501402>
- Lindberg, U. (2020). Research for the retail grocery context: A systematic review on display cabinets. *Trends in Food Science and Technology*, 100(January), 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.027>
- Lobatón, H., & López, N. (2020). *Dinámica Computacional de Fluidos Aplicada a Vitrinas Refrigeradas Dinámica Computacional de Fluidos Aplicada a Vitrinas Refrigeradas* (Issue December 2019).
- Lundén, J., Vanhanen, V., Myllymäki, T., Laamanen, E., Kotilainen, K., & Hemminki, K. (2014). Temperature control efficacy of retail refrigeration equipment. *Food Control*, 45, 109–114.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.041>
- Maldonado, N. (2016). *Desarrollo y estudio de un recubrimiento comestible a base de carragenina para piña de IV gama*. Escuela Politécnica Nacional.
- Martínez, M., Balois, R., Alia, I., Cortes, M., Palomino, Y., & López, G. (2017). Poscosecha de frutos : maduración y cambios bioquímicos Postharvest fruits : maturation and biochemical changes Resumen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 4075–4087.
- Maubert, I. (2020). 5 tendencias que transformarán la cadena de frío en 2021. *The Logistics World*. <https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/5-tendencias-que-transformaran-la-cadena-de-frio-en-2021/>
- Medina, S. (2009). Las Cadenas de Frío y el Transporte refrigerado en México. *Comercio Exterior*, 59.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & 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>
- Montero, M., Rojas, M., Soliva, R., & Martín, O. (2009). Revista Horticultura Internacional. *Tendencias En El Procesado Mínimo de Frutas y Hortalizas*, 48–51. <http://bit.ly/ZdM8Gm>
- Ndraha, N., Hsiao, H. I., Vljajic, J., Yang, M. F., & 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/10.1016/j.foodcont.2018.01.027>
- Nieto, A. (2014). *Optimizar la cadena de frío, indispensable para la seguridad alimentaria*. Mundo HVAC&R.  
<https://www.mundohvacr.com.mx/2014/08/optimizar-cadena-de-frio-indispensable-para-la-seguridad-alimentaria/>

- Ospina, S., & Cartagena, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
- Pérez, E., & López, A. (2011). *Tecnologías involucradas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas*. Universidad de Las Américas. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-Pérez-Perez-et-al-2011.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-Pérez-Perez-et-al-2011.pdf)
- Rasgado, S. A. (2014). *Alimentos vegetales mínimamente procesados (IV gama) una revisión con enfoque tecnológico y de prevención de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos*.
- Rediers, H., Claes, M., Peeters, L., & Willems, K. A. (2009). Evaluation of the cold chain of fresh-cut endive from farmer to plate. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2), 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.07.017>
- Reyna, J. (2010, February 24). Venderán frutas y hortalizas cortadas en fresco en centros escolares de nueve entidades del país. *La Jornada*, 1. <https://www.jornada.com.mx/2010/02/24/sociedad/045n1soc>
- Ríos, D. (2013). *Química De Alimentos De Frutas Tropicales*. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2564/Química de alimentos de frutas tropicales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2564/Química%20de%20alimentos%20de%20frutas%20tropic%C3%A1les.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Robles, M., Gorinstein, S., Martín, O., Astiazarán, H., González, G., & Cruz, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*, 32(4), 227–232.
- Rodríguez, V., Amorrortu, I., & Álvarez, M. J. (2011). Setting parameters in the cold chain. *Redalyc*, 15, 71–81.
- Ruelas, X., & Reyes, M. (2013). Conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas con recubrimientos comestibles. *Revista Científica de La Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), 31–37.
- SAGARPA. (2017). *Cuartos fríos dentro del proceso de proyectos productivos*. <https://www.gob.mx/firco/es/articulos/cuartos-frios-dentro-del-proceso-de-proyectos-productivos?idiom=es#:~:text=El cuarto frío consigue alargar,debe sobrepasar los 16° C.>
- Solística. (2018). *Cadena de Frío: un reto a vencer en la cadena de suministro*. <https://blog.solistica.com/cadena-de-frio-un-reto-a-vencer-en-la-cadena-de-suministro>
- Torres, F. T. (1997). Dinámica Económica de la Industria Alimentaria y Patrón de Consumo en México. In *Instituto de Investigaciones Económicas*.
- Tsamis, K. M., Mroue, H., Sun, J., Tassou, S. A., Nicholls, N., & Smith, G. (2019). Energy savings potential in using cold-shelves innovation for multi-deck open front refrigerated cabinets. *Energy Procedia*, 161(2018), 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.094>

- Vázquez, J. (2022, May 21). Razones para no comprar la fruta cortada. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/menu/razones-para-no-comprar-la-fruta-cortada>
- Villegas, A. (2005). Cambios en la calidad de frutos de litchi mínimamente procesados. In *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. <https://doi.org/10.2320/materia.44.24>
- Waldo, G., Luis, D., & Verónica, S. (2012). Evaluation of the cold chain in five processed meat factories in Chile and the implications for the microbiological count. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(1), 53–61. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000100006>
- Wayman, O. (2014). Reducir el desperdicio de alimentos ¿Cómo pueden las empresas de distribución ayudar? In *Marsh and McLennan Companies*. <https://menosdesperdicio.es/documentos/reducir-el-desperdicio-de-alimentos-¿cómo-pueden-las-empresas-de-distribución-ayudar>
- Willocx, F., Hendrick, M., & Tobback, P. (1994). A preliminary survey into the temperature conditions and residence time distribution of minimally processed MAP vegetables in Belgian retail display cabinets. *International Journal of Refrigeration*, 17(7), 436–444. [https://doi.org/10.1016/0140-7007\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0140-7007(94)90003-5)
- Xie, Y., Brecht, J. K., Abraham, C. E., Bornhorst, E. R., Luo, Y., Monge, A. L., Vorst, K., & Brown, W. (2021). Improving temperature management and retaining quality of fresh-cut leafy greens by retrofitting open refrigerated retail display cases with doors. *Journal of Food Engineering*, 292(March 2020), 110271. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110271>
- Yildiz F.;Wiley, R. (2017). Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In *Food Engineering Series*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6_11)