



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA
CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y SU EFECTO SOBRE AGENTES
PATÓGENOS Y ENZIMAS.

RAMIREZ MALDONADO JOSE MANUEL
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA
CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y SU EFECTO SOBRE
AGENTES PATÓGENOS Y ENZIMAS.

RAMIREZ MALDONADO JOSE MANUEL
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EXAMEN COMPLEXIVO

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA CONSERVACIÓN DE
ALIMENTOS Y SU EFECTO SOBRE AGENTES PATÓGENOS Y ENZIMAS.

RAMIREZ MALDONADO JOSE MANUEL
INGENIERO EN ALIMENTOS

CARRION ESPINOSA WILSON EMMANUEL

MACHALA, 21 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
21 de septiembre de 2021

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TERMICOS EN LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y SU EFECTO SOBRE AGENTES PATÓGENOS Y ENZIMAS

por José Manuel Ramírez Maldonado

Fecha de entrega: 02-ago-2021 08:50p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1627165792

Nombre del archivo: N_DE_ALIMENTOS_Y_SU_EFECTO_SOBRE_AGENTES_PATOGENOS_Y_ENZIMAS.pdf
(568.05K)

Total de palabras: 4600

Total de caracteres: 24318

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, RAMIREZ MALDONADO JOSE MANUEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS Y SU EFECTO SOBRE AGENTES PATÓGENOS Y ENZIMAS., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de septiembre de 2021



RAMIREZ MALDONADO JOSE MANUEL
0705762730

RESUMEN

Los tratamientos térmicos son efectivos al momento de destruir a la carga microbiana y reducir la actividad de ciertas enzimas presentes en los alimentos, aplicando tratamientos que preceden de otros. Es el caso del escaldado, que es un tratamiento preliminar antes de aplicar un método más riguroso, este se da con el fin de conservar las características organolépticas propias, mantener su firmeza y prolongar la vida útil.

Es importante conocer los datos de temperatura que gobiernan el proceso de esterilización dentro de la lata ya que con estos es posible conocer la cinética de destrucción de microorganismos patógenos. *Clostridium botulinum*, es tomada como base para el proceso de esterilización de alimentos enlatados debido a que es una bacteria termo resistente, entonces si se inactiva esta bacteria podemos asegurar que los demás microorganismos patógenos y enzimas han sido inactivados.

Se determino el tiempo de reducción decimal en el escaldado a 90°C durante 3 min, el tiempo de tratamiento en esterilización fue de 4 min. El tiempo de reducción decimal para *Clostridium botulinum* a 90°C por 3 min es de 0,01, para *peroxidasa* $0,5 \times 10^3$ y para *pectinesterasa* $0,3 \times 10^6$, aplicando esterilización a 121,1°C por 4 min, para *Clostridium botulinum*, presento un numero de reducción decimal de 19,05, para *peroxidasa* $0,05 \times 10^9$ y para *pectinesterasa* $2,9 \times 10^6$.

Palabras claves: Conservación, *Clostridium botulinum*, *peroxidasa*, *pectinesterasa*, escaldado y esterilización.

ABSTRACT

Heat treatments are effective in destroying the microbial load and reducing the activity of certain enzymes present in food, applying treatments that precede others. This is the case of blanching, which is a preliminary treatment before applying a more rigorous method, this is given in order to preserve its own organoleptic characteristics, maintain its firmness and extend the useful life.

It is important to know the temperature profiles that govern the sterilization process inside the can, since with these it is possible to know the kinetics of destruction of pathogenic microorganisms. *Clostridium botulinum* is taken as the basis for the sterilization process of canned foods because it is a heat resistant bacterium, so if this bacterium is inactivated, we can ensure that the other pathogenic microorganisms and enzymes have been inactivated.

The decimal reduction time in blanching at 90 ° C for 3 min was determined, the treatment time in sterilization was 4 min. The decimal reduction time for *Clostridium botulinum* at 90 ° C for 3 min is 0.01, for *peroxidase* $0,5 \times 10^3$ and for *pectinesterase* $0,3 \times 10^6$, applying sterilization at 121.1 ° C for 4 min, for *Clostridium botulinum*, presented a decimal reduction number of 19.05, for *peroxidase* $0,05 \times 10^9$ and for *pectinesterase* $2,9 \times 10^9$.

Keywords: Conservation, *Clostridium botulinum*, *peroxidase*, *pectinesterase*, blanching and sterilization.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 OBJETIVOS	6
<i>1.1.1. Objetivo General</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2. Objetivos Específicos.....</i>	<i>6</i>
2. DESARROLLO	7
2.1. CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS	7
<i>2.1.1 Vida útil.....</i>	<i>8</i>
<i>2.1.2. Métodos de conservación de alimentos.....</i>	<i>9</i>
<i>2.1.3 Métodos físicos.....</i>	<i>12</i>
2.2 TRATAMIENTOS POR ALTAS TEMPERATURAS	13
<i>2.2.1 Escaldado.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.2. Esterilización</i>	<i>15</i>
2.3 MICRORGANISMOS PATÓGENOS.....	15
<i>2.3.1 Clostridium botulinum.....</i>	<i>16</i>
2.3.1.2. Características.....	17
2.3.1.3. Botulismo	18
2.4. ENZIMAS EN ALIMENTOS.....	18
<i>2.4.1. Peroxidasa.....</i>	<i>19</i>
<i>2.4.2. Pectinesterasa.....</i>	<i>20</i>
2.5. NÚMERO DE REDUCCIÓN DECIMAL	20
<i>2.5.1 Tiempo de reducción decimal.....</i>	<i>21</i>
<i>2.5.2. Letalidad relativa o valor F.....</i>	<i>22</i>
2.7. PLANTEAMIENTO DEL EJERCICIO A RESOLVER	23
<i>2.7.1. Discusión de Resultados.....</i>	<i>28</i>

3. CONCLUSIONES.....	29
4. BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de actividad de agua para el crecimiento de microorganismos	11
Tabla 2. Actividad de agua en diversos alimentos	11
Tabla 3. Recopilación de resultados.....	14
Tabla 4. Enfermedades transmitidas por alimentos.....	16
Tabla 5. Taxonomía.....	17
Tabla 6. Letalidad relativa para determinada población microbiana	22
Tabla 7. Resultado del número de reducciones decimales que se obtienen en el escaldado y esterilización a una temperatura y tiempo determinada.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores Intrínsecos y Extrínsecos.....	8
Figura 2. Interacción de factores Extrínsecos e intrínsecos con el desarrollo de microorganismos.	9
Figura 3. Clasificación de los Métodos de conservación más aplicados.....	10
Figura 4. Métodos físicos.....	12
Figura 5. Clostridium botulinum.....	16
Figura 6 Formas fisiopatológicas del botulismo	17
Figura 7. Unión de un sustrato con el centro activo de un enzima	19

1. INTRODUCCIÓN

A medida que ha evolucionado la industria alimentaria uno de los grandes retos ha sido la conservación de los mismos, la industria busca evitar que estos sean atacados por microorganismos y enzimas, degradándose y causando daños a la salud del consumidor, también ocasionando, pérdidas económicas para la industria (Rodríguez Saucedo et al., 2014).

Las tecnologías de conservación basados en tratamientos térmicos en muchas ocasiones inducen a la disminución de la calidad nutricional y organoléptica del alimento. Sin embargo, el consumidor exige alimentos cada vez más cerca a lo natural-fresco, además de prolongar la vida útil manteniendo las características nutricionales, organoléptica e incluso funcionales del alimento, todo esto ha llevado a perfeccionar los tratamientos térmicos existentes, ya que cuanto más intenso es el tratamiento térmico aplicado, mayores son las pérdidas (Figuroa-Sepúlveda et al., 2021).

Vinculado a lo anterior, los tratamientos térmicos tienen como fin aplicar calor a los alimentos para destruir los microorganismos ya sean patógenos alterantes o enzimas, que pueden dañar las características del alimento. Se dividen en dos grandes grupos pasteurización y esterilización esta división se da por la clasificación según la acidez del alimento (Agudelo Martínez et al., 2020; Figuroa-Sepúlveda et al., 2021) .

Destacamos en esta investigación bibliográfica a la bacteria patógena *Clostridium botulinum* que es causante del botulismo transmitido por alimentos, esta produce una toxina botulínica que es una proteína neurotóxica, afecta directamente la liberación de acetilcolina de las terminales nerviosas presinápticas en las uniones neuromusculares (Eivazzadeh et al., 2018). Es necesario resaltar la actividad enzimática negativa de la *peroxidasa* y *pectinesterasa* en jugos, zumos, pulpas y diversos productos derivados de frutas y hortalizas, están alteran las características organolépticas del producto final (Latorre et al., 2017).

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. *Objetivo General*

Determinar el número de reducción decimal que se obtienen en el escaldado y esterilización a una temperatura y tiempo determinada para la eliminación de agentes patógenos y enzimas.

1.1.2. *Objetivos Específicos*

- Describir los métodos físicos de conservación y su impacto sobre los microorganismos patógenos y enzimas.
- Evaluar el efecto de la aplicación de tiempo y temperatura sobre el *Clostridium botulinum*, *peroxidasa* y *pectinesterasa*.
- Definir al *Clostridium botulinum*, las enzimas *peroxidasa* y *pectinesterasa* analizando su impacto en la inocuidad de los alimentos.

2. DESARROLLO

2.1. Conservación de Alimentos

Es la aplicación de métodos para alargar la vida útil de un producto alimenticio sin procesar-fresco, mínimamente procesado y procesado, evitando el crecimiento y desarrollo de microorganismos como levaduras, bacterias, mohos e inhibir la acción de diversas enzimas, con el fin de evitar el daño de las características organolépticas (color) (Latorre et al., 2013; Par Gramajo, 2017).

Para la conservación de los alimentos suele ser indispensable aplicar más de un método de conservación. La putrefacción de los productos alimenticios en fresco está acompañada de una sucesión de transformaciones físico-químicas, bioquímicas y microbiológicas, tales como: cambios de color, aroma y sabor; transformaciones de azúcares, fermentaciones, desarrollo de mohos y otras (Yong et al., 2017).

El objetivo principal de la conservación de alimentos es evitar la contaminación del alimento y que este prolongue su vida útil para esto es importante aplicar los siguientes aspectos, basándose en la resolución (Agencia Nacional de Regulación Control y Vigilancia Sanitaria 067, 2015):

Asepsia: optimizar la higiene en las manipulaciones del personal, de los utensilios, de los recipientes y de las instalaciones en que se trabaja con los alimentos.

Tratamiento: aplicar el sistema de conservación más idóneo para cada tipo de alteración y teniendo en cuenta el tipo de alimento al que se aplica.

Acondicionamiento: proteger el alimento con envasado o medios adecuados para prolongar el tratamiento y alargar así la vida del producto.

2.1.1 Vida útil

La vida útil de un alimento se define como el periodo de tiempo en donde el alimento va a conservar todas sus características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas, así también sus propiedades funcionales y nutricionales (Carrillo & Reyes, 2014).

2.1.1.1. Factores que afectan la vida útil de un alimento -. De La Fuente et al., (2017), afirma que existen diversos factores que influyen en la reducción de la vida útil. Estos factores se dividen en:

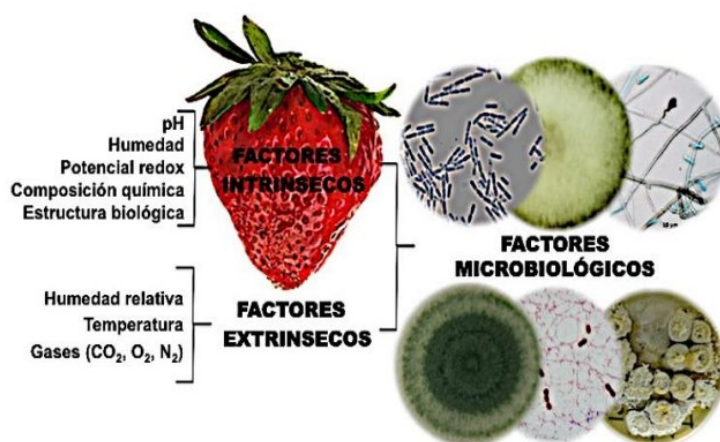
Figura 1. Factores Intrínsecos y Extrínsecos.

Intrínsecos Son aquellos que corresponde a la formulación.	-Composición química. - Actividad de agua. - Acidez -pH -Potencial Redox - Oxígeno disponible
Extrínsecos Son aquellos que están presentes en los procesos.	- Exposición a la Luz - Temperatura - Humedad relativa - Daños en el envase - Interrupciones en la cadena de Frío

FUENTE: (De La Fuente et al., 2017)

En la siguiente imagen se puede observar cómo interactúan los factores extrínsecos e intrínsecos, siendo estos los que determinarán el desarrollo microbiológico causantes del deterioro. Estos en condiciones controladas y aplicando métodos de conservación adecuados podría prolongar la vida útil.

Figura 2. Interacción de factores Extrínsecos e intrínsecos con el desarrollo de microorganismos.



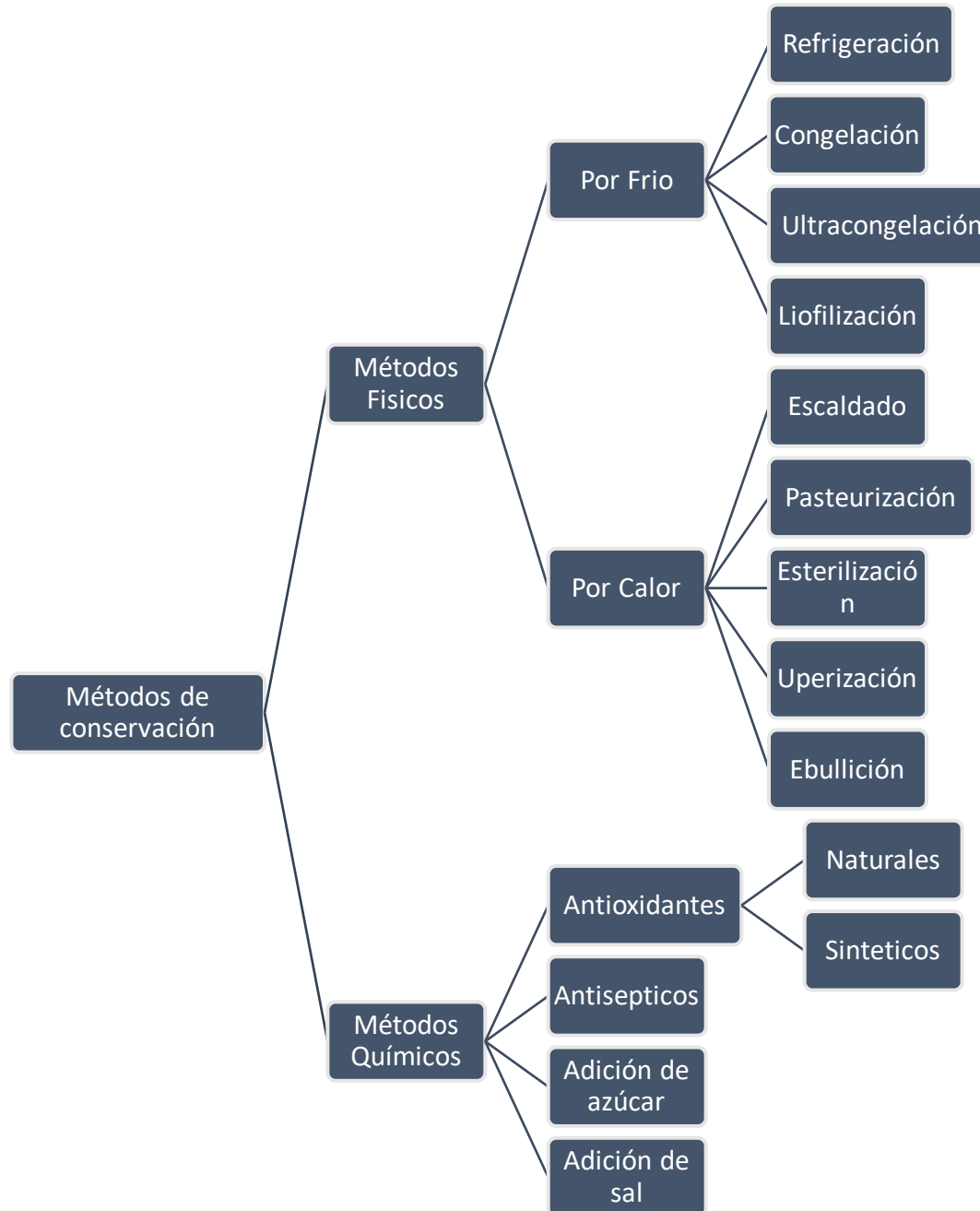
FUENTE: (De La Fuente et al., 2017)

2.1.2. Métodos de conservación de alimentos

Desde hace muchos años atrás hasta la actualidad se han aplicado métodos para la conservación de alimentos, que retarden el desarrollo de microorganismo e inactiven enzimas. Existen diferentes métodos de conservación, métodos físicos, variando la temperatura y el contenido de agua, métodos químicos, a través de la aplicación de aditivos que pueden o no cambiar las características organolépticas.

Los métodos por frío más aplicados son refrigeración y congelación. Métodos de conservación por calor, tales como pasteurización, esterilización comercial y secado. Existen otras formas de conservar los alimentos incluyen agregarles ingredientes para su conservación procesarlos y por medio de fermentación. En esta revisión bibliográfica podremos más énfasis en los métodos físicos aplicando altas temperaturas (Clayton et al., 2010).

Figura 3. Clasificación de los Métodos de conservación más aplicados



FUENTE: (J. Aguilar, 2012)

Por otro lado, Los factores intrínsecos más importantes en la composición química del alimento a conservar en la actividad de agua y la acidez. La (a_w) se refiere a la cantidad de agua libre que se encuentra en los alimentos, en otras palabras, es el agua disponible para que los microorganismos se desarrollen en condiciones idóneas. A continuación, podemos observar la a_w de algunos microorganismos y la a_w de ciertos alimentos (Clayton et al., 2010).

Tabla 1. Nivel de actividad de agua para el crecimiento de microorganismos

a_w	Microorganismos que se desarrollan en este nivel de actividad de agua
0.95	<i>Salmonella</i> spp., <i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus cereus</i> , algunas levaduras.
0.90	<i>Clostridium botulinum</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Clostridium perfringens</i>
0.87	Levaduras, <i>Staphylococcus aureus</i>
0.80	Mohos, <i>Saccharomyces</i> spp.
0.60	Algunas levaduras y Mohos

FUENTE: (Clayton et al., 2010)

Tabla 2. Actividad de agua en diversos alimentos

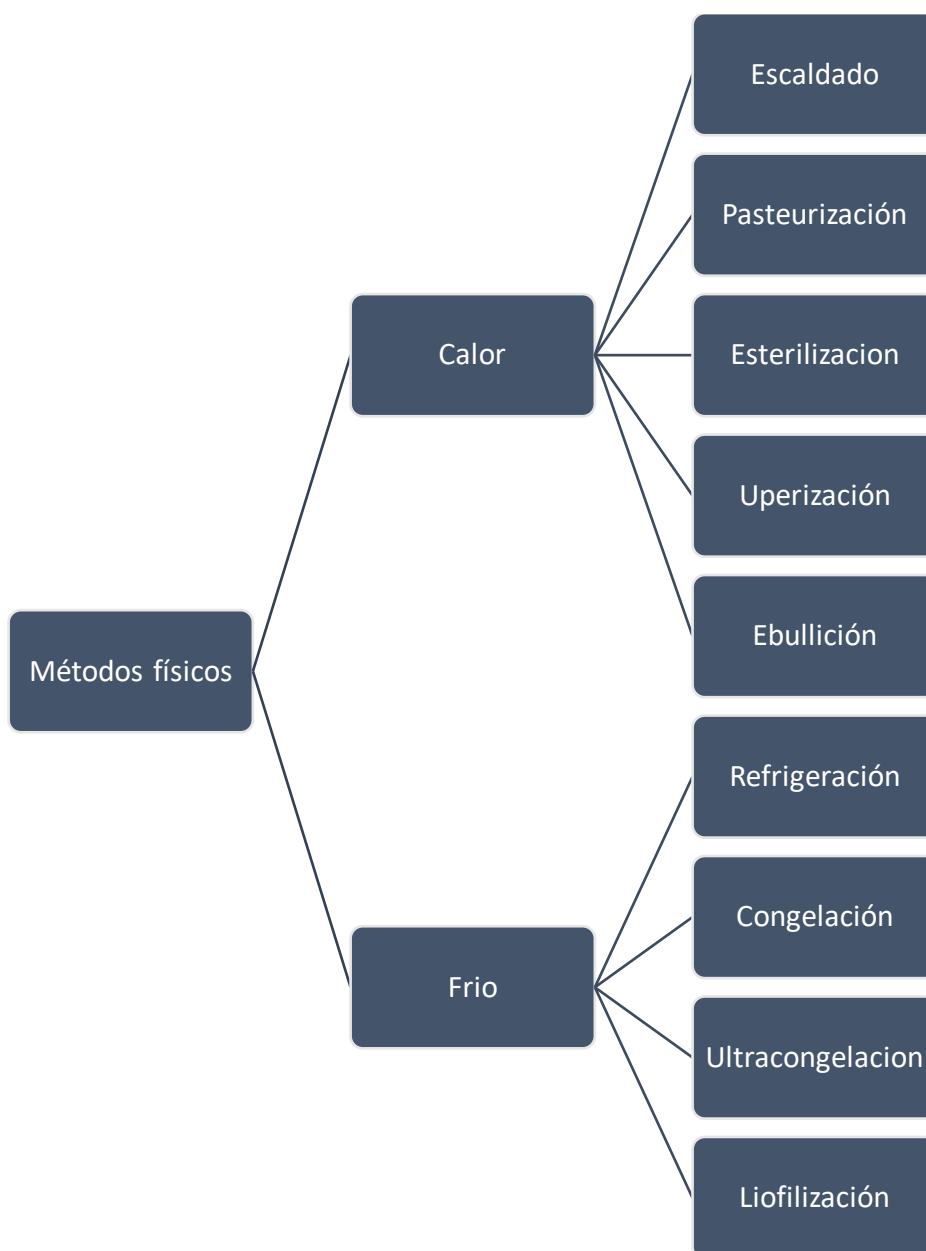
a_w Rango	Alimentos
0.95-0.99	Carne fresca, pescado
0.90-0.95	Pan
0.85-0.95	Queso
0.80-0.91	Mermeladas
0.75-0.90	Miel, jarabes
0.60-0.90	Pasteles y masas
0.60-0.75	Frutas secas
0.20-0.35	Galletas saladas

FUENTE: (Clayton et al., 2010)

2.1.3 Métodos físicos

Como se mencionó anteriormente se conoce dos tipos de métodos físicos, aplicando calor y frío. Los tratamientos aplicados tradicionalmente para la conservación de alimentos varían según el microorganismo y sus esporas a destruir, tales como levadura, bacterias o mohos.

Figura 4. Métodos físicos



FUENTE: (J. Aguilar, 2012)

2.2 Tratamientos por altas temperaturas

2.2.1 Escaldado

El escaldado es un método por calor, aplicado en frutar y verduras para inactivar la actividad enzimática. No solo contribuye a la inactivación de enzimas como *polifenol oxidasa* (PPO), *peroxidasa* (POD), sino que también afecta positivamente otros atributos de calidad de los productos. Es un método previo, a la esterilización, pasteurización, refrigeración-congelación entre otros, aplicado para asegurar la calidad del alimento ya que también elimina residuos de plaguicidas, a más de disminuir la carga microbiana (Xiao et al., 2017).

Los productos enlatados, congelados entre otros, que han pasado por un proceso de escaldado previo, tienen mejores resultados en cuanto a calidad, inocuidad, características sensoriales y vida útil. Según Aguilar et al. (1999) al aplicar un escaldado a bajas temperaturas por tiempos largos (TB-TL), se obtienen mejores resultados en cuanto a firmeza en el producto terminado, ya que se ha comprobado que las altas temperaturas ablandan las membranas celulares de frutas y hortalizas, debido principalmente a gelatinización de almidones y solubilización de sustancias pépticas (Mendoza & Herrera, 2012).

Se da el caso reportado por Taherian & Ramaswamy (2009) que evaluó consideraciones cinéticas del ablandamiento de hortalizas y raíces, presentando el caso1 (tallo de nabo) y caso2 (remolacha), “*donde la tasa de ablandamiento del nabo fue 15 veces más rápida en relación a la remolacha*”, sin embargo los trozos de nabo presentaron una mayor energía de activación (141-167 kJ / mol), la raíz de remolacha presentó menor energía de activación (82-92 kJ / mol), estos resultados son esenciales al momento de aplicar el método de conservación consecutiva.

Ahora bien, para predecir un rango de temperatura y tiempo para el escaldado de un producto en específico es necesario plantearse un modelo matemático. A continuación, observamos resultados reportados por distintos autores, sin embargo, coinciden en la temperatura y tiempo de escaldado, cabe recalcar que a estas temperaturas se inhibe la presencia de microorganismos y enzimas, causantes de daño en productos hortofrutícolas

Tabla 3. Recopilación de resultados

Investigación	Resultado	Autor
Efecto del escaldado y la temperatura sobre el color y textura de rodajas de yuca...	80°C por 4min	(Ortega & Montes, 2015)
Modelado Matemático de la Transferencia de Calor del Proceso de Escaldado de Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	85°C por 10min	(Ortega et al., 2017)
Efecto del escaldado..., en papa criolla	80°C por 5min	(Acevedo et al., 2012)
Efecto del tratamiento de escaldado sobre la actividad enzimática de la <i>polifenoloxidas</i> a en dos variedades de batata (<i>Ipomoea batatas</i> Lam.)	85°C por 3 min	(Arrazola et al., 2016)
Optimización del proceso de escaldado y deshidratación osmo-convectiva de banano (<i>Musa paradisiaca</i> , Var. Cavendish)	95 ± 3°C por 3.59 min	(Sanchez Ampudia, 2017)
Cinética de Inactivación de la Enzima <i>Peroxidas</i> a, Color y Textura en Papa Criolla (<i>Solanum tuberosum</i> Grupo phureja)	80 – 90°C por 4 min	(Mendoza & Herrera, 2012)

2.2.2. Esterilización

La esterilización es un tratamiento térmico severo, conocido también como esterilización comercial, es un método físico aplicado tradicionalmente a alimentos envasados, son sometidos a temperaturas relativamente altas con el fin de eliminar la carga microbiana. Sin embargo, como todo proceso térmico hay la posibilidad de que se pierdan sus propiedades nutricionales, funcionales, organolépticas, entre otras (J. Aguilar, 2012).

El envase juega un papel muy importante al momento de conservar un alimento ya que este es el que garantiza la calidad y vida útil del producto. El método más usado para la esterilización es el calor húmedo o vapor de agua, gracias a su gran capacidad de transferir calor (J. Alvarado et al., 2005).

Según Ciro et al. (2009) Normalmente se suelen aplicar temperaturas alrededor de 116°C por 40min, 121°C por 15 min, esto dependerá del grosor de la lata. Se conoce 3 etapas para la esterilización en autoclave:

1. Calentamiento: La temperatura del producto asciende desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de esterilización requerida.
2. Temperatura constante: la temperatura se mantiene durante un tiempo definido.
3. Enfriamiento: la temperatura en el envase desciende.

“A nivel de ingeniería la esterilización puede considerarse como un proceso térmico en el cual interviene un medio calefactor y un medio a calentar” (Ciro et al., 2009).

2.3 Microorganismos patógenos

Se define como microorganismos patógenos a un agente infeccioso que puede causar daños al huésped. Las toxinas producidas por estos tipos de microorganismos son las causantes

de las muy conocidas ETA (Enfermedades Transmitidas por Alimentos) este es un síndrome que constituye un grave malestar en la salud del que las ingiere ya sea por medio de alimento o agua contaminada. Constituida por un sinnúmero de síntomas, entre ellos malestares gastrointestinales, vomito, diarrea, etc. (Soto et al., 2017). En términos generales, estos microorganismos son causantes de diversas enfermedades a continuación podremos observar las enfermedades más frecuentes causadas por microorganismos.

Tabla 4. *Enfermedades transmitidas por alimentos*

Enfermedad	Microorganismo	Fuente de infección
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Leche cruda y lácteos contaminados
Salmonelosis	<i>Salmonella spp.</i>	Agua, ensaladas y vegetales crudos.
Colitis hemorrágica	<i>Escherichia coli</i>	Carnes poco cocidas y leche cruda
Botulismo	<i>Clostridium botulinum</i>	Productos enlatados
Sífilis	<i>Treponema pallidum</i>	Transmisión sexual
Neumonía	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Por aire y secreciones como la saliva
Gastroenteritis	<i>Bacillus cereus</i>	Arroz y productos de cereales

FUENTE: (Montaño Arias et al., 2010)

2.3.1 *Clostridium botulinum*

“*Bacilo gran positivo anaeróbico estricto, formador de esporas que habita en suelos vírgenes y cultivados de todos los continentes, así como en sedimentos marinos y lacustres*” (Saracco & Fernández, 2016). Productor de la toxina botulínica (BoNT) es la neurotoxina más venenosa producida por la bacteria.

Figura 5. *Clostridium botulinum*



FUENTE: Centers for Disease Control (1998).

Figura 6 Formas fisiopatológicas del botulismo

Intoxicación Toxina preformada	Alimentaria (por ingestión de la toxina producida en el alimento)
	Uso de la toxina con fines terapéuticos)
	Por mala manipulación de alimentos.
	Usada como arma química.
Toxiinfección colonización de la bacteria	Toxemia intestinal en el lactante.
	Toxemia intestinal del adulto.
	En heridas.

FUENTE: (Saracco & Fernández, 2016)

Tabla 5. Taxonomía

Dominio:	Bacteria
Filo:	Firmicutes
Clase:	Clostridia
Orden:	Clostridiales
Familia:	Clostridiaceae
Género:	Clostridium
Especie:	<i>Botulinum</i>

FUENTE: (Erbguth, 2004)

2.3.1.2. Características

Son anaerobios mesófilos, pH óptimo 6,6 a 7,2 El bacilo botulínico desarrolla y produce su toxina en alimentos acuosos, bajo condiciones de anaerobiosis, con un pH mayor de 4,5 y una temperatura superior a los 10°C (tipo A y B) (Martins et al., 2019).

2.3.1.3. Botulismo

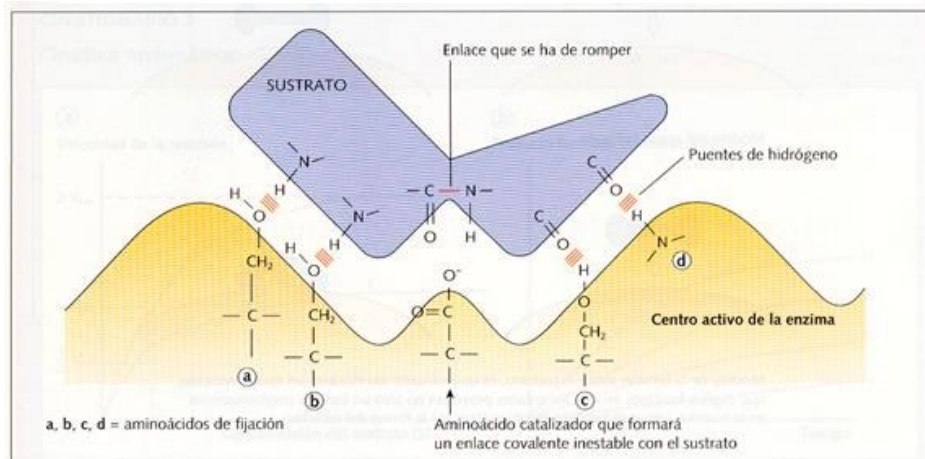
El botulismo es una enfermedad neuroparalítica que puede aparecer en cualquier alimento ya sea de origen animal o vegetal, siendo las conservas en donde se encuentran. Las latas de conserva deformadas que sueltan gas al abrirse es más que probable que estén contaminadas por *C botulinum*, aunque esto no es un factor determinante. “*La dosis letal (DL50) de la toxina cristalina tipo A para el ratón es de 30 microgramos (aproximadamente unas 3.000.000 de moléculas), y la dosis letal para el hombre, por vía oral, es del orden de 0,1 a 1,0 microgramo*” (Oh et al., 2020).

Producen esporas que solo se destruye a 121 °C durante 15 minutos. Producen la toxina botulínica, responsable del botulismo, esta es absorbida por el estómago y el tracto intestinal, en 12 a 24 horas afecta al sistema nervioso (Piqueras Martinho, 2016).

2.4. Enzimas en alimentos

“*Las enzimas son catalizadores biológicos, de naturaleza proteica, altamente específicos. Su origen biológico es responsable de algunas de sus ventajas, desventajas y limitaciones*”(Avilés et al., 2018). Son macromoléculas complejas, actúan sobre sustancias determinadas, conocidas como sustratos, conformadas por una o varias subunidades; consta de un sitio llamado activo que les facilita, al unirse con la sustancia reactivo, catalizar una reacción química.

Figura 7. Unión de un sustrato con el centro activo de un enzima



FUENTE: (Federico & Lorenzano, 2009)

2.4.1. Peroxidasa

“Las peroxidasas son enzimas que catalizan la oxido-reducción de H_2O_2 y una gran variedad de donadores de hidrógeno” (Pérez et al., 2008). Es relativamente resistente a altas temperaturas y su actividad puede medirse fácilmente con simples reacciones cromogénicas, es empleada como una enzima modelo en el estudio de estructura de proteínas.

En su sentido más amplio, el término “peroxidasa” incluye a enzimas como las NAD- y las NADP-peroxidasas, las ácido graso-peroxidasas, las citocromo-peroxidasas, las glutatión-peroxidasas y muchas otras enzimas no específicas.

El polimorfismo de las peroxidasas se clasifica en tres tipos: Tipo I, Tipo II y Tipo III, carecen de péptidos señal, presentan secuencias en el extremo N-terminal que codifican un péptido señal, están selladas por una gran familia multigénica, respectivamente. Matos-Trujillo et al. (2017); concluye que la actividad peroxidasa está involucrada en los procesos de defensa de la caña de azúcar contra la bacteria *X. albilineans*; de ahí que se pueda utilizar, por su importancia, en la identificación de genotipos resistentes a este patógeno, en el marco de los programas de mejoramiento de esta planta, con vistas a garantizar la obtención de biomasa de

mayor calidad, sin embargo esta enzima ocasiona resultados desfavorables en productos hortofrutícolas debido a la oxidación que da origen al pardeamiento enzimático.

2.4.2. Pectinesterasa

Pectinesterasa (PE) es una enzima que al hidrolizar enlaces éster metílico de los grupos carboxilo esterificados, libera metanol (erróneamente asociado con la fermentación del fruto), y transforma la pectina en pectina de bajo metoxilo, e incluso ácido poligalacturónico, se encuentra ampliamente distribuida en plantas y microorganismos (Nieto & Sánchez, 2011).

“Las enzimas pécticas responsables de la alteración fisiológica del tejido celular vegetal, que trae como consecuencia ablandamiento del fruto y pérdida de características fisicoquímicas, sensoriales, son pectinesterasa (PE) E.C. 3.1.1.11, poligalacturonasa (PG) E.C. 3.2.1.67 y pectato liasa (PL) E.C. 4.2.2.2” (Díaz-Sánchez et al., 2019).

Estas son responsables del ablandamiento, maduración y putrefacción de frutas y verduras, sin embargo se suele aplicar en la elaboración de jugos, como clarificante, este concentrado enzimático de papaya resultó ser mejor agente clarificante respecto al de guayaba, observándose un mejoramiento en la apariencia y disminución en la turbidez, así lo afirmó Martínez et al. (2017).

2.5. Número de reducción decimal

Para describir la cinética de activación de cierto microorganismo es necesario conocer el tiempo de reducción decimal (D) y el valor Z, estos son requeridos para determinar la letalidad de los procesos térmicos con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Mencionados valores, D y Z, dependen del microorganismo y de la matriz del alimento, como también, de los parámetros de los procesos térmicos aplicados (Guerberoff et al., 2021).

Para calcular el número de reducción decimal se utiliza la siguiente ecuación 1 (Ec.1):

$$n = \frac{t}{D} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

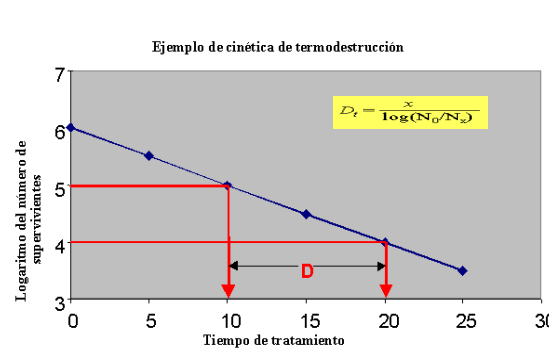
t → Tiempo de aplicación del tratamiento letal (escaldado o esterilización).

D → Valor D o Tiempo de reducción decimal (minutos).

2.5.1 Tiempo de reducción decimal

El tiempo de reducción decimal (D) es el tiempo de procesamiento aplicado a una población microbiana a temperatura constante, requerido para inactivar el 90% de la población con cinética de muerte de primer orden. Para *Clostridium botulinum* $D = 0,21$ min a 121.1 °C (Alvarado et al., 2009, citado por López Mata et al., 2016)

Figura 8. Cinética de termodestrucción



Fuente: (Cerón et al., 2016)

Para calcular el tiempo de reducción decimal se utiliza la siguiente ecuación 2 (Ec.2):

$$D_T = D_0 \times 10^{\frac{-(T_0 - T_1)}{z}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

D_0 → Valor D o Tiempo de reducción decimal (minutos).

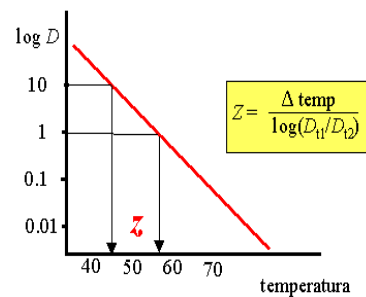
T_0 → Temperatura inicial del tratamiento en °C.

T_1 → Temperatura final del tratamiento en °C.

z → Valor z o aumento de temperatura requerido para reducir el período de calentamiento en un 90 %.

El valor-Z es el cambio de temperatura que se requiere para modificar el valor D por un factor de 10.

Figura 9. Grafica de valor Z



Fuente: (Cerón et al., 2016)

2.5.2. Letalidad relativa o valor F

Es el tiempo que se requiere para causar una reducción específica de una población de microorganismos a una temperatura dada (min) o como múltiplo del valor D. Este tiempo se puede expresar en minutos o como un múltiplo del valor D. Por ejemplo:

Tabla 6. Letalidad relativa para determinada población microbiana

Para una reducción en la población microbiana de igual a	El valor F será
90 %	D
99 %	2D
99.9 %	3D
99.99 %	4D

Fuente: (Guerberoff et al., 2021)

$$F = t \times 10^{(T-121,1)/z} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

F → Valor F o Letalidad relativa.

t → Tiempo de aplicación del tratamiento letal.

T → Temperatura en °C.

z → Valor z o aumento de temperatura requerido para reducir el período de calentamiento en un 90 %.

Es el efecto letal de un minuto de calentamiento a la temperatura de 121 °C. La letalidad relativa puede ser expresada en términos de valores F basados en la relación de la ecuación 3 (Ec.3) expresados anteriormente.

2.7. Planteamiento del ejercicio a resolver

El escaldado y la esterilización son dos tratamientos térmicos que, aunque pretenden objetivos distintos, tienen en común su capacidad de destrucción de microorganismos y enzimas.

Calcula el número de reducciones decimales que se obtienen con un escaldado de 3 min a 90°C y con una esterilización hasta $F_0 = 4$, para *Clostridium botulinum*, *peroxidasa* y *pectinesterasa*, sabiendo que:

- *Clostridium botulinum*: $D_{121,1} = 0,21$ min
- *Peroxidasa*: $D_{82} = 8 \cdot 10^{-3}$ min; $z = 7,8^\circ\text{C}$.
- *Pectinesterasa*: $D_{96} = 1,5 \cdot 10^{-6}$ min; $z = 7,8^\circ\text{C}$

Solución:

1. Tiempo de tratamiento en esterilización:

$$F = t \times 10^{(T-121)/z} \quad (\text{Ec. 3})$$

Datos:

$$F = ?$$

$$t = 4 \text{ min}$$

$$T = 121,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$z = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$F = 4 \text{ min} \times 10^{(121,1-121)/10}$$

$$F = 4 \times 1 = 4 \text{ min}$$

1. Cálculo del valor de la reducción decimal a 90 °C y a 121,1°C:

a) Clostridium botulinum

Datos:

$$D_{121,1} = 0,21 \text{ min}$$

$$T_0 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 121,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$z = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_T = D_0 \times 10^{\frac{-(T_0-T_1)}{z}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$D_{90} = D_{121,1} \times 10^{\frac{-(90-121,1)}{10^\circ\text{C}}}$$

$$D_{90} = 0,21 \text{ min} \times 10^{\frac{(31,1)}{10^\circ\text{C}}}$$

$$D_{90} = 0,21 \text{ min} \times 10^{3,11}$$

$$D_{90} = 270,53 \text{ min}$$

b) Peroxidasa

Datos:

$$D_{82} = 8 \times 10^{-3} \text{ min}$$

$$T_0 = 82 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$z = 7,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_T = D_0 \times 10^{\frac{(T_0 - T_1)}{z}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$D_{90} = D_{82} \times 10^{\frac{(82 - 90^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{90} = (8 \times 10^{-3} \text{ min}) \times 10^{\frac{(-8^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{90} = (8 \times 10^{-3} \text{ min}) \times 10^{-1,03}$$

$$D_{90} = 5,9 \times 10^{-3} \text{ min}$$

Datos:

$$D_{82} = 8 \times 10^{-3} \text{ min}$$

$$T_0 = 82 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 121,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$z = 7,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_{121,1} = D_{82} \times 10^{\frac{(82 - 121,1^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{121,1} = (8 \times 10^{-3} \text{ min}) \times 10^{\frac{(-39,1^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{121,1} = (8 \times 10^{-3} \text{ min}) \times 10^{-5,01}$$

$$D_{121,1} = 7,8 \times 10^{-8} \text{ min}$$

c) Pectinesterasa

Datos:

$$D_{96} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ min}$$

$$T_0 = 96 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$z = 7,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_T = D_0 \times 10^{\frac{-(T_0 - T_1)}{z}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$D_{90} = D_{96} \times 10^{\frac{-(96 - 90^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{90} = (1,5 \times 10^{-6} \text{ min}) \times 10^{\frac{(6^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{90} = (1,5 \times 10^{-6} \text{ min}) \times 10^{0,77}$$

$$D_{90} = 8,83 \times 10^{-6} \text{ min}$$

Datos:

$$D_{96} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ min}$$

$$T_0 = 96 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 121,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$z = 7,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_{121,1} = D_{96} \times 10^{\frac{(96 - 121,1^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{121,1} = (1,5 \times 10^{-6} \text{ min}) \times 10^{\frac{(-25,1^\circ\text{C})}{7,8^\circ\text{C}}}$$

$$D_{121,1} = (1,5 \times 10^{-6} \text{ min}) \times 10^{-3,022}$$

$$D_{121,1} = 1,4 \times 10^{-9} \text{ min}$$

2. Numero de reducciones decimales:

a) Escaldado a 90 °C por 3 minutos.

$$n = \frac{t}{D} \quad (\text{Ec. 1})$$

➤ *Clostridium botulinum*

$$n = \frac{t_{90}}{D_{90}} = \frac{3 \text{ min}}{270,53 \text{ min}} = \mathbf{0,01}$$

➤ *Peroxidasa*

$$n = \frac{t_{90}}{D_{90}} = \frac{3 \text{ min}}{5,9 \times 10^{-3} \text{ min}} = \mathbf{0,5 \times 10^3}$$

➤ *Pectinesterasa*

$$n = \frac{t_{90}}{D_{90}} = \frac{3 \text{ min}}{8,83 \times 10^{-6} \text{ min}} = \mathbf{0,3 \times 10^6}$$

b) Esterilización a 121,1 °C por 4 min.

➤ *Clostridium botulinum*

$$n = \frac{t_{121,1}}{D_{121,1}} = \frac{4 \text{ min}}{0,21 \text{ min}} = \mathbf{19,05}$$

➤ *Peroxidasa*

$$n = \frac{t_{121,1}}{D_{121,1}} = \frac{4 \text{ min}}{7,8 \times 10^{-8} \text{ min}} = \mathbf{0,05 \times 10^9}$$

➤ *Pectinesterasa*

$$n = \frac{t_{121,1}}{D_{121,1}} = \frac{4 \text{ min}}{1,4 \times 10^{-9} \text{ min}} = \mathbf{2,9 \times 10^9}$$

2.7.1. *Discusión de Resultados*

A continuación (tabla 7) se muestran los resultados del cálculo de número de reducción decimal obteniendo como resultado que el escaldado no tiene ningún efecto apreciable contra *Clostridium botulinum*, sin embargo, se logra inactivar en su totalidad la actividad de las enzimas (*Peroxidasa* y *Pectinesterasa*). Por otro lado, la esterilización produce una reducción suficiente de en cuanto a *Clostridium botulinum* y lógicamente destruye también en su totalidad a las enzimas.

Tabla 7. Resultado del número de reducciones decimales que se obtienen en el escaldado y esterilización a una temperatura y tiempo determinada.

Microorganismo y enzimas	Número de reducciones decimales	
	Escaldado (90 °C por 3 min.)	Esterilización (121,1 °C por 4 min)
<i>Clostridium botulinum</i>	0,01	19,05
<i>Peroxidasa</i>	$0,5 \times 10^3$	$0,05 \times 10^9$
<i>Pectinesterasa</i>	$0,3 \times 10^6$	$2,9 \times 10^9$

3. CONCLUSIONES

Los métodos físicos por calor más aplicados en la destrucción de microorganismos patógenos como el *Clostridium botulinum*, es la esterilización aplicando temperaturas mayores a los 120° alrededor de 15 minutos, por otro lado, el método aplicado para la inactivación de enzimas en este caso *peroxidasa* y *pectinesterasa* es el escaldado por inmersión a temperaturas mayores a 60°C por 20 segundos.

El *Clostridium botulinum*, al ser un microorganismo patógeno productor de esporas puede causar muchos daños a la salud del consumidor debido a la toxina que produce, además las enzimas *peroxidasa* y *pectinesterasa* son las causantes de la oxidación enzimática en frutas y hortalizas, por ello es indispensable eliminarlas mediante tratamientos térmicos.

Se logró determinar el número de reducción decimal para los dos tratamientos térmicos aplicados, el escaldado a 90 °C por 3 min fue de 0,01 para *Clostridium botulinum*, *peroxidasa* $0,5 \times 10^3$, y *pectinesterasa* $0,3 \times 10^6$. Al aplicar el método de esterilización se evidencio claramente como la exposición a altas temperaturas destruyen las esporas de la toxina botulínica.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, D., Guzmán, L., & Granados Conde, C. (2012). Efecto del escaldado, deshidratación osmótica y recubrimiento en la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de papa criolla fritas. *Efecto Del Escaldado, Deshidratación Osmótica y Recubrimiento En La Pérdida de Humedad y Ganancia de Aceite En Trozos de Papa Criolla Fritas*, 10(2), 170–176.
- Agencia Nacional de Regulación Control y Vigilancia Sanitaria 067. (2015). RESOLUCIÓN ARCSA-DE-067-2015-GGG. MSP - ARCSA, 1993, 24. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/377/4/Muñoz_Zapata_Adriana_Patricia_Artículo_2011.pdf
- Agudelo, P., Luna, J., & Quintero, V. (2020). Formulación y evaluación fisicoquímica de jugo de mora (*Rubus glaucus* Benth) enriquecido con calcio y vitamina C. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), 56–63. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1411>
- Aguilar, C. N., De, M., Reyes, L., & De, H. (1999). Aspectos bioquímicos de la relación entre el escaldado TB-TL y la textura de vegetales procesados. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 43(2), 54–62.
- Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*.
- Alvarado, J., Martínez, G., Botello, J., Navarrete, J., & Jiménez, H. (2005). Latafimp : Simulador De La Dinámica De La Esterilización De Alimentos. *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*, 1.
- Alvarado, Juan, Martínez, G., Navarrete, J., Botello, E., Calderón, M., & Jiménez, H. (2009).

Fenomenología de la esterilización de alimentos líquidos enlatados. *Revista Facultad de Ingeniería*, 50, 87–98.

Arrazola, G., Alvis-Bermúdez, A., & García-Mogollon, C. (2016). Efecto del tratamiento de escaldado sobre la actividad enzimática de la polifenoloxidasa en dos variedades de batata (*Ipomoea batatas* Lam.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 80–88.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.5125>

Aviles, H., Jesús, J., Adame, D., Neria, C., Alexander, C., & Constantino, L. (2018). Inmovilización de enzimas. *Boletín Científico Del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería*, 10(10), 7–8.

Carrillo, M. L., & Reyes, A. (2014). Vida útil de los alimentos / Lifetime food. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3), 32.
<https://doi.org/10.23913/ciba.v2i3.20>

Ciro, H. J., González, C., & García, E. (2009). Modelación numérica de procesos de esterilización térmica de alimentos usando volúmenes de control: Aproximación cilíndrica. *DYNA (Colombia)*, 76(159), 115–124.

Clayton, K., Bush, D., & Keener, K. (2010). Emprendimientos alimentarios - Métodos para la conservación de alimentos. *Purdue Extensión*, 1–6.
<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FS/FS-15-S-W.pdf>

De La Fuente, N. M., López, A. N., Castañeda, J. C., & López, D. (2017). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias Desafíos y perspectivas de cubiertas comestibles para frutas y hortalizas. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4(11), 22–32.

Díaz-Sánchez, Á. G., Terrazas-López, M., Aguirre-Reyes, L. G., Lobo-Galo, N., Álvarez-

- Parrilla, E., & Martínez-Martínez, A. (2019). Aspectos estructurales y funcionales de la N-Succinil-L, L-diaminopimelato desuccinilasa, una enzima clave para el crecimiento bacteriano y un blanco para el control antimicrobiano. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 22, 1–16. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.191>
- Eivazzadeh, R., Pashazadeh, P., Baradaran, B., Guardia, M. de la, Hejazi, M., Sohrabi, H., Mokhtarzadeh, A., & Maleki, A. (2018). Recent progress in optical and electrochemical biosensors for sensing of Clostridium botulinum neurotoxin. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 103, 184–197. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.03.019>
- Erbguth, F. J. (2004). Historical notes on botulism, Clostridium botulinum, botulinum toxin, and the idea of the therapeutic use of the toxin. *Movement Disorders*, 19(SUPPL. 8), 2–6. <https://doi.org/10.1002/mds.20003>
- Federico, L., & Lorenzano, P. (2009). *Un Análisis Epistemológico Del Segundo Secreto De La Vida : La Rama Alostérica De La Red De La Teoría Enzimática - Pdf*. 330–339. <https://docplayer.es/52138481-Un-analisis-epistemologico-del-segundo-secreto-de-la-vida-la-rama-alosterica-de-la-red-de-la-teoria-enzimatica.html>
- Figuroa, K., Castillo, N., & Martínez, J. (2021). Aplicación de altas presiones y otras tecnologías en frutas como alternativa de tratamientos térmicos convencionales * Application of high pressures and other technologies in fruits as alternative of conventional thermal treatments. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 19(2), 271–285. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1363>
- Guerberoff, G. K., Reinante, R., Grosso, N., & Olmedo, R. (2021). THE ROLE OF SALMONELLA LETHALITY PARAMETERS IN THERMAL PROCESSES: THE.

Nexo Agropecuario, 9, 76–80.

- Latorre, L. I., Pantoja, A. L., Mejía, D. F., Osorio, O., & Hurtado, A. M. (2013). Evaluation of thermal treatments for inactivation of enzymes in fique juice (*furcraea gigantea* vent.). *Biotechnologia En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 113–122.
- López Mata, F., Valencia López, J., & Medina Torres, L. (2016). Modelado de la transferencia de calor en el tratamiento térmico de productos enlatados. *Informacion Tecnologica*, 27(6), 85–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600009>
- Martinez, K., Escobar, J., & Alvarado, C. (2017). Preparación de un jugo clarificado de frutas utilizando un concentrado enzimático de guayaba y papaya. *Ingenieria y Sociedad*, 12(1).
- Martins, B., Carraro, D., Souza, C., Duarte, M., Ribeiro, S., & Gomes, V. (2019). Tipos De Botulismo : Uma Revisão Bibliográfica Types of Botulism : a Bibliographic Review. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR*, 26, 43–48.
- Matos-Trujillo, M., Díaz-Solares, M., Samaniego-Fernández, L. M., Cortegaza-Ávila, L., Pérez-Milian, J. R., Pellón-Guzmán, Y., Rufin-Hernández, Y., & Pérez-Pérez, J. (2017). Expression of the peroxidase enzyme in hybrid *Saccharum* sp. plants inoculated with *Xanthomonas albilineans* Ashby (Dowson). *Pastos y Forrajes*, 40(3), 181–186.
- Mendoza, R., & Herrera, A. O. (2012). Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo phureja) sometida a tres Condiciones de Escaldado. *Informacion Tecnologica*, 23(4), 73–82. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000400009>
- Montaño Arias, N. M., Sandoval Pérez, A. L., Camargo Ricalde, S. L., & Sánchez Yáñez, J. M. (2010). Los microorganismos : pequeños gigantes. *Revista Ciencia y Cultura Elementos*,

77(0187–9073), 15–23. <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>

Nieto, J. M. R., & Sánchez, L. P. R. (2011). Extracción de enzimas pécticas del epicarpio de lulo (*Solanum quitoense* Lam) Involucradas en el Proceso de Ablandamiento. *Acta Biologica Colombiana*, *16*(2), 193–204.

Oh, I. H., Park, D. Y., Cha, J. M., Shin, W. R., Kim, J. H., Kim, S. C., Cho, B. K., Ahn, J. Y., & Kim, Y. H. (2020). Docking Simulation and Sandwich Assay for Aptamer-Based Botulinum Neurotoxin Type C Detection. *Biosensors*, *10*(8). <https://doi.org/10.3390/bios10080098>

Ortega, F., & Montes, E. (2015). Efecto del escaldado y la temperatura sobre el color y textura de rodajas de yuca en freído por inmersión. *Revista ION*, *28*(1), 19–28.

Ortega, F., Pérez, O. A., Tarrá, L. L., & López, E. A. (2017). Modelado Matemático de la Transferencia de Calor del Proceso de Escaldado de Zanahoria (*Daucus carota* L.). *Información Tecnológica*, *28*(6), 3–10. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642017000600002>

Par Gramajo, G. (2017). Aplicación de los métodos de conservación de alimentos Meylin. *Revista Ingeniería y Ciencia*, *87*(1,2), 11–20.

Pérez, D., Regalado, C., & Rodríguez, N. (2008). Purificación de una peroxidasa recombinante de nabo mediante cromatografía de afinidad”. *FQ. Departamento de Investigación*, *May*, 1–5.

Piqueras Martinho, M. (2016). *Actualización en higiene alimentaria, manipulación, toxiinfecciones alimentarias y etiquetado de alimentos* (S. . Editorial Área de Innovación y Desarrollo & Quedan (eds.); Primera ed). <http://dx.doi.org/10.17993/Med.2016.25>

- Sanchez Ampudia, A. E. (2017). *Optimización del proceso de escaldado y deshidratación osmo-convectiva de banano Optimización del proceso de escaldado y deshidratación osmo-convectiva de banano (Musa paradisiaca , Var . Cavendish)*.
- Saracco, A., & Fernández, R. (2016). *Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica del botulismo alimentario* (Vol. 1).
http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000783cnt-20160225_Guia_Botulismo_Alimentario_2016.pdf
- Soto, Z., Pérez, L., & Estrada, D. (2017). Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: Una mirada en Colombia. *Salud Uninorte*, 32(1), 105–122.
<http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v32n1/v32n1a10.pdf>
- Taherian, A. R., & Ramaswamy, H. S. (2009). Kinetic considerations of texture softening in heat treated root vegetables. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 114–128.
<https://doi.org/10.1080/10942910802312207>
- Xiao, H. W., Pan, Z., Deng, L. Z., El-Mashad, H. M., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Gao, Z. J., & Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching – A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 101–127.
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>
- Yong, A., Calves, E., González, Y., Permuy, N., & Pavón, M. I. (2017). La conservación de alimentos, una alternativa para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria a nivel local. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 102–107. <http://ediciones.inca.edu.cu>