



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

“Efecto del tratamiento térmico en la degradación de los carotenoides en conserva de pimiento piquillo (*Capsicum annunn*) en salmuera”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

AUTORES

Bach. CHIRINOS GARCÍA FRANCISS JOSÉ

ALEXANDER

Bach. GARGUREVICH VILLAIZAN DRAZEN

GENARO

ASESORA

Dra. Noemí León Roque

LAMBAYEQUE
2021

UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

“Efecto del tratamiento térmico en la degradación de los carotenoides en conserva de pimiento piquillo (*Capsicum annunn*) en salmuera”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS


Aprobado por:



Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
PRESIDENTE



M. Sc. Doyle Isabel Benel Fernández
JURADO SECRETARIO



Ing. Julio Humberto Tirado Vasquez
JURADO VOCAL



Dra. Noemí León Roque
ASESORA

LAMBAYEQUE
2021

DEDICATORIA

*A mis padres, hermanos y mi querido
hijito perruno, por su amor
incondicional, por la paciencia que me
siguen teniendo, y por ser mi mayor
motivación.*

*A mis abuelos, en especial a tí Luchita,
gracias por ser la mejor abuela que Dios
me pudo dar; sé que me cuidas y sigues
siendo testigo de cada uno de mis
logros.*

*Ustedes siempre serán mi fuerza y
motivación.*

DRAZEN GARGUREVICH V.

A mis abuelos Baltazar y María que me cuidaron, protegieron y me dieron todo su amor desde pequeño hasta su deceso.

A mis padres, ya que son el pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi perseverancia y todo su amor infinito que me brindaron de una manera desinteresada.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo.

FRANCISS J. CHIRINOS G.

AGRADECIMIENTO

*Agradecido con Dios, por la vida, porque
sin Él nada es posible.*

*Gracias a mis padres, por haber inculcado
en mí los valores que me llevaron a
alcanzar mis metas, es la mejor herencia
que un hijo puede recibir.*

*Gracias a la Dra. Noemí León por la
disposición y seguimiento en el trascurso
del desarrollo de este proyecto de tesis.*

*Gracias a las personas que sumaron y
fueron piezas claves para la realización
de este proyecto.*

DRAZEN GARGUREVICH V.

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre Mirtha, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi padre José, por su apoyo, la orientación que me ha dado y darme la pauta de poder realizarme en mis estudios y mi vida. Agradezco sus sabios consejos que ha sabido darme en el momento para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, gracias por todo patita.

A mi tía Isabel, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A la Dra. Noemí León, por su apoyo incondicional en el desarrollo y realización de este proyecto.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

FRANCISS J. CHIRINOS G.

INDICE

RESUMEN	viii
ABSTRAC	ix
INTRODUCCIÓN	1
I. FUNDAMENTO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Base teórica	4
1.2.1. Pimiento	4
1.2.2. Pimiento del Piquillo	5
1.2.2.1. Parámetros de calidad	5
1.2.2.2. Producción	6
1.2.2.3. Compuestos bioactivos	8
1.2.2.3.1. Carotenoides	8
1.2.3. Tratamiento térmico	22
1.2.3.1. Tipos de Tratamiento térmico	23
1.2.3.2. Valores D, Z y Muerte térmica de microorganismos	25
1.2.3.3. Cinética de la penetración de calor en los productos envasados	31
II. MATERIAL Y MÉTODOS	36
2.1. Materia Prima	36
2.2. Tipo de investigación	36
2.3. Diseño experimental	36
2.3.1. Variables consideradas en el proceso de la conserva de pimiento piquillo	36
2.4. Materiales y equipos	38
2.4.1. Materiales	38
2.4.2. Equipos	38
2.5. Procedimiento experimental	39
2.5.1. Proceso de obtención de la conserva de pimiento piquillo	39
2.5.2. Metodología	42
III. RESULTADOS	44
3.1. Caracterización del pimiento piquillo en estado fresco	44

3.2. Contenido de carotenoides en la conserva de pimiento piquillo	45
3.3. Caracterización los parámetros fisicoquímica, microbiológica y organoléptica de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos	47
3.4. Caracterización nutricional de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos	50
IV. DISCUSIÓN.....	51
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. BIBLIOGRAFIA	54
VIII. ANEXOS	58

LISTA DE FIGURA

Figura 1 Principales mercados del mundo de pimiento piquillo	7
Figura 2 Principales características de los carotenoides.....	11
Figura 3 Espectro que muestra el rango de frecuencias UV, visible e IR	18
Figura 4 Estructura básica de los espectrofotómetros	18
Figura 5 Absorbancia de dos compuestos diferentes	19
Figura 6 Un ejemplo de punto isobéptico	20
Figura 7 Transmitancia	21
Figura 8 Representación logarítmica de una población microbiana en función al tiempo	26
Figura 9 Representación logarítmica del Valor D frente a la temperatura, mostrando de forma gráfica el valor z	28
Figura 10 Efecto de la temperatura del tratamiento térmico durante un tiempo fijo sobre la supervivencia de organismos en un cultivo bacteriano	31
Figura 11 Punto más frío de transferencia de calor	33
Figura 12 Representación de la velocidad letal vs. Tiempo para un proceso.....	34
Figura 13 Tratamientos para la conserva de pimiento piquillo en salmuera	37
Figura 14 Diagrama de bloque para la elaboración de conserva de pimiento	39
Figura 15 Pimiento piquillo en estado fresco	44
Figura 16 Representación gráfica del contenido de carotenoides en los 3 tratamientos	46
Figura 17 Representación gráfica de la variación de pH en la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos.....	47
Figura 18 Representación gráfica del contenido del °Brix en la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos	48
Figura 19 Representación gráfica del %de sal en la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos	48
Figura 20 Recepción del pimiento piquillo.....	58
Figura 21 Selección del pimiento piquillo	58
Figura 22 Operación de soasado del pimiento piquillo	59
Figura 23 Operación de pelado y desrabado del pimiento piquillo	59
Figura 24 Operación de pesado del pimiento piquillo	60
Figura 25 Operación de envasado del pimiento piquillo.....	60
Figura 26 Adición de líquido de gobierno a la conserva de pimiento piquillo	61
Figura 27 Sellado dela conserva de pimiento piquillo	61
Figura 28 Esterilidad comercial de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 30minutos	62
Figura 29 Esterilidad comercial de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 26minutos	63
Figura 30 Esterilidad comercial de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por	

22minutos	64
Figura 31 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 30minutos	65
Figura 32 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 26minutos	66
Figura 33 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 22minutos	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Producción nacional de pimiento piquillo del año 2017	7
Tabla 2 Total de Toneladas exportadas de pimiento piquillo a nivel internacional durante los últimos años	8
Tabla 3 Estructuras y características de las xantofilas comunes en los alimentos	10
Tabla 4 Principales carotenoides naturales usados como colorantes naturales en la industria alimentaria	16
Tabla 5 Resistencia térmica aproximada (valores D) de algunas esporas bacterianas	29
Tabla 6 Valores F (por minuto) para el rango de temperatura de 100°C a 135°C	33
Tabla 7 Operacionalización de Variables	36
Tabla 8 Métodos de análisis químico proximal y fisicoquímico	42
Tabla 9 Escala hedónica del análisis organoléptico de la conserva de pimiento piquillo ..	42
Tabla 10 Valor nutricional de pimiento piquillo (100g de contenido comestible)	44
Tabla 11 Efecto del tratamiento térmico sobre la concentración de carotenoides	45
Tabla 12 Análisis ANOVA de los tres tratamientos de la conserva de pimiento piquillo ..	46
Tabla 13 Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas de la conserva de pimiento piquillo en los tratamientos	47
Tabla 14 Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades microbiológicas de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos	49
Tabla 15 Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades organolépticas de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos	49
Tabla 16 Composición nutricional de la conserva de pimiento piquillo	50

RESUMEN

En las últimas décadas, la industria alimentaria peruana ha conquistado con éxito diversos mercados, gracias a las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los alimentos nativos; por ello hoy en día se presta mayor interés a sus colores para ser convertidos en aditivos naturales. La presente investigación tiene como objetivo determinar el tiempo óptimo de tratamiento térmico de la conserva de pimiento piquillo (*Capsicum annuum*) en salmuera; se sometió 20kg de dicha materia prima a las operaciones de selección, soasado, lavado y enfriamiento, pelado manual, envasado, adición de líquido de gobierno, sellado y tratamiento térmico (pasteurización) a una temperatura constante de 101°C por 22, 26, 30 minutos respectivamente para la obtención de la conserva. Se realizó un análisis fisicoquímico determinando valores de pH de 4,15; 4,14 y 4,12, °Brix de 10; 9,7 y 9,4 y % de sal de 0,77; 0,74; 0,75 y respecto al contenido de carotenoides se obtuvo mayores valores como 68,792 µg/g de muestra de carotenoides, resultado del tratamiento 1 (101°C x 22min); así como 66,863 µg/g de muestra de carotenoides en el tratamiento 2 (101°C x 26min) y 63,596 µg/g. Se determinó que el tratamiento 1 no afecta significativamente las características fisicoquímicas y organolépticas y al contenido de carotenoides en la conserva de pimiento piquillo.

Palabras claves: conserva de pimiento del piquillo, tratamiento térmico, carotenoides

ABSTRAC

In recent decades, the Peruvian food industry has successfully conquered various markets, thanks to the physicochemical and sensory properties of native foods; For this reason, nowadays more interest is paid to its colors to be converted into natural additives. The present research aims to determine the optimal time for heat treatment of preserved piquillo pepper (*Capsicum annunn*) in brine; 20kg of said raw material was subjected to the operations of selection, roasting, washing and cooling, manual peeling, packaging, addition of governing liquid, sealing and heat treatment (pasteurization) at a constant temperature of 101 ° C by 22, 26, 30 minutes respectively to obtain the preserve. A physicochemical analysis was carried out determining pH values of 4.15; 4.14 and 4.12, ° Brix of 10; 9.7 and 9.4 and % salt of 0.77; 0.74; 0.75 and with respect to the content of carotenoids, higher values were obtained such as 68.792 µg / g of carotenoid sample, result of treatment 1 (101 ° C x 22min); as well as 66.863µg / g of carotenoid sample in treatment 2 (101 ° C x 26min) and 63.596µg / g. It was determined that treatment 1 does not significantly affect the physicochemical and organoleptic characteristics and the content of carotenoids in the canned piquillo pepper.

Key words: piquillo pepper preserved, heat treatment, carotenoids

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, la industria alimentaria se ha desarrollado de forma significativa a nivel global debido a la evolución y avance de diversas formas de conservación de alimentos sin perder su valor nutritivo.

Perú es uno de los países mega diversos por la característica de poseer suelos altamente productivos que permite el crecimiento de numerosos tipos de plantas utilizables como ingredientes y/o como especias para formar parte de los alimentos para reforzar su valor nutricional, aspecto, entre otros. El color y la apariencia crean la primera impresión e influyen en gran medida en la aceptabilidad de los alimentos; por lo tanto, el desarrollo de alimentos con colores y apariencia atractivos es un objetivo importante en la industria alimentaria. En las últimas tres décadas la industria alimentaria peruana ha logrado copar diversos mercados en el planeta debido a las características fisicoquímicas y organolépticas de los alimentos nativos; ya que hoy en día prestan más atención a los colores y aditivos de origen natural, ya que se ha demostrado que muchos colores y aditivos artificiales tienen efectos negativos para la salud. La mayor demanda de aditivos alimentarios naturales impulsa la investigación para ofrecer formas más naturales de colorear y conservar los alimentos. La investigación sobre pigmentos naturales se centra en encontrar nuevos pigmentos y nuevas fuentes de pigmentos conocidos, optimizar las condiciones para la síntesis mejorada de pigmentos y la recuperación mejorada, minimizar los efectos perjudiciales del procesamiento y almacenamiento de alimentos en los pigmentos y desarrollar sistemas de suministro adecuados para diferentes tipos de alimentos. matrices y para ofrecer una estabilidad mejorada a los pigmentos durante el procesamiento y almacenamiento (Arimboor, Natarajan, Menon, Chandrasekhar, & Moorkoth, 2015).

En el contexto de preferencia de los consumidores en mercados internacionales, el pimiento piquillo es uno de los productos más exportados de los últimos años. Este es procesado y presentado en diversos envases, los cuales los más populares son el vidrio y los de hojalata, el vidrio tiene la ventaja de observar el contenido y la desventaja de fracturarse o deteriorarse por acción mecánica; puede presentar con salmuera, aceite vegetal para eliminar esporas y formas viables de microorganismos que pudieran originar intoxicaciones alimentarias. En

este caso se usa temperatura y tiempo en tratamientos térmicos adecuados que permiten obtener alimentos inocuos con enzimas inactivadas y destrucción de microorganismo.

Por ello es pertinente el siguiente interrogante ¿Cuál será el tiempo óptimo de tratamiento térmico más adecuado para la conservación de carotenoides en una conserva de pimiento piquillo (*Capsicum annuum*) en salmuera?

Los objetivos del presente trabajo es determinar el tiempo óptimo de tratamiento térmico de la conserva de pimiento piquillo en salmuera, caracterizar el pimiento piquillo en estado fresco, determinar cuál es el mejor tratamiento para la conserva de pimiento piquillo en salmuera, evaluar el contenido de carotenoides de pimiento en conserva desde el día 1 hasta los 21 días de elaboración y evaluar las características organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales de la conserva de pimiento piquillo.-

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

En su trabajo de investigación (Girón-Martínez & Santos-Ordóñez, 2015), relata que el pimiento tipo piquillo (*Capsicum annuum*) es consumido generalmente como una salsa ligera, en rodajas o refrito o en ensaladas. También en enlatados o congelados para comidas sencillas como (pizza o tortillas). También se utiliza en la fabricación de diversos productos procesados como condimentos, salsas, adobos y extractos de oleorresinas. A nivel industrial, el color rojo y el contenido oleaginoso del pimiento son importantes indicadores de calidad para verificar e indicar el contenido total de carotenoides del fruto. La cuantificación del contenido de pigmentos carotenoides es de interés porque el valor comercial del pimiento depende principalmente de estos dos factores. Los principales compuestos que provocan el color de este material vegetal se deben a compuestos carotenoides como capsantina, neoxantina, violaxantina, zeaxantina, luteína, -criptoxantina, -caroteno.

Según (Castillo-Valladares, 2014), en su estudio, describieron múltiples técnicas de conservación utilizando una mezcla de diferentes tipos de pimientos (*Capsicum annuum*), el análisis realizado como producto fresco: humedad, pH, carbohidratos, lípidos, proteínas, vitamina C, °Brix, actividad enzimática, el contenido de carotenoides, la acidez total y los resultados muestran que la aplicación del método combinado permite el almacenamiento de los productos elaborados a temperatura ambiente y el mantenimiento de su seguridad microbiológica.

(Hwang, Stacewicz-Sapuntzakis, & Bowen, 2012), evaluó tocoferoles y carotenoides en el procesamiento térmico de rodajas de tomate. Estas rodajas se calentaron en un horno a 100, 130 y 160°C durante 5, 10 y 20 minutos, luego se liofiliza. Las muestras liofilizadas se molieron finamente y el análisis se realizó en muestras liofilizadas. Las concentraciones medias de licopeno total, luteína, β -caroteno, α -tocoferol y γ -tocoferol en tomates frescos (en 100 g de peso seco) fueron 21,2; 1,1; 2,7; 8,0 y 2,5 mg, respectivamente. Cocción al horno de tomate a 160°C durante 20 min condujo a un aumento significativo en la medición aparente de licopeno, β - caroteno, y α - contenido de tocoferol en un 75%, 81% y 32%, respectivamente. Isomerización inducida por calentamiento de (todos- E) a varios (Z) isómeros de licopeno, y encontramos que el total (Z) - la proporción de licopeno en los

tomates aumentó con un mayor tiempo de calentamiento. (Todos- E)- el licopeno constituyó el 75.4% en los tomates frescos y disminuyó al 52.5% en los tomates horneados (160°C, 20 min), mientras que (5Z) - el licopeno aumentó del 9,4% al 17,9% del licopeno total. Sin embargo, la liberación e isomerización de β -caroteno fue menos influenciado por el tratamiento térmico que el del licopeno. Estos resultados sugirieron que los procesos térmicos podrían romperse bajar las paredes celulares y mejorar la liberación de carotenoides y tocoferoles de la matriz, así como aumentar la isomerización del licopeno y β - caroteno.

Según (Cervantes-Paz et al., 2012), los chiles jalapeños crudos y procesados térmicamente (verde y rojo) fueron evaluados por su perfil de pigmento y capacidad antioxidante. Se separaron sesenta y siete pigmentos y se caracterizaron por HPLC-DAD-MS, incluidos los carotenoides (isómeros y ésteres), clorofilas y feofitinas. Las características distintivas de este genotipo de pimiento fueron la presencia de monoésteres de antheraxantina, monoésteres de zeaxantina, diésteres de mutatoxantina y un mayor contenido de capsantina libre en relación con las formas mono y diesterificadas. La clorofila y todo-trans-luteína libre fueron los principales pigmentos en los pimientos verdes crudos, mientras que todo-trans-capsantina libre fue el pigmento más abundante en los pimientos rojos crudos. Doce compuestos fueron generados por el calor. tratamientos, principalmente feofitinas e isómeros de carotenoides. Los tratamientos térmicos afectaron diferencialmente la concentración de pigmentos individuales. Los pimientos rojos mostraron una mayor capacidad antioxidante que los frutos verdes. El calentamiento provocó cambios menores en la capacidad antioxidante de los pimientos.

1.2. Base teórica

1.2.1. Pimiento

El tamaño de la planta depende del tiempo de siembra, en primer año varía desde 0,5 metros (algunas variedades se cultivan al aire libre) hasta más de 2 metros (la mayoría de los híbridos se cultivan en invernadero), con una temperatura óptima de 18-21°C. Planta Herbácea perenne de clima cálido con baja humedad relativa, prefiere superficies fértiles y ligeramente ácidas, no tolera la sal (García, 1991). Originario de las regiones de Bolivia y Perú, se cultiva una variedad de pimientos, destacando lo siguiente:

- ✓ Pimiento Morrón
- ✓ Pimiento picante (piquillos, de Padrón, las guindillas y de Gernika)
- ✓ Pimiento dulce italiano

1.2.2. Pimiento del piquillo

1.2.2.1. Parámetros de calidad

Características como el color, tamaño, forma, consistencia y picante del piquillo pueden verse influenciadas por el lugar de cultivo, la mayoría de las cuales son pequeñas, de unos 8 cm de largo y en forma de triángulo. La punta puntiaguda termina con un pequeño pico, la pulpa debe ser lisa, no dura, firme y pegajosa, el sabor debe ser fuerte, no demasiado dulce, no amargo. Todos estos son parámetros como masa, forma, tamaño, uniformidad de tamaño y modelo y caracterizan la forma del pimiento para su posterior procesamiento. (Gómez, 2020).

○ Color

El color es una propiedad física atractiva a la visión, una inferencia del cerebro a partir de las propiedades luminosas de un objeto. El ojo tiene a la retina y esta misma a dos tipos de células sensibles: células bastón sensibles a la luz y la oscuridad y conos sensibles al color. Se puede ver que la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía espectral radiante de la fuente de luz están simultáneamente relacionadas con la interpretación del color (Gómez, 2020).

○ Firmeza

La determinación de la calidad de los pimientos frescos es un parámetro importante y relaciona la composición de la pared celular con el proceso de maduración, que es la base para la aceptabilidad y conservación de las verduras. La firmeza depende de la adherencia, la forma y el tamaño de las células que forman la pared celular, la presencia de tejido de soporte o soporte y la composición del fruto. Los componentes de la pared celular que contribuyen a la rigidez son la hemicelulosa, la celulosa y la pectina (Gómez, 2020).

○ pH

Actúa a nivel fisiológico de la fruta como una barrera natural a la actividad microbiana y, por lo tanto, está relacionado con el contenido ácido y la reproducción microbiana durante el almacenamiento (valores más bajos permiten una vida útil más larga). Para su valoración se utiliza el electrodo de vidrio seleccionado, este electrodo de pH debe calibrarse antes de su uso y recalibrarse cada 2 horas para un uso continuo. Por lo general, se utilizan dos estándares para esta calibración, pero hay tres (4, 7, 9), pero considerar la calibración del electrodo se comprende el valor de pH de la solución problema, mayormente todos tienen equilibrio de temperatura (Gómez, 2020).

- **Acidez valorable total**

La titulación ácido-base se fundamenta en determinar la concentración de un ácido o base por medio de agregar la cantidad de base o ácido a una concentración exacta conocida que se va a medir (titulación). El punto de equivalencia de una titulación se define como el punto en el que la cantidad de titulante añadida es equivalente a la sustancia que se va a medir. En este punto de equivalencia, el número de equivalentes de la sustancia se evalúa por el número de equivalentes del titulante (Gómez, 2020).

- **Contenido de agua**

El contenido de agua en vegetales frescos es importante tener en cuenta durante el almacenamiento, conservación y procesamiento para evitar el deterioro del producto. Todas las frutas y verduras contienen agua como ingrediente principal, que oscila entre el 60% y el 96%. El método más utilizado es el de secado, en el que el porcentaje en agua se calcula a partir de la masa perdida por eliminación por calentamiento en condiciones normales (Farias, 2015; Paredes Oblitas & Peche Benites, 2019).

- **Índice de madurez**

Este es un parámetro indirecto que se determina cuantificando los sólidos disueltos totales y la acidez titulada. Sin embargo, su importancia es muy alta ya que puede ser un indicador bastante preciso de la calidad organoléptica de la fruta. En otras palabras, conocer su valor se puede utilizar para estimar el sabor de una fruta en particular y cómo alejarse de ella. También puede ser muy interesante en el desarrollo de la calidad del fruto después de la cosecha (Farias, 2015; Paredes Oblitas & Peche Benites, 2019).

1.2.2.2. Producción

El Perú es actualmente uno de los mayores exportadores de Piquillo a la UE y Estados Unidos. Se espera que las exportaciones de Piquillo de Perú crezcan a una tasa anual del 10% y alcancen los \$ 70 millones en los próximos años. (Asociación de Exportadores (ADEX), 2019).

- **Producción nacional**

Las principales industrias con mayor producción en el Perú son Piura, Lambayeque, La Libertad, donde Lambayeque cuenta con mayor proporción de producción nacional (55%) y el mayor rendimiento por hectárea, alcanzando las 23 toneladas/hectárea en el 2017. En los últimos años, la cantidad de cultivo ha aumentado significativamente de 4.000 toneladas en el 2005 a 65.000 toneladas en 2016, y ha aumentado en más del 2000% en los últimos 6 años

(Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).

Tabla 1
Producción nacional de pimienta piquillo del año 2017

Región	Superficie cosechada (has)	Producción (tm)	Rendimiento (TM/Ha)
Nacional	2.860	65.712	23.0
La Libertad	3	55	18.3
Lambayeque	2.195	51.971	23.7
Piura	662	13.686	20.7

Nota. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020)

- **Producción internacional**

Existe una fuerte demanda de pimienta del piquillo de origen peruano, en todo el mundo, y con 85% el producto tiene acogida en el mercado español y se está extendiendo cada vez más al mercado americano (27%), Malasia (12%), entre otros (Fig. 1). El piquillo es un ingrediente esencial en muchas de las recetas de cocina más famosas del mundo (Asociación de Exportadores (ADEX), 2019).

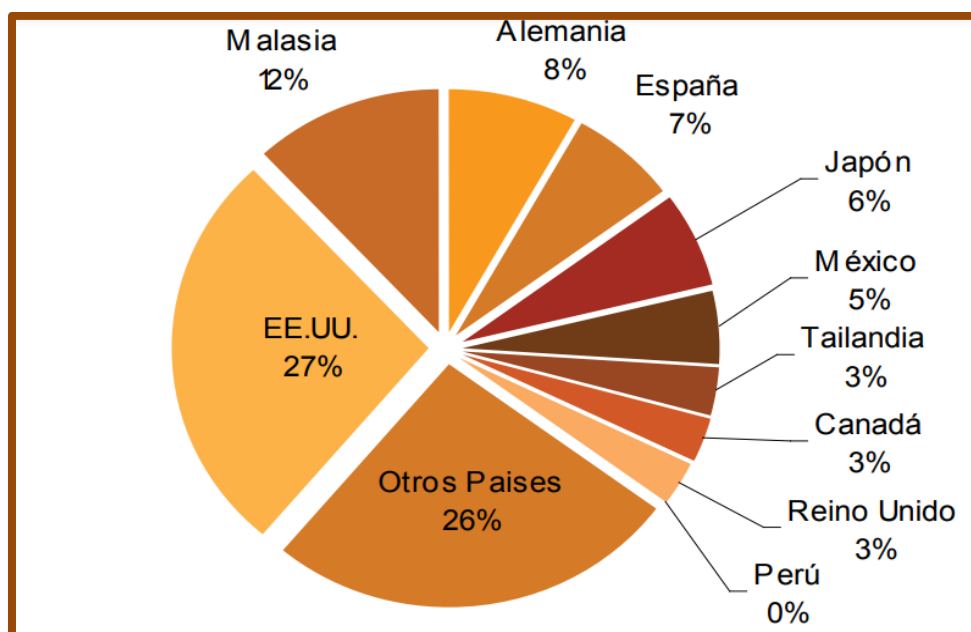


Figura 1. Principales mercados del mundo de pimienta piquillo.

Nota. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020)

Tabla 2
Total, de Toneladas exportadas de pimienta piquillo a nivel internacional durante los últimos años

Año	Mil Toneladas Exportadas
2015	9.01
2016	4.96
2017	30.9
2018	2.93
2019	12.77

Nota. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020)

1.2.2.3. Compuestos bioactivos

Se distingue por el alto contenido de vitamina C (especialmente los de piel roja). Contienen grandes cantidades de caroteno, como capsantina, que presenta propiedades superiores de antioxidante. Otras vitaminas como el grupo B, como B1, B2, B3, Provitamina A, se introducen en nuestro organismo durante la digestión y promueven todos los beneficios asociados con los huesos, cabello, mucosas y piel, protegen el sistema inmunológico. Dependiendo del tipo, los hay picantes y dulces, por lo que es muy popular para cocinar. Se exportan productos frescos, en polvo y enlatados (Paredes Oblitas & Peche Benites, 2019).

1.2.2.3.1. Carotenoides

Desde 1980 se han publicado alrededor de 7500 artículos sobre carotenoides en varias áreas de investigación de la química, la física, la alimentación, la biología. y la medicina a medida que su importancia se extiende forman la coloración natural a profundos efectos fisiológicos, son comercialmente explotados como colorantes alimentarios y aditivos para piensos y se utilizan en productos farmacéuticos, nutracéuticos y productos cosmecéuticos. La gran mayoría de los carotenoides se derivan del tetraterpenfiteno lineal (C₄₀) (Carranco, Carrillo, & Pérez, 2011).

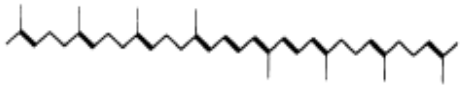
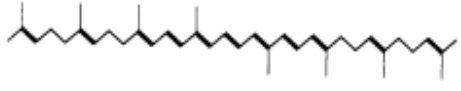
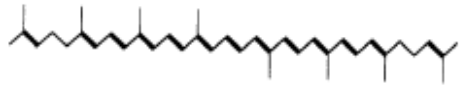
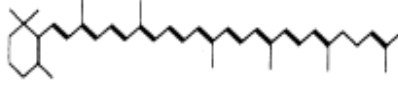
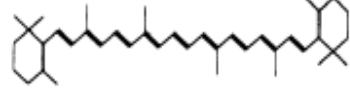
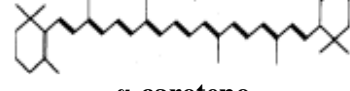
El carácter pigmentario de los carotenoides, por los que son más conocidos, se imparte a la estructura del fiteno basal incolora mediante la introducción de dobles enlaces en conjugación. Forma cíclica o acíclica de grupos terminales de la cadena de polieno ya formada. Un número de modificaciones en esta columna vertebral conjugada lineal por

ciclasas, hidroxilasas, cetolasas y otras enzimas hacen subir al amplio espectro de carotenoides diversos de carotenos de hidrocarburos simples a xantofilas. Xantofilas tienen oxígeno en los anillos terminales en forma de hidroxí (por ejemplo, zeaxantina, luteína, etc.), ceto (por ejemplo, astaxantina, cantaxantina etc.) o éter cíclico (violaxantina, fucoxantina etc.) grupos. Hasta ahora no hay otro heteroátomo que no sea el oxígeno. Se sabe que está presente en los carotenoides naturales. Ciertas bacterias sintetizan carotenoides con C₃₀ (p. ej. estafiloxantina de *Staphylococcus aureus*) y C₅₀ (decaprenoxantina de *Corynebacterium glutanicum*) esqueletos de carbono. Carotenoides con anillos aromáticos se encuentran ocasionalmente en ciertas esponjas marinas, micobacterias y cianobacterias (Arimboor et al., 2015; Hassan, Yusof, Yahaya, Rozali, & Othman, 2019).

Un carotenoide es un tetraterpeno simétrico lineal de 40 carbonos con ocho unidades isoprenoides de 5 carbonos conectadas en orden inversa en el centro. Esta estructura básica se puede lograr de diversas formas, que incluyen hidrogenación, deshidrogenación, ciclicidad, transferencia de doble enlace, acortamiento o alargamiento de cadena, reordenamiento, isomerización, introducción de función del oxígeno o una combinación de estos procesos, obteniendo una diversidad estructural. Los hidrocarburos carotenoides se conocen colectivamente como carotenos y los que contienen oxígeno se conocen como xantofilas. Las funciones de oxígeno más comunes son los grupos hidroxí (OH) y epoxi (5, 6 o 5,8 epoxi). También hay grupos aldehído (CHO), cetona (C=O), carboxi (CO₂H), carbometoxi (CO₂Me) y metoxi (OMe). Los carotenoides como carotenos o xantofilas, pueden ser de hebra abierta (p. Ej., Fitoflueno, ξ-carotenos, licopeno), monocíclicos o bicíclicos (Tabla 3) (Chamorro Requena, 2017).

Tabla 3

Estructura y características de los carotenos más comunes en los alimentos

Estructura	Características
 Fitoflueno	Acíclico, incoloro
 ξ-caroteno	Acíclico, amarillo suave
 Licopeno	Acíclico, rojo
 γ-caroteno	Monocíclico (1 anillo β) rojo- naranja
 β-caroteno	Bicíclico (2 anillos β) naranja
 α-caroteno	Bicíclico (1 anillo β, 1 anillo γ) amarillo

Nota. Chamorro Requena (2017)

1.2.2.3.1.1. Propiedades

Son solubles en disolventes no polares y su solubilidad depende de los sustituyentes de la molécula y de las propiedades utilizadas en el mismo proceso de extracción y purificación. Los carotenoides son hidrófobos, lipófilos y prácticamente insolubles en agua. Son solubles en disolventes orgánicos como acetona, alcohol, éter etílico, tetrahidrofurano y cloroformo. El caroteno es fácilmente soluble en éter de petróleo y hexano, son sensibles a la luz, el oxígeno, el calor, los ácidos y los peróxidos (Chamorro Requena, 2017).

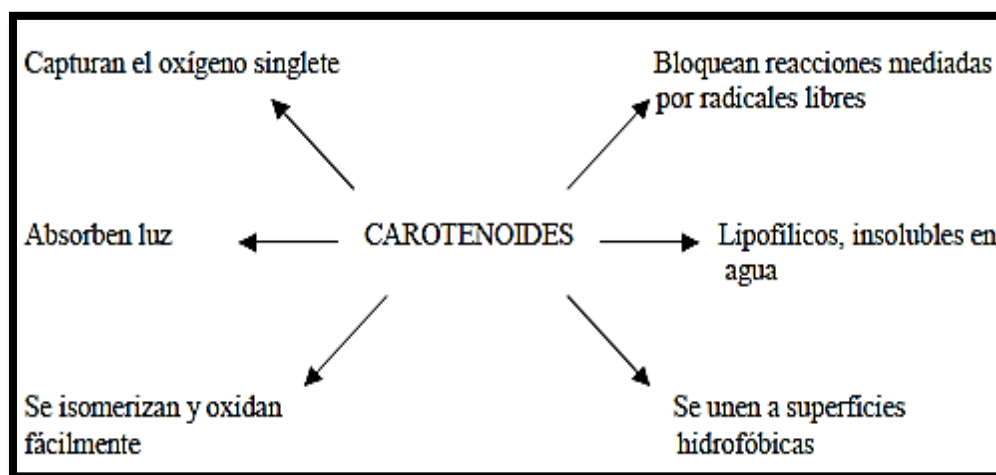


Figura 2. Principales características de los carotenoides

Nota. Chamorro Requena (2017)

➤ Estabilidad

Los disolventes son mucho más frágiles y están relativamente bien protegidos cuando se incorporan a lipoproteínas y membranas. Sin embargo, cuando se separan en soluciones, se producen reacciones de descomposición e isomerización oxidativa. Dado que son insolubles en agua, la pérdida de lixiviación durante la limpieza y la manipulación es insignificante. (Meléndez Martínez, Vicario Romero, & Heredia Mira, 2004). Otros tratamientos utilizados en la industria alimentaria, como el tratamiento a alta presión, no afectan significativamente el contenido de carotenoides de varias verduras y frutas. Las reacciones de degradación de los carotenoides afectan negativamente el color, el olor, la apariencia y la aceptabilidad general de los alimentos. En general, la estabilidad de los carotenoides depende de la composición de las materias primas y de los diversos tipos de procesos industriales a los que están expuestos (Arimboor et al., 2015; Li et al., 2017).

Efecto de la oxidación

La degradación de los carotenoides se produce principalmente por reacciones oxidativas, con o sin la intervención de enzimas como la lipoxigenasa, y suele producirse durante el secado de frutas y hortalizas. La oxidación tiene la mayor tasa de pérdida debido a la descomposición de carotenoides durante el procesamiento y almacenamiento de frutas y verduras. Esto ocurre cuando la temperatura aumenta debido a la disponibilidad de metales, luz, enzimas y oxígeno y debido a la presencia de un pH bajo. La presencia y reducción de antioxidantes, metales catalíticos y lípidos insaturados se debió a la integración de

antioxidantes. Los alimentos que contienen antioxidantes como los tocoferoles y la vitamina C retienen mejor los carotenoides y por tanto su color y forma son más bonitos. En los alimentos procesados, el mecanismo de oxidación es complejo y depende de muchos factores. Los pigmentos pueden autooxidarse al reaccionar con el oxígeno atmosférico a una velocidad que depende de la luz, el calor y la presencia de antioxidantes (Meléndez Martínez et al., 2004). En general, los carotenoides son más estables en medios altamente insaturados porque el medio mismo acepta oxígeno y radicales libres más fácilmente que los carotenoides. Por el contrario, en los sistemas que contienen lípidos saturados, los carotenoides exhibieron una mayor inestabilidad (Hassan et al., 2019).

Efecto de la temperatura

El efecto de la temperatura sobre la estabilidad del pigmento es preciso. Todavía actúa como catalizador para reacciones de descomposición en reacciones anhidras y de hidratación. En general, el caroteno biológicamente más activo tiene todos los dobles enlaces como isómeros trans y se convierte parcialmente a la forma cis durante el tratamiento térmico en ausencia de oxígeno, por lo que el valor de las vitaminas del caroteno se reducirá. Para el β -caroteno, pierde levemente sus propiedades a temperaturas entre 50°C y 100°C y se destruye a 150°C (Hassan et al., 2019).

Efecto del pH

Los carotenoides resisten valores de pH exagerados, ya sea que se extraigan o no, y los ácidos y los álcalis inducen la isomerización cis / trans, el reensamblaje y la excavación de varios dobles enlaces. Probable que suceda. Los carotenoides y la vitamina A en suelos neutros y básicos son más estables, pero muy inestables a pH ácido. Sin embargo, cuando se trata de la estabilidad de los carotenoides en los alimentos, debe tenerse en cuenta que los carotenoides epoxi son muy inestables en condiciones ácidas. Esto es importante debido a la acidez única de algunos alimentos (Hassan et al., 2019).

➤ Biodisponibilidad de los carotenoides

Los carotenoides se encuentran en muchos alimentos y tienen beneficios para la salud, por lo que su importancia va más allá de ser pigmentos naturales. Se cree que los carotenoides en frutas y verduras corresponden a una ingesta máxima de 80 o 85% de vitamina A. En cada caso, la bioactividad de los carotenoides y sus compuestos depende del consumo, la absorción y el metabolismo dependiendo del cuerpo. La absorción de carotenoides es

compleja y se produce por difusión pasiva, pero la cinética y el transporte de plasma son muy diferentes, quizás debido a la polaridad, pero cambian debido a una disminución en la cantidad absorbida a dosis altas, dependiendo del factor. En la parte superior del intestino, se incorporan en micelas lipídicas junto con ésteres de retinilo, triglicéridos, fosfolípidos y ésteres de colesterol y se ven afectados por enzimas proteolíticas, esterasas del jugo pancreático y ácidos biliares. En pocas palabras, la biodisponibilidad es el porcentaje de nutrientes en los alimentos que se absorben para su uso o se almacenan en el cuerpo. (Alonso & Lorenzo, 2014).

➤ **Carotenoides en pimiento rojo**

Los pimientos son de los alimentos mayor consumidos en todo en el mundo ricos fuente de vitamina A y C, compuestos fenólicos y micro y macro elementos, sus frutos pueden variar enormemente en color, forma y tamaño según la especie. Los frutos maduros de pimiento muestran una gama de colores desde el blanco hasta el rojo intenso. La intensidad del color rojo y el grado de acritud se valoran como los principales parámetros de calidad en el comercio del pimiento. Debido a sus atractivos colores y fuerte sabor; así como sus propiedades sensoriales son una buena fuente de nutrientes y compuestos bioactivos como vitaminas, carotenoides, antocianinas, ácidos fenólicos y flavonoides. El color rojo del pimiento es impartido por carotenoides con más de 50 estructuras identificadas. El contenido de carotenoides en los informes varía de 0,1 a 3,2g/100g de peso seco con una marcada diferencia en la composición. Los cetocarotenoides únicos capsantina, capsorrubina y criptocapsina imparten un color rojo brillante para madurar las vainas frías, mientras que el color amarillo anaranjado es de β - caroteno, zeaxantina, violaxantina y β - criptoxantina. La mayoría de las xantofilas del pimiento rojo. ocurren como ésteres con C₁₂, C₁₄ y C₁₈ ácidos grasos. De estos componentes, los carotenoides en los pimientos son de especial interés debido tanto a su contenido de carotenoides provitamina A (β -caroteno, α -caroteno y β -criptoxantina) como a otros carotenoides importantes para la salud ocular humana (luteína, zeaxantina). Otros carotenoides del pimiento también exhiben actividad biológica en animales y estudios in vitro y están atrayendo mayor atención (por ejemplo, la neoxantina inhibe la carcinogénesis inducida químicamente). Además de su valor nutricional, los carotenoides actúan como antioxidantes, desactivando los radicales libres y apagando las especies reactivas de oxígeno debido a la presencia de dobles enlaces conjugados. Estos carotenoides se han asociado con un riesgo reducido de algunas enfermedades crónicas. Por

ejemplo, el α - y el β -caroteno suprimen la tumorigénesis en piel, pulmón, hígado y colon; el licopeno reduce el riesgo de cáncer de próstata y enfermedades cardiovasculares; la luteína y su estereoisómero zeaxantina (que son componentes del pigmento macular en el ojo) reducen el riesgo de degeneración macular avanzada, y los apocarotenoides también han mostrado interesantes actividades multifuncionales y pueden ser útiles en la prevención del cáncer y otras enfermedades degenerativas (Rodríguez-Rodríguez, Sánchez-Prieto, & Olmedilla-Alonso, 2020).

➤ **Análisis de carotenoides de pimiento rojo**

Los carotenoides presentan una amplia diversidad estructural junto con las posibles formas y derivados isoméricos que hacen que el análisis de estos sea una tarea difícil. Los carotenoides se basan en un esqueleto tetraterpenoide C_{40} que puede sufrir una gran diversidad de modificaciones, tales como ciclación en uno o ambos extremos, hidrogenación, deshidrogenación y adición de grupos laterales, entre otros, resultando en un grupo extremadamente amplio de compuestos. Por lo general, estos compuestos se dividen en dos grupos: hidrocarburos (comúnmente conocidos como carotenos) y compuestos oxigenados (generalmente denominados xantofilas). Para aumentar aún más la variabilidad natural de estos compuestos, debe tenerse en cuenta que los carotenoides pueden estar presentes en la naturaleza como libres carotenoides o en una forma más estable esterificado con grasas ácidos, en el caso de los compuestos oxigenados. A simplificar en cierta medida su análisis, una saponificación es el procedimiento que se ha empleado tradicionalmente para liberar todos los ésteres de carotenoides y analizar todos estos compuestos en su forma libre. Aunque este paso de saponificación actúa también como procedimiento de limpieza, se encuentran algunos inconvenientes, principalmente relacionados con la formación de aparatos, así como la degradación de carotenoides. En general los pasos generales del análisis de carotenoides incluyen; preparación de muestras, extracción, purificación, saponificación, separación, detección y cuantificación. La inestabilidad asociada con la característica estructura de doble enlace conjugado de los carotenoides requiere la incorporación de medidas de control para minimizar la posible pérdida de carotenoides durante el curso del análisis; este se realiza en un ambiente protector de nitrógeno o argón a una temperatura por debajo de 40°C y almacenar las muestras / extractos en atmósfera inerte a temperaturas alrededor -20°C (Alonso & Lorenzo, 2014; Hassan et al., 2019).

➤ **Carotenoides como colorantes en la industria alimentaria**

En general, los carotenoides no son antioxidantes fuertes cuando se agregan a los alimentos. A pesar de todas estas referencias, un desafío adicional al uso de carotenoides como ingredientes en alimentos funcionales es su alto punto de fusión, lo que los hace cristalinos en el almacenamiento de alimentos y a la temperatura corporal. Los carotenoides endógenos en los alimentos generalmente son estables. Sin embargo, como aditivos alimentarios, los carotenoides son relativamente inestables en los sistemas alimentarios porque son susceptibles a la luz, el oxígeno y la autooxidación. Además, la dispersión de carotenoides en sistemas de ingredientes puede resultar en su rápida degradación. Los carotenoides pueden degradarse por reacciones que provocan la pérdida de dobles enlaces o la escisión de la molécula. Además, los dobles enlaces de los carotenoides pueden sufrir isomerización a la configuración *cis*. Las reacciones de isomerización podrían ser beneficiosas, ya que se cree que los isómeros *cis* de los carotenoides como el licopeno son más biodisponibles y bioactivos. Los carotenoides, como pigmentos naturales, son utilizados por la industria como colorantes en diversos alimentos y bebidas. Esta práctica está legislada por una serie de normativas que permiten el uso de determinados concentrados de pigmentos o carotenoides individuales. En la Unión Europea la directiva 95/45/CE hace referencia a la descripción y criterios de pureza de los colorantes como se muestra en la Tabla 5 (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2011). En la literatura, se ha informado que los carotenoides actúan como antioxidantes que rompen cadenas en condiciones específicas. Sin embargo, debido a su estructura altamente conjugada, los carotenoides son muy inestables y pueden degradarse fácilmente cuando se exponen al oxígeno o la luz durante el almacenamiento o la fabricación de alimentos. Esto puede provocar la pérdida de sus propiedades nutritivas y biológicas deseables, así como la producción de compuestos de sabor o aroma indeseables. Por estas razones, estos compuestos no se manipulan habitualmente en su forma cristalina sino más bien como formas encapsuladas. Se lleva a cabo la encapsulación de carotenoides (β -caroteno), lo que ha creado una oportunidad para el desarrollo de formas de carotenoides (β -caroteno) para la suplementación y fortificación de alimentos. Las emulsiones simples de aceite en agua son actualmente el método más utilizado para encapsular componentes funcionales lipófilos, como sabores y lípidos bioactivos. Se ha demostrado la posibilidad de utilizar emulsiones múltiples para encapsular algunos compuestos alimenticios o nutraceuticos lipofílicos funcionales, como el β -caroteno (Rodríguez-Rodríguez et al.,

2020).

El caso del β -caroteno es un miembro importante de la familia de los carotenoides como precursor del retinol con una alta tasa de conversión, aporta una proporción sustancial de vitamina A en la dieta humana. Por estas razones, existe un gran interés en utilizar β -caroteno y otros carotenoides como ingredientes funcionales en productos alimenticios. Sin embargo, el β -caroteno es insoluble en agua y débilmente soluble en aceite a temperatura ambiente debido a su forma cristalina, lo que dificulta su incorporación en productos alimenticios y tiene menos biodisponibilidad. Además, el β -caroteno es sensible a la luz, el oxígeno y el calor, lo que limita aún más sus aplicaciones en la industria alimentaria. Recientemente, la nanotecnología emergió rápidamente como uno de los campos de investigación más prometedores y atractivos, con aplicaciones que van desde la industria aeroespacial hasta la industria de la salud, por lo que la industria alimentaria podría beneficiarse de las aplicaciones de la nanotecnología porque esta tecnología ofrece el potencial para mejorar la biodisponibilidad y solubilidad de diferentes ingredientes funcionales como los "carotenoides" (Zakynthinos & Varzakas, 2016).

Tabla 4

Principales carotenoides naturales usados como colorantes naturales en la industria alimentaria

Código	Composición del carotenoide
E160a	β -caroteno
E160b	Annatto, bixina, norbixina
E160c	(oleorresina de pimiento), capsanteno, capsorrubeno
E160d	licopeno
E160e	β -apo-8'-carotenal
E161b	Luteína
E161g	Cantaxanteno

Nota. Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (2011)

1.2.2.3.1.2. Determinación cuantitativa de carotenoides por espectrofotometría

La espectrofotometría es un método para medir la cantidad de luz absorbida por una sustancia química midiendo la intensidad de la luz a medida que pasa a través de una solución de muestra. El principio básico es que todos los compuestos absorben o transmiten luz en un rango de longitud de onda específico. Esta medición también se puede utilizar para medir cantidades conocidas de productos químicos. La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis cuantitativo más útiles en diversos campos como la química, la física, la bioquímica, la química y la ingeniería de materiales. (Renjini & Dileep, 2017).

Todos los compuestos que absorben, transmiten o reflejan luz (radiación electromagnética) en un rango específico de longitudes de onda. La espectrofotometría es una medida de la cantidad de sustancias químicas que se absorben o transmiten. La espectrofotometría se utiliza ampliamente para el análisis cuantitativo en una variedad de campos (química, física, biología, bioquímica, química e ingeniería de materiales, aplicaciones clínicas, aplicaciones industriales, etc.). Puede utilizar esta técnica en productos químicos o en cualquier aplicación que se ocupe de productos químicos. Por ejemplo, en bioquímica, se utiliza para identificar reacciones catalizadas por enzimas. En aplicaciones clínicas, se utiliza para examinar sangre y tejidos para el diagnóstico clínico. Hay varias variaciones de espectrofotometría, como la espectroscopia de absorción atómica y la espectroscopia de emisión atómica. Un espectrómetro es un dispositivo que mide la cantidad de fotones (intensidad de la luz) que se absorben después de pasar a través de una solución de muestra. El espectrómetro también puede determinar la cantidad (concentración) de una sustancia química conocida midiendo la intensidad de la luz detectada (Dumancas et al., 2017). Dependiendo del rango de longitud de onda de la fuente de luz, se puede clasificar en dos tipos diferentes:

Espectrofotómetro UV-visible: utiliza luz sobre el rango ultravioleta (185-400 nm) y el rango visible (400 - 700 nm) del espectro de radiación electromagnética.

Espectrofotómetro IR: utiliza luz en el rango infrarrojo (700 - 15000 nm) del espectro de radiación electromagnética.

En espectrofotometría visible, la absorción o transmisión de una sustancia particular puede determinarse por el color observado. Por ejemplo, una muestra de una solución que absorbe luz en todo el rango visible (es decir, no transmite longitudes de onda visibles) teóricamente aparecerá negra. Por otro lado, si se transmiten todas las longitudes de onda visibles (es decir,

no se absorbe nada), la muestra de solución será blanca. Si una solución de muestra absorbe luz roja ($\sim 700\text{ nm}$), el verde es verde porque es el color complementario del rojo. En la práctica, los espectrómetros visibles usan prismas para estrechar un rango de longitud de onda particular (para filtrar otras longitudes de onda) de modo que ciertos rayos pasen a través de una muestra de solución. (de Carvalho et al., 2012). La figura 3 muestra el rango de frecuencias UV, IR y visible en el espectro electromagnético.

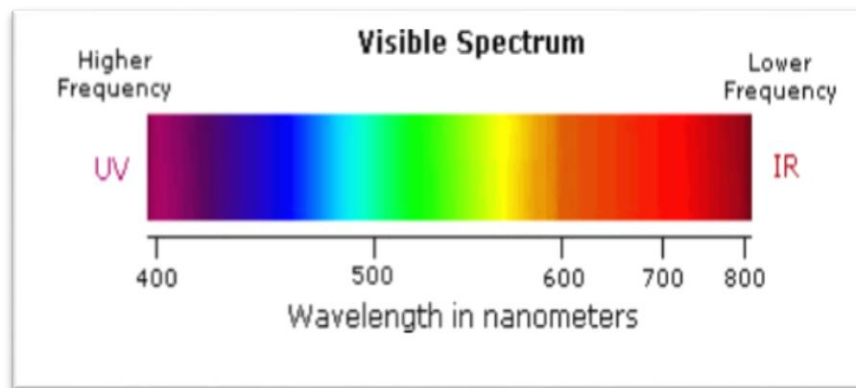


Figura 3: Espectro que muestra el rango de frecuencias UV, visible e IR.

Nota. Renjini & Dileep (2017)

Dispositivos y mecanismo

La figura 4 muestra la estructura básica del espectrómetro. Consta de una fuente de luz, colimador, monocromador, selector de longitud de onda, cubeta de solución de muestra, detector fotoeléctrico, pantalla digital o contador. El mecanismo detallado es el siguiente. (Siguemoto & Gut, 2017). La Figura 2 muestra un espectrofotómetro de muestra (Modelo: Spectronic 20D).

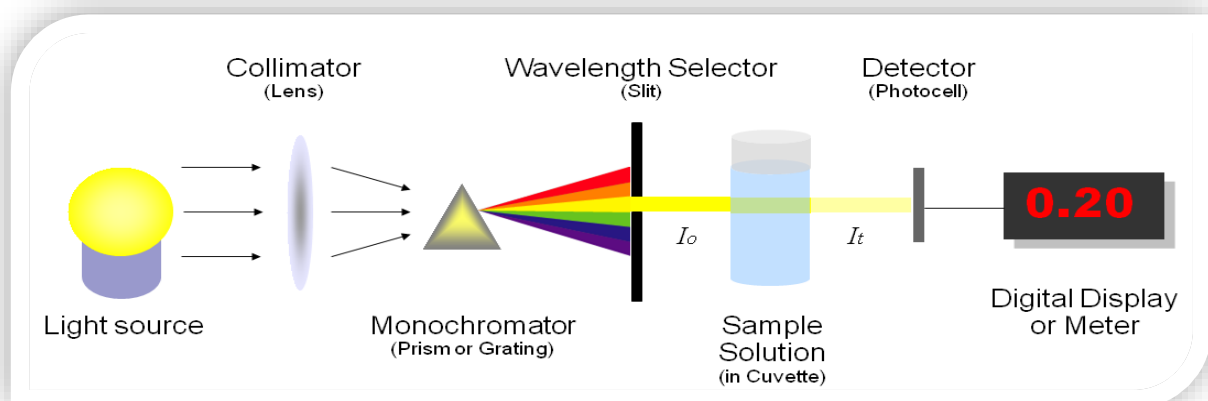


Figura 4: Estructura básica de los espectrofotómetros.

Nota. Siguemoto & Gut (2017)

Normalmente, un espectrómetro consta de dos dispositivos. Espectrómetro y fotómetro. Un espectrómetro es un dispositivo que generalmente genera, propaga y mide la luz. El fotómetro es un detector fotoeléctrico para medir la intensidad de la luz (Renjini & Dileep, 2017).

Espectrómetro: produce luz en el rango de longitud de onda deseado. Primero, un colimador (lente) pasa un haz de luz directo (fotones) a través de un monocromador (prisma) y lo divide en diferentes longitudes de onda de componentes (espectro). El selector de longitud de onda (ranura) envía solo la longitud de onda de interés, como se muestra en la Figura 4.

Fotómetro: después de que la luz en el rango de longitud de onda deseada haya pasado a través de la solución de muestra en la cubeta, el fotómetro detecta el número de fotones absorbidos y envía una señal. Conéctelo a un galvanómetro o pantalla digital como se muestra en la Figura 4.

Necesita un espectrómetro para producir una variedad de longitudes de onda porque diferentes compuestos absorben mejor en diferentes longitudes de onda. Por ejemplo, el p-nitrofenol (forma ácida) tiene la absorbancia máxima a aproximadamente 320 nm y el p-nitrofenol (forma básica) absorbe mejor a 400 nm, como se presenta en la Figura 5.

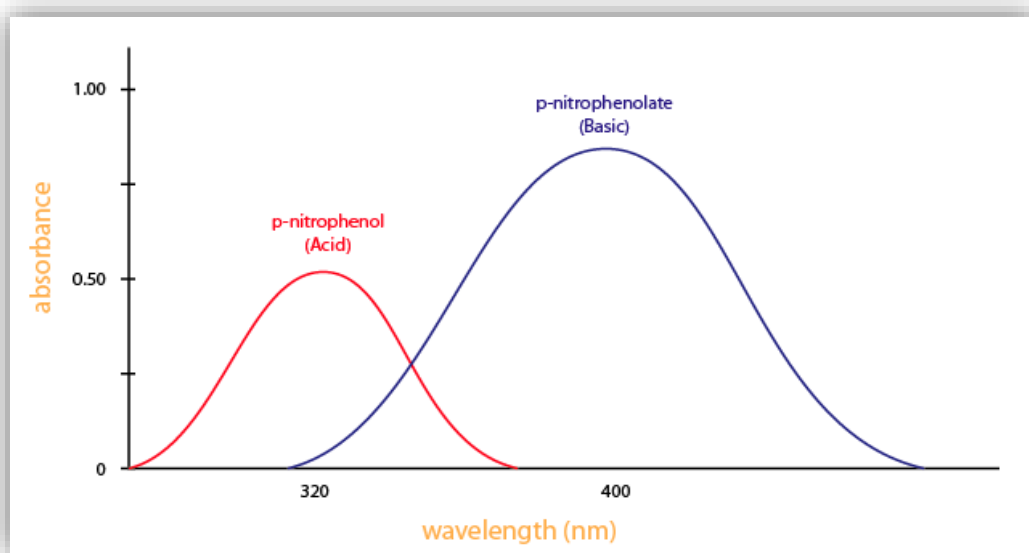


Figura 5: Absorbancia de dos compuestos diferentes
Nota. Renjini & Dileep (2017)

Al observar el gráfico que mide la absorbancia y la longitud de onda, también se puede

observar un punto isobéptico. Un punto isobéptico es la longitud de onda en la que la absorbancia de dos o más especies es la misma. La aparición de un punto isobéptico en una reacción demuestra que NO se requiere un intermedio para formar un producto a partir de un reactivo. La figura 7 muestra un ejemplo de un punto isobéptico (Renjini & Dileep, 2017).

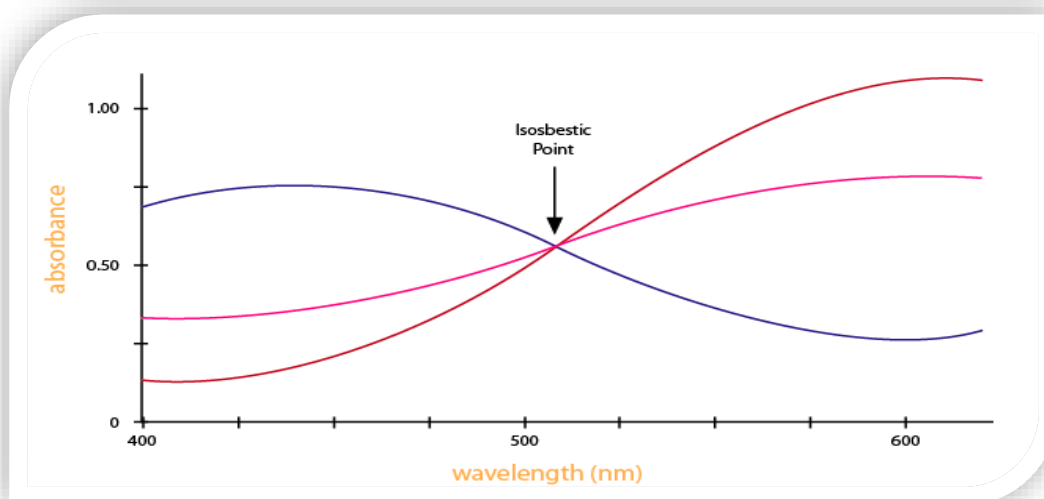


Figura 6: Un ejemplo de punto isobéptico
Nota. Renjini & Dileep (2017)

En la figura 7, la cantidad de fotones que atraviesa la cubeta y entra en el detector depende de la longitud de la cubeta y de la concentración de la muestra. Una vez que sepa la intensidad de la luz después de que pasa a través de la cubeta, puede relacionarla con la transmitancia (T) (Arslan & Aycan, 2014).

La transmitancia es la fracción de luz que atraviesa la muestra. Esto se puede calcular usando la ecuación 1:

$$Transmitancia(T) = \frac{I_t}{I_o}$$

(Ecuación 1)

Donde I_t es la intensidad de la luz después de que el haz de luz pasa a través de la cubeta e I_0 es la intensidad de la luz antes de que el haz de luz pase a través de la cubeta (Morawski, 2008). La transmitancia está relacionada con la absorción como se muestra en la ecuación 2:

$$Absorbancia(A) = -\log_{10}(T) = -\log_{10}\left(\frac{I_t}{I_0}\right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde la absorbancia representa la cantidad de fotones que se absorbe. Con la cantidad de absorbancia conocida de la ecuación anterior, puede determinar la concentración desconocida de la muestra utilizando la Ley de Beer-Lambert. La figura 7 ilustra la transmitancia de luz a través de una muestra (Renjini & Dileep, 2017). La longitud l se utiliza para la ley de Beer-Lambert que se describe a continuación.

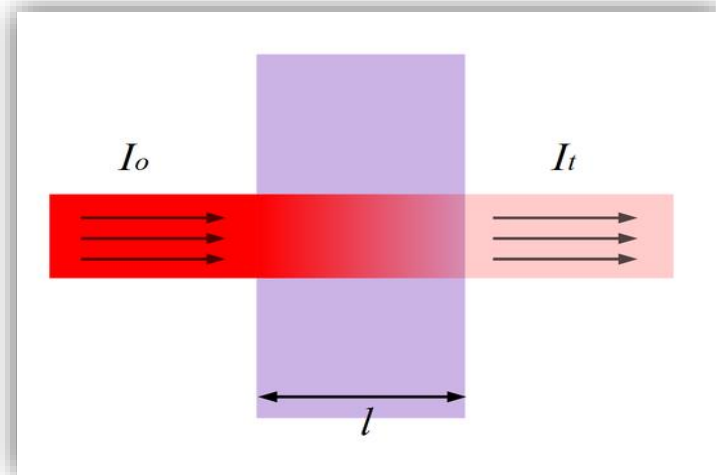


Figura 7: Transmitancia.
Nota. De Carvalho et al. (2012)

Ley de Beer-Lambert

También conocida como ley de Beer establece que existe una relación lineal entre la absorbancia y la concentración de una muestra. Por esta razón, la ley de Beer solo se puede aplicar cuando existe una relación lineal (Dumancas et al., 2017). La ley de Beer se escribe como se ve en la ecuación 3:

$$A=\epsilon lC$$

(Ecuación 3)

dónde

- A es la medida de la absorbancia (sin unidades),
- ϵ es el coeficiente de extinción molar o absortividad molar (o coeficiente de absorción),
- l es la longitud del camino, y
- C es la concentración.

El coeficiente de extinción molar se da como una constante y varía para cada molécula. Dado que la absorbancia no lleva ninguna unidad, las unidades para ϵ debe anular las unidades de longitud y concentración. Como resultado, ϵ tiene las unidades: $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$. La longitud del camino se mide en centímetros. Debido a que un espectrómetro estándar usa una cubeta de 1 cm de ancho, l siempre se supone que es igual a 1 cm. Desde la absorción, ϵ , y se conoce la longitud del camino, podemos calcular la concentración C de la muestra (Dumancas et al., 2017).

1.2.3. Tratamiento térmico

Básicamente, este proceso requiere que la comida se caliente durante un período de tiempo determinado. La mayoría de los procesos térmicos indican la temperatura a la que se debe calentar la comida y el tiempo que lleva mantener los ingredientes a esa temperatura. Hay dos tipos principales de temperaturas que se utilizan en el tratamiento térmico: esterilización y pasteurización. El objetivo del tratamiento térmico de los alimentos es reducir o destruir la actividad microbiana, reducir o destruir la actividad enzimática y provocar cambios físicos o químicos para garantizar que los alimentos alcancen las especificaciones deseadas para ciertos estándares de calidad. Por ejemplo. Fabricamos alimentos comestibles gelatinizando almidón y modificando proteínas. La temperatura que se aplica al alimento varía de 50 a 150°C para inactivar microbios y enzimas endógenas. El proceso elegido depende del pH, la carga microbiana y la vida útil deseada (Pankaj, 2015). El procesamiento térmico incluye además de pasteurización y esterilización comercial, también operaciones de ablandamiento de alimentos y pretratamientos térmicos como escaldado que se realizan antes de congelar y envasar para inactivar bacterias y enzimas y eliminar el aire atrapado. Las operaciones de procesamiento térmico se clasifican convencionalmente según la intensidad del calor utilizado: pasteurización (65–85°C), esterilización (110–121°C) y tratamiento a temperatura

ultra alta (UHT) (140–160°C). Las velocidades de reacción de las enzimas y el crecimiento microbiano aumentan con la temperatura hasta un cierto límite en el que comienza la inactivación. Si bien es necesario tratar los productos procesados térmicamente si se quieren controlar los microbios de importancia para la salud pública, la aplicación de calor a las verduras frescas puede causar un deterioro severo de la calidad, incluida la degradación del color y la textura, la pérdida de nutrientes, la pérdida de coacción y la contracción del área. Además, el consumidor demanda alimentos procesados térmicamente en los que los compuestos nutritivos importantes se dañen lo menos posible (Holdsworth & Simpson, 2016).

1.2.3.1. Tipos de tratamiento térmico

A. Esterilización

El objetivo de este procedimiento es la destrucción de todas las bacterias, incluidas sus esporas. El tratamiento térmico de tales productos debe ser lo suficientemente severo como para inactivar/matar los microorganismos bacterianos más resistentes al calor, que son las esporas de *Bacillus* y *Clostridium*. Los productos alimenticios envasados en recipientes sellados se exponen a temperaturas superiores a 100°C. Las temperaturas superiores a 100°C, que suelen oscilar entre 110 y 121°C, según el tipo de producto. Estos productos se mantienen durante un período de tiempo definido a los niveles de temperatura requeridos para la esterilización según el tipo de producto y el tamaño del recipiente. Si las esporas no se inactivan por completo, los microorganismos vegetativos crecerán a partir de las esporas tan pronto como las condiciones vuelvan a ser favorables. Existirán condiciones favorables cuando se complete el tratamiento térmico y los productos se almacenen a temperatura ambiente. Los microorganismos supervivientes pueden estropear los alimentos en conserva o producir toxinas que causan intoxicación alimentaria. Entre los dos grupos de microorganismos productores de esporas, *Clostridium* es más resistente al calor que *Bacillus*. Las temperaturas de 110°C matarán a la mayoría de las esporas de *Bacillus* en poco tiempo. En el caso de las temperaturas de *Clostridium* se necesitan hasta 121°C para eliminar las esporas en un tiempo relativamente corto. Estas temperaturas de esterilización son necesarias para la inactivación a corto plazo (en unos pocos segundos) de esporas de *Bacillus* o *Clostridium*. Estas esporas también se pueden matar a temperaturas ligeramente más bajas, pero se deben aplicar períodos de tratamiento térmico más largos (Pankaj, 2015).

Desde el punto de vista microbiano, sería ideal emplear un tratamiento térmico muy

intensivo que eliminaría el riesgo de cualquier microorganismo superviviente. Sin embargo, la mayoría de los productos alimenticios no pueden someterse a un estrés por calor tan intenso sin sufrir la degradación de su calidad sensorial o la pérdida de valor nutricional (destrucción de vitaminas y componentes proteicos). Para cumplir con los aspectos anteriores, se debe llegar a un compromiso para mantener la esterilización por calor lo suficientemente intensiva para la seguridad microbiológica de los productos y lo más moderada posible por razones de calidad del producto.

La "esterilidad comercial" implica una destrucción menor que la absoluta de todos los microorganismos y esporas, pero cualquier resto sería incapaz de crecer en los alimentos en las condiciones existentes. Se requiere una combinación de tiempo y temperatura para inactivar la mayoría de los patógenos resistentes al calor y los organismos de descomposición. La mayoría de patógenos resistentes al calor es *Clostridium botulinum*. La mayoría de los microorganismos de deterioro resistentes al calor (no patógenos) son *Bacillus stearothermophilus* y *Clostridium thermosaccharolyticum*. La severidad del tratamiento puede resultar en cambios sustanciales en las características nutritivas y sensoriales (Holdsworth & Simpson, 2016).

➤ **Esterilización en Alimentos envasados**

Los alimentos envasados se procesan para que sean estables en almacenamiento. Deben ser "comercialmente estériles". Eso significa que, si algún microbio sobrevive al procesamiento, no debería ser capaz de crecer (y por lo tanto estropear el contenido) en las condiciones normales de almacenamiento del recipiente. La mayoría de los alimentos envasados son estériles (es decir, no hay organismos vivos presentes), pero algunos pueden contener organismos viables que no pueden crecer debido a condiciones inadecuadas, p. Ej. Agua, temperatura, pH, actividad del agua, conservantes.

B. Pasteurización

La pasteurización es un método de tratamiento térmico relativamente suave que calienta y cuece al vapor los alimentos a $<100^{\circ}\text{C}$. Ampliamente utilizado en la industria alimentaria, a menudo se utiliza como PCC en varios planes HACCP. Como actividad unitaria en el procesamiento de alimentos, se puede utilizar para destruir enzimas y microorganismos relativamente sensibles al calor (bacterias, levaduras, mohos que no forman esporas, etc.) (Holdsworth & Simpson, 2016). En este sentido, se utiliza para extender el período de varios

días, por ejemplo, leche o mes, p. Ejemplo de fruta embotellada. La severidad de la manipulación y la extensión de la vida útil están determinadas en gran medida por el pH del alimento. En alimentos con baja acidez ($\text{pH} < 4$) el objetivo principal es matar los patógenos, pero por debajo de un pH de 4,5 es más importante matar los microorganismos que se deterioran o inactivar las enzimas normales. El grado de tratamiento térmico requerido está determinado por el valor D de la mayoría de las enzimas termoestables o microorganismos que pueden estar presentes (tiempo de reducción decimal o tiempo para reducir en factor de 10 o 90% de la carga inicial). La pasteurización se utiliza normalmente para la destrucción de todos los organismos que causan enfermedades (p. Ej., Pasteurización de la leche) o la destrucción o reducción del número de organismos de descomposición en ciertos alimentos, p. Ej. Vinagre (Quispe & Miranda, 2018).

➤ **Pasteurización en Alimentos envasados**

Algunos alimentos se pasteurizan después de llenarlos en recipientes. Normalmente se utiliza agua caliente si los alimentos se envasan en vidrio, para reducir el riesgo de rotura por choque térmico. La temperatura máxima entre el recipiente y el líquido es de 20°C para calentar y 10°C para enfriar. Los recipientes de metal y plástico se pueden pasteurizar utilizando mezclas de vapor y aire o agua caliente (Holdsworth & Simpson, 2016).

Los pasteurizadores pueden ser discontinuos o continuos. Un tipo de lote simple puede ser un baño de agua en el que las cajas de alimentos se calientan a una temperatura preestablecida y luego se enfrían escurriendo y agregando agua fría. Una versión continua puede transportar contenedores a través de un lote de agua caliente seguido de un baño de agua fría. Los túneles de vapor también pueden usarse con la ventaja de un calentamiento más rápido, lo que da como resultado un tiempo de residencia más corto y un equipo más pequeño. Las temperaturas en las zonas de calentamiento pueden controlarse dependiendo de la cantidad de aire presente. Los productos ácidos como frutas o verduras acidificadas como la remolacha se pueden pasteurizar en una retorta (Dewan, 2020).

1.2.3.2. Valores D, Z y Muerte térmica de microorganismos

a) Curva de tasa de mortalidad (valor D)

A temperaturas ligeramente elevadas, la mayoría de los microbios crecerán y se multiplicarán rápidamente. A temperaturas relativamente altas, los microbios pueden destruirse. Sin embargo, existe mucha variación dentro de cualquier población de microbios

de la misma especie: la mayoría morirá relativamente rápido, otros pueden sobrevivir mucho más tiempo. Si una población de microbios se mantiene a una temperatura alta constante, el número de esporas o células supervivientes representado contra el tiempo (en una escala logarítmica) se verá como el siguiente gráfico, que se conoce como la "curva de tasa de muerte" (Figura 8) (Siguemoto & Gut, 2017).

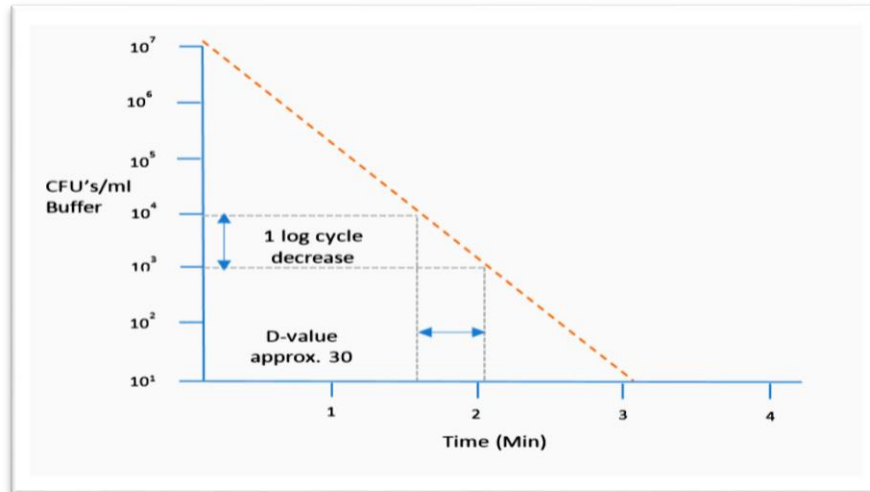


Figura 8: Representación logarítmica de una población microbiana en función al tiempo.

Nota. Pankaj (2015)

Este gráfico es una línea recta; se lo conoce como el orden logarítmico de la muerte.

La "curva de tasa de mortalidad" es una línea recta cuando se traza utilizando una escala logarítmica; esto significa que si en algún período de tiempo el número se redujo de 1000 a 100 (dividido por diez, a veces denominado "1 reducción logarítmica"), entonces si hubiera mantenido los microbios a la misma temperatura durante el doble de ese período de tiempo, el número se habría reducido a 1 (dividido por 100, o "2 reducciones logarítmicas") (Simpson & Ramírez, 2020). Basándose en la definición del tiempo de reducción decimal, la siguiente ecuación, describe la curva de supervivencia:

$$D = \frac{t}{\text{Log}N_0 - \text{Log}N} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

- N_0 = Número inicial de esporas.
- N = número final de esporas.
- t = tiempo cuando atraviesa un ciclo logarítmico.

b) Factor cinético o valor Z

Se trata de una tasa de cambio generalmente se da como un valor z, siendo el cambio de temperatura requerido para dar un cambio diez veces mayor en el valor D. Los valores típicos de z para mesófilos son 4-8°C en sistemas de alta actividad de agua (aw); los datos de la Figura 5 se muestra la representación logarítmica del Valor D frente a la temperatura. En comparación, las esporas de bacterias a menudo tienen un valor z aproximado a 10°C a temperaturas superiores a 100°C, y la mayoría de las esporas pueden resistir la pasteurización. Es necesario tener cuidado al utilizar los valores z, ya que pueden variar con la temperatura y, al igual que con los valores D, también variarán con el sustrato. Por ejemplo, los cambios de pH y aw pueden producir cambios importantes en la resistencia térmica de los organismos. Los microorganismos son menos susceptibles al calor cuando se baja la aw. Los microorganismos son menos susceptibles al calor cuando se baja la aw. La reducción del pH normalmente aumentará la susceptibilidad a los tratamientos LTLT (Baja temperatura, largo tiempo), pero el efecto puede no ser significativo en condiciones HTST (unidad de pasteurización) (Siguemoto & Gut, 2017).

Las levaduras y los mohos son principalmente de interés como organismos que envejecen, aunque los mohos pueden producir micotoxinas. Las formas vegetativas típicas son normalmente más lábiles al calor que muchas bacterias de descomposición, pero las ascosporas pueden ser más resistentes al calor, aunque mucho menos que las esporas de bacterias. La Tabla 5 da un rango de valores D y z para microorganismos; Estos valores deben tomarse únicamente como indicativos, por las razones expuestas anteriormente. Aunque un número significativo de patógenos no debería sobrevivir al proceso de pasteurización, existe la posibilidad de que sobrevivan algunos organismos resistentes al calor si los números originales son muy altos o si está funcionando algún mecanismo protector. Por tanto, la calidad microbiana de la materia prima y su manipulación higiénica también son importantes para limitar el desafío al sistema de tratamiento térmico (Simpson & Ramírez, 2020). En base a lo indicado, el valor Z puede expresarse mediante la siguiente Ecuación 5

$$Z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_{t1} - \log D_{t2}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

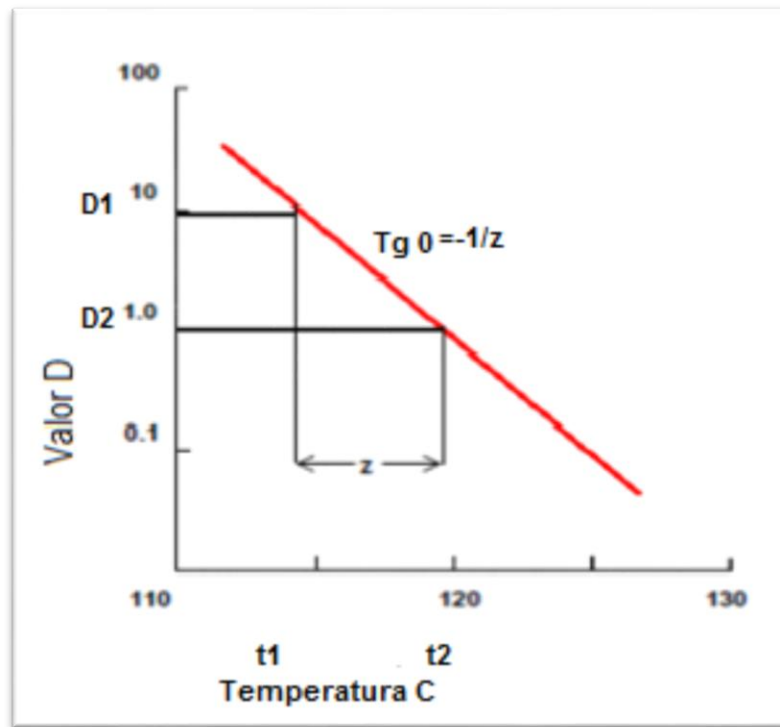


Figura 9: Representación logarítmica del Valor D frente a la temperatura, mostrando de forma gráfica el valor z.
 Nota. Tecse Tecsi (2017)

Tabla 5

Resistencia térmica aproximada (valores D) de algunas esporas bacterianas

Tipo de alimento y microorganismos típicos	Valor D (min) a:		Valor z (°C)
	121°C	100°C	
Alimentos poco ácidos (pH>4.6)			
Aerobio termófilo			
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4.0 – 4.5	3000	7
<i>Bacillus coagulans</i>	0.1		
Anaerobios termófilos			
<i>Cl. thermosaccharolyticum</i>	3.0-4.0		12.0-18.0
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	2.0-3.0		
Anaerobios mesófilos			
<i>C. sporogenes</i>	0.1-1.5		9.0-13.0
<i>C. botulinum tipos A y B</i>	0.1-0.2	50	10
<i>C. perfingens</i>		0.3-20	10.0-30.0
<i>C. caloritolerans</i>		3	
<i>C. butyricum</i>		0.1-0.5	
Aerobios mesófilos			
<i>B. licheniformis</i>		13	6
<i>B. lincheniformis</i>		13	6
<i>B. macerans</i>		0.1-0.5	
<i>B. subtilis</i>		11	7
<i>B. cereus</i>		5	10
<i>B. megaterium</i>		1	9
Alimentos poco ácidos (pH>4.6)			
Aerobio termotorelante			
<i>B. coagulans</i>	0.01-0.1		
Aerobios mesófilos			
<i>B. polymyxa</i>		0.1-0.5	
<i>B. macerus</i>		0.1-0.5	
<i>C. butyricum</i> (o <i>C. pasteurianum</i>)		0.1-0.5	

Nota. Vázquez (2007)

c) Muerte térmica de microorganismos.

Cuando los organismos se someten a un calor húmedo por encima de su rango de temperatura normal, se pueden observar varios efectos (Figura 10). Con los tiempos de tratamiento térmico relativamente cortos normalmente asociados con la pasteurización, las temperaturas justo por encima de la temperatura de crecimiento normal (zona A en la Fig.11) tendrán poco o ningún efecto sobre el número de sobrevivientes, aunque puede haber riesgo de que las bacterias se vuelvan más resistentes a los tratamientos posteriores. Con un aumento adicional de la temperatura (zona B) se hará evidente un pequeño efecto letal. A temperaturas más altas (zona C), que se aprovechan en los procesos de pasteurización, el logaritmo del número de supervivientes es inversamente proporcional al tiempo de exposición y a la temperatura. Por tanto, para una temperatura dada dentro de la zona e, puede obtenerse el tiempo necesario para reducir diez veces los supervivientes, el valor D. Estos valores se expresan en minutos o segundos y deben identificarse por la temperatura. Los valores D son una aproximación para una cepa dada de una especie, cuya cinética de muerte puede incluir una cola de organismos más resistentes a la temperatura; por lo tanto, para un trabajo más preciso, puede ser apropiado un modelo más sofisticado, aunque para la mayoría de los propósitos el concepto de valor D es adecuado (Pankaj, 2015).

El valor D disminuirá al aumentar la temperatura. La tasa de cambio se suele dar como un valor, siendo el cambio de temperatura necesario para multiplicar por diez el valor de D. Los valores típicos de z para mesófilos son 4-8°C en sistemas de alta actividad de agua (a_w). En comparación a las bacterias, las esporas suelen tener un valor z aproximado a 10°C a temperaturas superiores a 100°C, y la mayoría de las esporas pueden resistir la pasteurización. Es necesario tener cuidado al utilizar los valores z , ya que pueden variar con la temperatura y, al igual que con los valores D, también variarán con el sustrato. Por ejemplo, los cambios de pH y a_w pueden producir cambios importantes en la resistencia térmica de los organismos. Los microorganismos son menos susceptibles al calor cuando se baja la a_w . La reducción del pH normalmente aumentará la susceptibilidad a los tratamientos LTLT Dewan (2020).

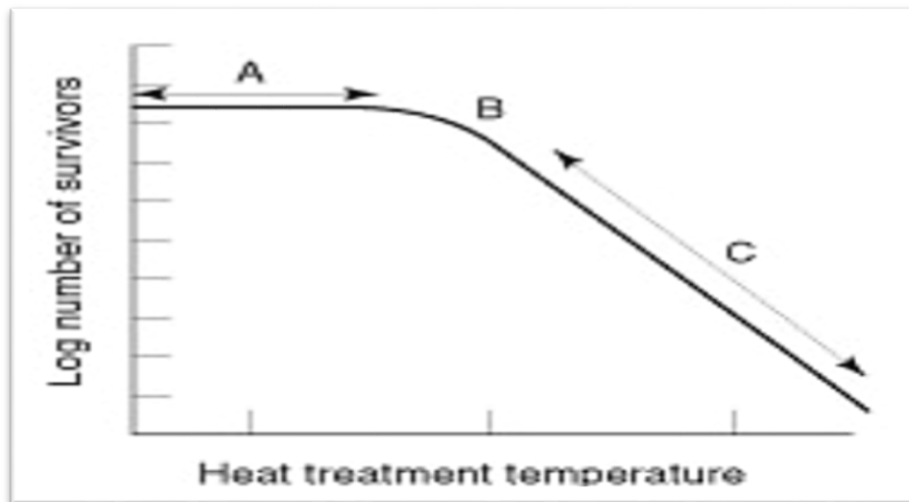


Figura 10: Efecto de la temperatura del tratamiento térmico durante un tiempo fijo sobre la supervivencia de organismos en un cultivo bacteriano.

Nota. Wilbey (1999)

1.2.3.3. Cinética de la penetración de calor en los productos envasados

a) Penetración de calor en alimentos envasados

La velocidad de penetración del calor y la distribución del calor dentro del envase son otros aspectos importantes del procesamiento térmico. Estos aspectos se basan en características físicas y son completamente independientes de los aspectos microbiológicos. Ningún envase puede calentarse instantáneamente a una temperatura letal ni enfriarse instantáneamente. Los alimentos envasados pasan por diferentes temperaturas en diferentes momentos de los procesos de calentamiento y enfriamiento. Para comprender cuánta esterilización ha recibido el envase, es necesario saber cuánto tiempo ha permanecido el envase en cada nivel de temperatura. En otras palabras, es necesaria una imagen completa del patrón de calentamiento y enfriamiento para evaluar el proceso térmico.

La distribución del calor dentro del envase depende de cómo se transfiera el calor. Los envases para alimentos pueden clasificarse en paquetes de calentamiento por convección y paquetes de calentamiento por conducción, según el tipo de transferencia de calor. El calentamiento por convección tiene lugar cuando se calienta un líquido y el líquido transfiere el calor de un punto a otro mediante el movimiento de moléculas de líquido dentro del envase, es decir, por convección. En caso de calentamiento por conducción se produce cuando la distribución del calor se realiza a través del sólido (Pongener, Sharma, & Purbey, 2018).

b) Punto más frío en productos envasados

La cantidad de tratamiento térmico aplicado a un producto alimenticio se puede medir usando el concepto de valor F. Este concepto se practica en plantas de conservas, en particular como parte del sistema HACCP. El tamaño y formato de envases es de suma importancia para la velocidad de penetración del calor. Temperaturas hasta alcanzarse en el "punto frío" del envase donde llega el calor, por último, se llega más rápido en envases pequeños debido a la menor distancia a la fuente de calor que en grandes envases. El valor F_0 es una medida del "valor esterilizante" de un proceso. Se puede considerar como el tiempo necesario a una temperatura de 121°C para reducir el número de microbios en la misma cantidad que el proceso real que se está considerando. Recuerde que los procesos no siempre se llevan a cabo a 121°C y ciertamente la temperatura del producto no es constante a esta temperatura durante todo el proceso. Por lo tanto, proporciona una base para comparar diferentes procedimientos de esterilización por calor si dos procesos tienen el mismo valor de F_0 , proporcionan el mismo nivel de esterilización. La temperatura de 121°C es simplemente una referencia arbitraria; no hay nada especial en esta temperatura en particular (Llosa, 2019).

Un concepto similar al de F_0 que se utiliza a menudo para determinar el tratamiento térmico de cervezas y otros alimentos con alto contenido de ácido es "unidades de pasteurización" (o PU): 1 PU equivale a pasteurizar a 60°C durante un minuto. El tratamiento mínimo para productos de baja acidez, la "cocción botulínica", tiene por tanto un F_0 de 2,5 minutos (es decir, $12 * 0.21 = 2.5$ min). El nivel requerido de tratamiento térmico (F_0 del proceso) puede variar con factores como el pH y el nivel de carbohidratos, y el tipo y nivel esperado de contaminación con microorganismos. Otros aditivos químicos también pueden ayudar a la inhibición de microorganismos y detienen la germinación de las esporas y, por lo tanto, permiten el uso de condiciones de procesamiento inferiores). Además, algunos productos requieren un procesamiento adicional para lograr el nivel de cocción requerido, p. Ej. los frijoles horneados deben ser lo suficientemente suaves. A continuación, se muestra en la Figura 11, se observa los diferentes puntos que se consideran según el tipo de transferencia de calor del alimento (Vásquez & Miranda, 2016).

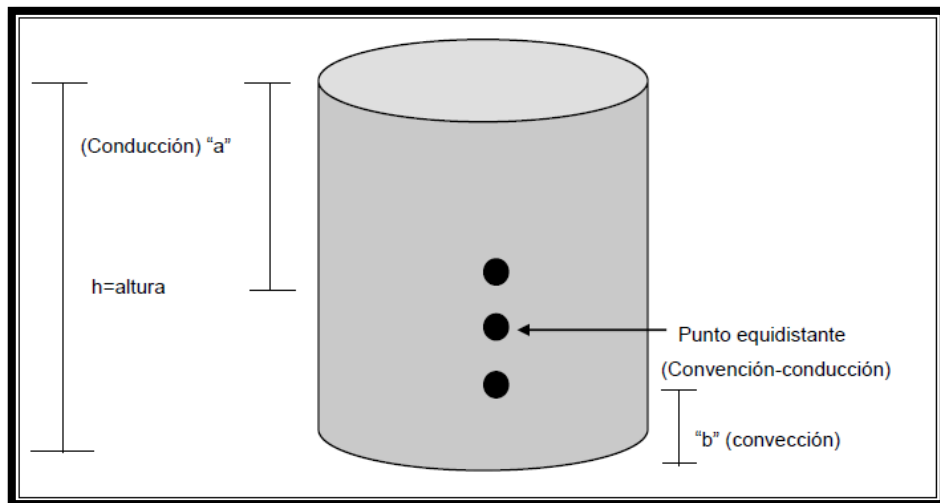


Figura 11: Punto más frío de transferencia de calor.

Nota. Wilbey (1999)

Dónde:

- a = “la mitad de la altura h del envase”.
- b = “un tercio de la altura del envase tomada desde la base”.

Tabla 6

Valores F (por minuto) para el rango de temperatura de 100°C a 135°C

$^{\circ}\text{C}$	Valor F
100	0.0077
101	0.0097
102	0.0123
103	0.0154
104	0.0194
105	0.0245
106	0.0308
107	0.0489
108	0.0615
109	0.0775
110	0.0975
111	0.1227
112	0.1545
113	0.1545
114	0.1945
115	0.2449

Nota. Pankaj (2015)

c) El factor de letalidad "L"

Dado que el F_0 se basa en una temperatura de referencia constante de 121°C , pero el producto se encuentra principalmente a una temperatura diferente. Este es el propósito del factor de letalidad o "valor L". Se define como el tiempo a $121,1^\circ\text{C}$ que equivale en valor de esterilización a un minuto a alguna otra temperatura. Un minuto a cierta temperatura contribuirá con "L" minutos de F_0 , donde "L" es el valor L_0 para la temperatura en cuestión. El valor L depende del valor z del microorganismo que se esté considerando, pero para la mayoría de los propósitos $z = 10^\circ\text{C}$. El valor L se puede calcular a partir de la fórmula o se puede leer en una tabla. En la figura 13 se representa la curva de velocidad letal frente al tiempo del proceso (Cervantes-Paz et al., 2012).

El área bajo la curva se llama LETALIDAD, los efectos del tiempo y la temperatura sobre la población microbiana, expresados como tiempo a la temperatura de referencia, como se muestra en la Ecuación 6 (Dewan, 2020).

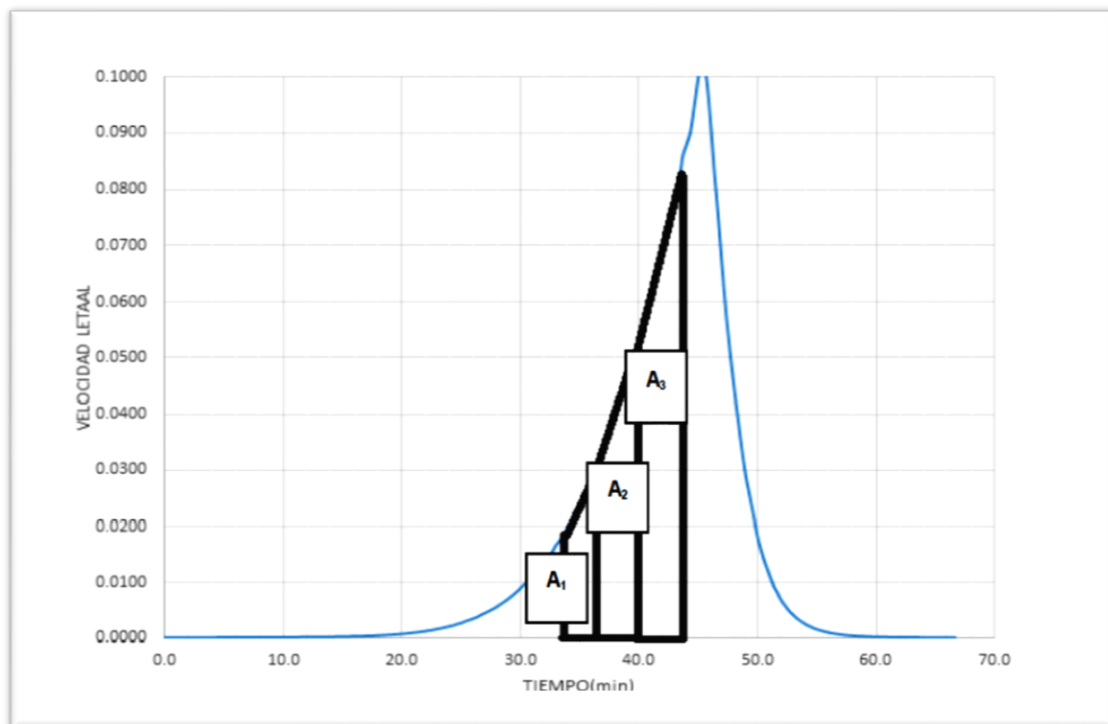


Figura 12: Representación de la velocidad letal vs. Tiempo para un proceso.

Nota. Tecse Tecsi (2017)

$$L = 10^{\frac{(T-T_{ref})}{z}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

En donde:

- L = “Valor letal o letalidad”.
- T = “Cada una de las temperaturas inscriptas durante el calentamiento y enfriamiento del producto”.
- Tref = “Temperatura de referencia”.
- Z = “Valor z del microorganismo utilizando como base del proceso”.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materia prima

Para la investigación se empleó 20 Kg de pimienta piquillo, del fundo Costa Rica- Carretera Motupe (Centro poblado Anchovira) utilizado para la elaboración de la conserva.

2.2. Tipo de investigación

Investigación experimental.

2.3. Diseño experimental

La investigación constó de tres tratamientos, con tres mediciones de tiempo cada uno; cada unidad tuvo una temperatura constante de 101°C para la pasteurización de la conserva de pimienta piquillo.

2.3.1. Variables consideradas en el proceso de la obtención de la conserva de pimienta piquillo

Tabla 7

Operacionalización de Variables

Variable	Tipo de variable	Dimensiones	Indicadores
Tiempo de Pasteurización a 101°C	Independiente	Minutos	22, 26 y 30
Características Organolépticas	Dependiente	Sabor Aroma Color Textura	Escala hedónica de 5 puntos
Características fisicoquímicas	Dependiente	pH °Brix %Sal	4,05-4,30 8-10 0,70-0,85
Características Microbiológicas	Dependiente	Salmonella E.Coli S. Aureus	Negativo /25g <10 ufc/g <10 ufc/g

Nota. Elaboración propia (2020)

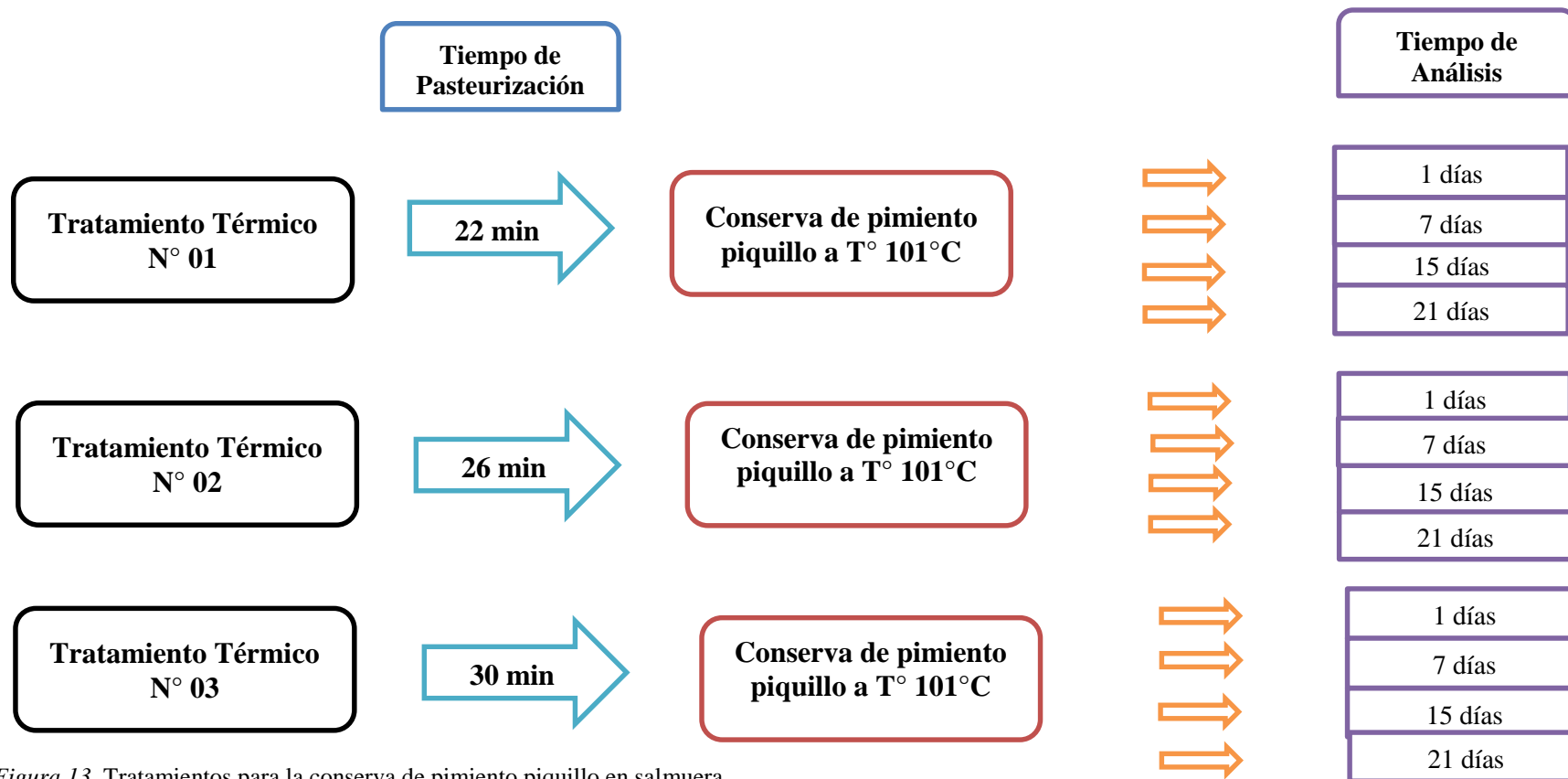


Figura 13. Tratamientos para la conserva de pimiento piquillo en salmuera.

Nota: Elaboración propia (2021)

2.4. Materiales y equipos

2.4.1. Materiales

- Fiolas volumétricas
- Balón de destilación de 250 a 500 mL
- Matraces erlenmeyer
- Cápsulas de porcelana
- Matraces Kitazato 250 a 500 mL
- Micro pipetas de 50-100 μL y de 100 - 1000 μL
- Paletas y utensilios de plástico
- Papel filtro Watman # 4
- Pipetas graduadas 1, 2, 5, y 10 mL
- Pinzas metálicas
- Pizeta
- Probetas graduadas de 10, 50, 100, 250 mL
- Placas petri
- Termómetro (-10°C – 100°C)
- Vasos de precipitación 10, 50, 100, 250, 600, 1000 mL
- Viales para HPLC
- Jeringas de plástico de 3 mL
- Acrodisco de 0,45 μm
- Tips para 50 - 100 μL y de 100 - 1000 μL .

2.4.2. Equipos

- Espectrofotómetro UV/V Spectronic, Mod. Genesys 20 (USA).
- Rotavapor Buchi.
- Lámpara UVN provista de luz blanca y ultravioleta.
- Balanza Analítica Sartorius, Modelo BP 2215.
- Cámara Cromatográfica 30 x 30 x 7 de vidrio.
- Autoclave de cascada de agua

2.5. Procedimiento experimental

2.5.1. Proceso de obtención de la conserva de pimiento piquillo

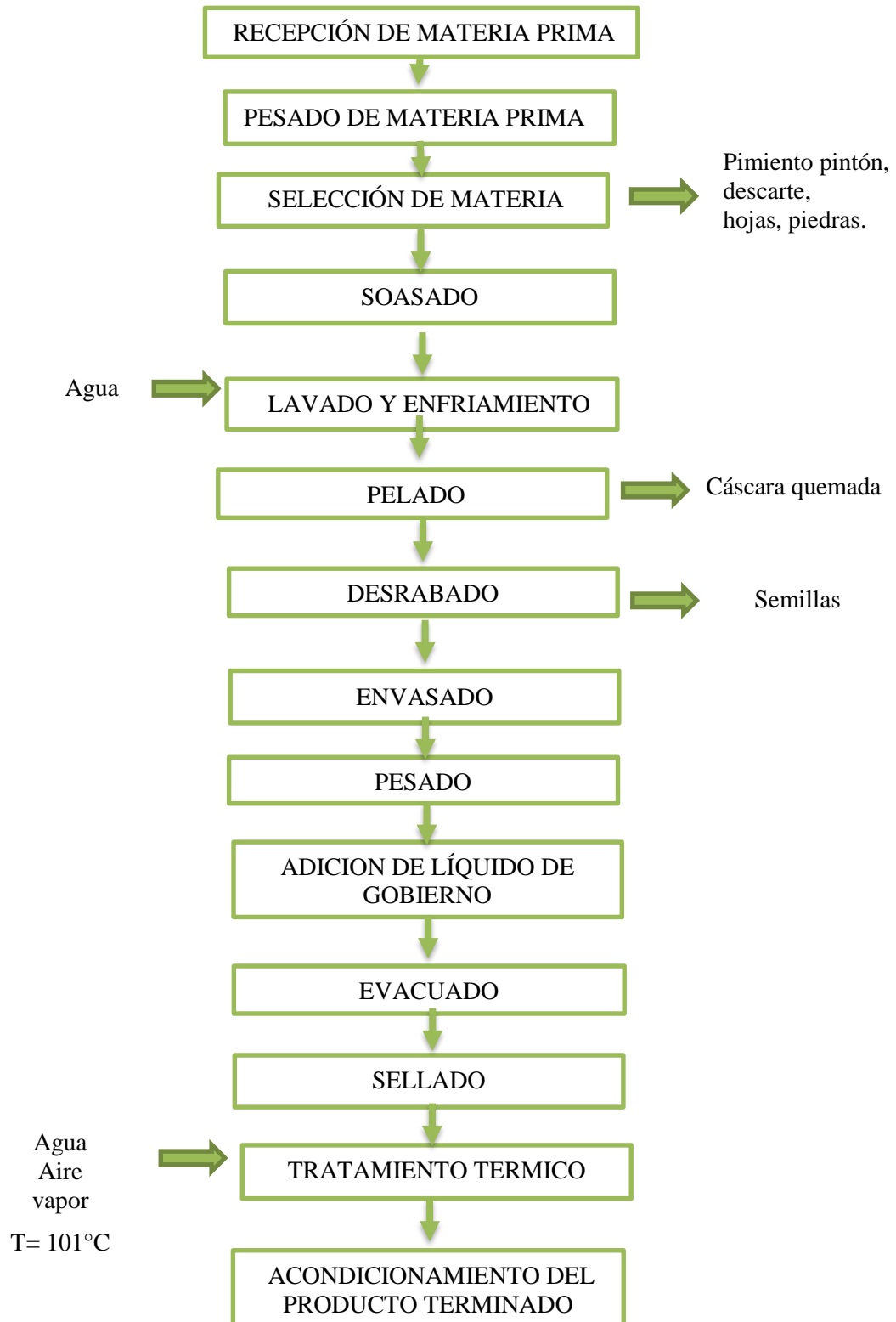


Figura 14. Diagrama de bloques para la elaboración de conserva de pimiento piquillo.

Nota: Elaboración propia (2020)

a. Recepción de materia prima

El pimiento se almacenó en un lugar de acopio. El manejo cuidadoso de las materias primas, el almacenamiento en condiciones adecuadas, la protección contra la lluvia, el sol y la rápida descomposición debido a daños físicos y sobreproducción son esenciales en los lugares de almacenamiento.

b. Pesado de materia prima

El piquillo se pesa en una báscula electrónica de piso y soporta con precisión el peso de cada paleta.

c. Selección de materia

En esta etapa también se tiene en cuenta atributos de calidad como materias primas, irregularidades, rechazos seleccionados y color de la fruta. El pimiento que no haya sido aprobado se descartará.

d. Soasado

Los pimientos pasaron a través de un horno rotatorio, el cual en su interior está compuesto por ladrillo refractario y es calentado por un quemador a gas.

El rango de tiempo de exposición o transición del pimiento en el horno es de 15 a 30 segundos.

e. Lavado y enfriamiento

Es una operación que tiene como objetivo reducir la temperatura del pimiento posterior a su horneado para evitar la deshidratación acelerada.

f. Pelado

El propósito de esta operación es eliminar completamente la piel quemada o las cenizas utilizando un tambor o un colador pelado. El piquillo se separa de la cutícula quemada por contacto con un tambor de malla de acero inoxidable y una ducha de agua potable a presión.

g. Desrabado

Esta operación consiste en retirar el pedúnculo y el corazón de semillas de la parte entera comestible, teniendo cuidado con no dañar el pimiento.

h. Envasado

Esta operación se coloca el pimiento piquillo en sus respectivos envases, de acuerdo a los tamaños, color y arreglo del envasado

i. Pesado

En esta etapa se verifica que cada envase contenga la cantidad de peso llenado que corresponde de acuerdo a lo requerido.

j. Adición de líquido de gobierno

La adición de líquido de gobierno se efectúa con la finalidad de acidificar la conserva, se controló el pH, °Brix y Temperatura, la cual al adicionarse debe estar en una temperatura no menor de 80°C.

k. Evacuado

En esta etapa se evacua el aire de la conserva antes de ser herméticamente cerrado lo que se consigue pasando el envase por un túnel de vapor no menor a 90°C.

l. Sellado

Esta etapa tiene como finalidad lograr la hermeticidad del envase ya que de eso depende la seguridad del producto.

m. Tratamiento térmico

Las conservas se someten a un proceso de temperatura de 101°C por determinado tiempo, con el fin de eliminar el desarrollo de microorganismos patógenos que puedan poner en riesgo la salud del consumidor final

n. Acondicionamiento del producto terminado

Una vez concluido el tratamiento térmico, las conservas tienen un tiempo de espera antes del siguiente proceso con la finalidad de evitar una recontaminación por microorganismos mesófilos.

2.5.2. Metodología

A continuación, se especifican los análisis realizados durante el proceso de ejecución.

a) Análisis químico proximal y fisicoquímico

Los métodos de análisis a realizarse al pimiento piquillo y a la conserva de pimiento en salmuera envasado en frascos de vidrio en presentación de 290g. Se presenta en la tabla 8.

Tabla 8

Métodos de análisis químico proximal y fisicoquímico

Análisis	Nombre del método
Determinación del % de sal	Conductividad
°Brix	Refractometría
pH	Potenciometría
Determinación del contenido de carotenoides	Espectrofotometría adaptada a un lector de placa multipocillos

Nota: Elaboración propia (2020)

b) Análisis Sensorial

Las muestras se analizarán en cuanto a color, sabor, olor y textura de la conserva de pimiento piquillo después de aplicado el tratamiento térmico a una temperatura de 101°C durante los tiempos 22, 26 y 30 minutos. Serán analizadas por jueces entrenado, que calificarán las muestras sobre la base de una escala hedónica de 5 puntos como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Escala hedónica del análisis organoléptico de la conserva de pimiento piquillo

Puntaje	Nivel de agrado
1	Excelente
2	Muy bueno
3	Bueno
4	Regular
5	Malo

Nota: Elaboración propia (2020)

c) Análisis estadístico

Se realizará el análisis de varianza, estableciendo valores de significación en $P < 0.05$.

Para el procesamiento se utilizará el software estadístico SPSS Statistics versión 25.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización del pimiento piquillo en estado fresco

El pimiento Piquillo morfológicamente es pequeño y cónico; presenta una longitud corta (10 cm), diámetro medio (4 a 5 cm), forma triangular (con 2 o 3 caras), con un peso de 35 a 50 gr (figura 15). Se caracteriza por presentar un color rojo intenso, carnosos, y de textura firme sin llegar a ser dura. Tiene un sabor dulce nada ácido y con cierto regusto al asado. es un pimiento rojo característico. En la tabla 10 se presenta le valor nutricional del pimiento piquillo en estado fresco.



Figura 15. Pimiento piquillo en estado fresco

Nota: Elaboración propia (2021)

Tabla 10

Valor nutricional de pimiento piquillo (100g de contenido comestible)

Compuestos	Valor
Hidratos de carbono	3,7%
Lípidos	2%
Proteínas	9%
Sodio	5 mg/kg
Calcio	120 mg/kg

Nota. Evaluación propia (2021)

3.2. Contenido de carotenoides en la conserva de pimiento piquillo

En la tabla 11 se presentan los resultados obtenidos sobre la concentración de carotenoides en estado fresco y en las 3 variaciones de tiempo de procesamiento.

Tabla 11

Efecto del tratamiento térmico sobre la concentración de carotenoides

Estado del pimiento piquillo	Tratamiento Térmico / Días de evaluación		Carotenoides totales (µg de carotenoides/g de muestra)
FRESCO			83.934
CONSERVA	T1 T° 101°C x 22min	Día 1	68.792
		Día 7	68.786
		Día 15	68.782
		Día 21	68.782
	T2 T° 101°C x 26min	Día 1	66.863
		Día 7	66.859
		Día 15	66.856
		Día 21	66.854
	T3 T° 101°C x 30min	Día 1	63.596
		Día 7	63.587
		Día 15	63.582
		Día 21	63.579

Nota. Evaluación propia (2021)

Se presenta los resultados obtenidos en los días de análisis (1, 7, 15 y 21), donde se evidencia que el valor del contenido de carotenoides en el pimiento piquillo se ve afectado mayormente en el tratamiento 3.

Tabla 12

Análisis ANOVA de los tres tratamientos de la conserva de pimiento piquillo

	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Día 1	2	6,899	0.00	0.00
Día 7	2	6,908	0.00	0.00
Día 15	2	9,935	0.00	0.00
Día 21	2	6,919	0.00	0.00

Nota. Evaluación propia (2021)

Si el valor $P < 0,05$ existe diferencia significativa entre los tratamientos y si el valor de $P < 0,01$ la diferencia es altamente significativo; es decir se rechaza la hipótesis alterna donde podemos decir que la temperatura del tratamiento térmico no afecta el contenido de carotenoides significativamente entre los 3 tratamientos y los días de análisis. En la figura 16 se muestra la representación gráfica de la variación del contenido de carotenoides en los 3 tratamientos durante los días de evaluación.

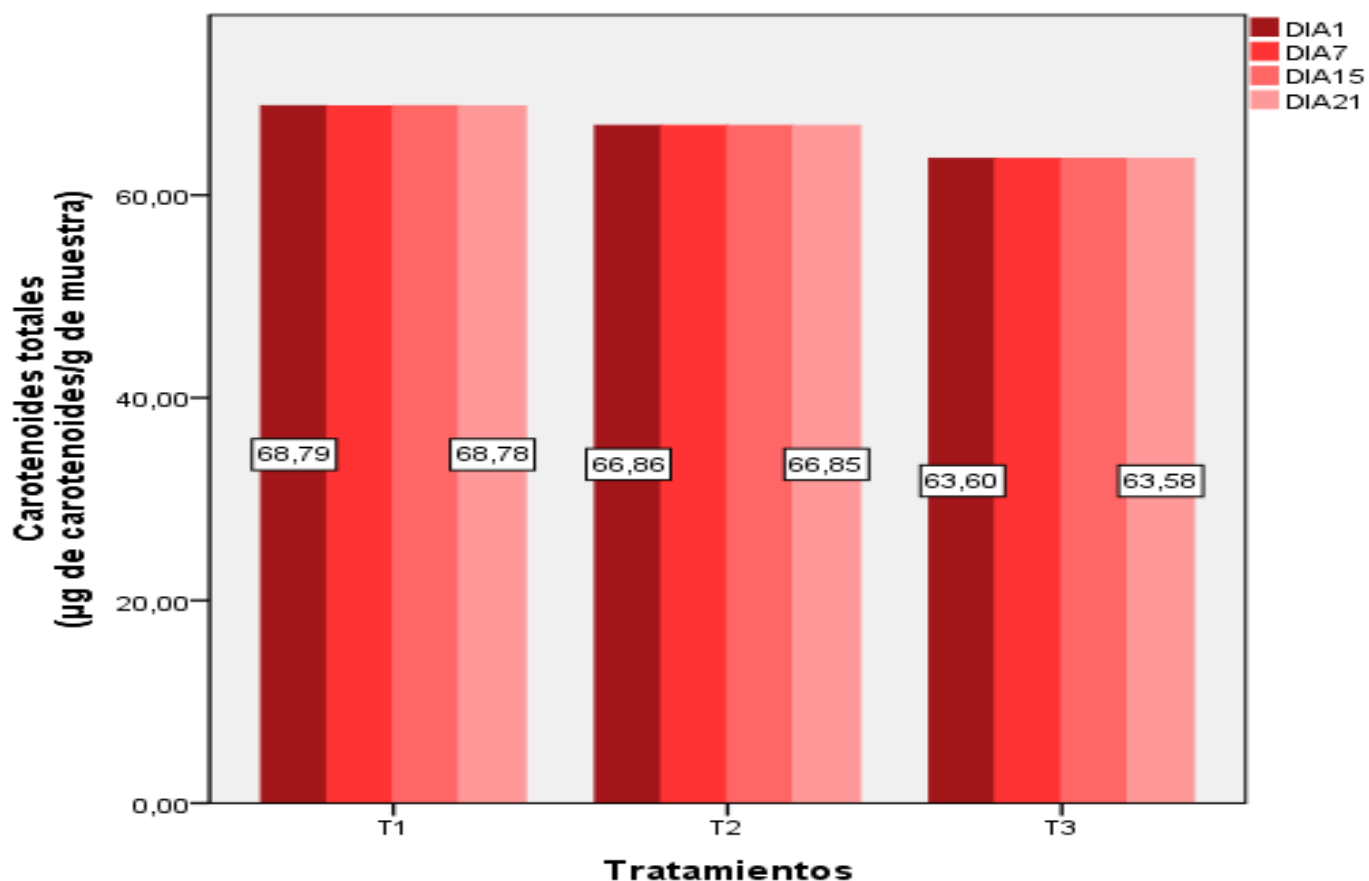


Figura 16. Representación gráfica del contenido de carotenoides en los 3 tratamientos

Nota: Elaboración propia (2021)

3.3. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicas y organolépticos del pimiento piquillo en conserva

Tabla 13

Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos

Estado del pimiento		Parámetros Fisicoquímicos		
		pH	°Brix	% Sal
Conserva	T1	4,15	10	0,77
	T2	4,14	9,7	0,74
	T3	4,12	9,4	0,75

Nota. Evaluación propia (2021)

Se caracteriza los parámetros fisicoquímicos en los tres tratamientos térmicos al que fue sometido la conserva de pimiento piquillo, donde hay una baja en el pH de 4,15 hasta 4,12 en el tratamiento 3.

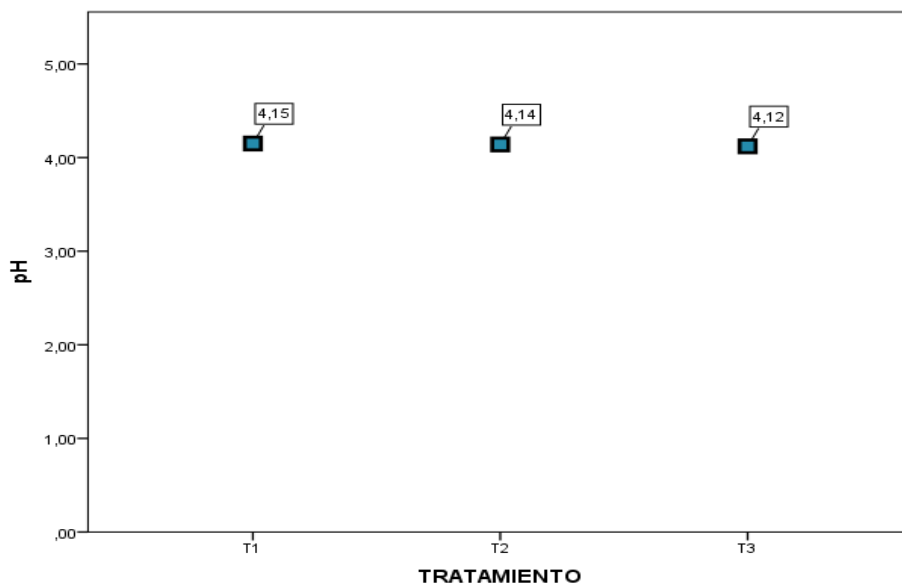


Figura 17. Representación gráfica de la variación de pH en la conserva de pimiento piquillo los 3 tratamientos.

Nota. Elaboración propia (2021)

En la figura 17 se muestra que el pH sufrió un descenso entre los 3 tratamientos térmicos.

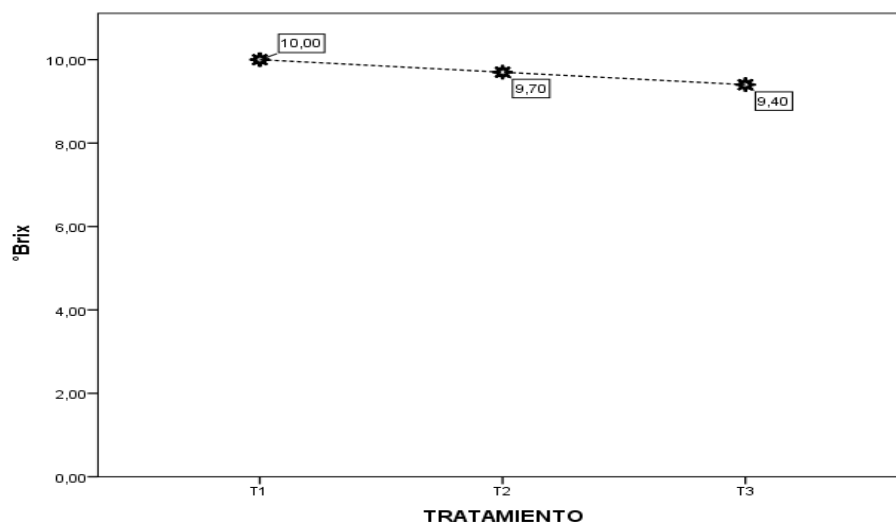


Figura 18. Representación gráfica del contenido del °Brix en la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos.

Nota. Elaboración propia (2021)

En la figura 18 se representa gráficamente el contenido de °Brix que disminuye de 10 en el tratamiento 1 a 9,40 en el tratamiento 3

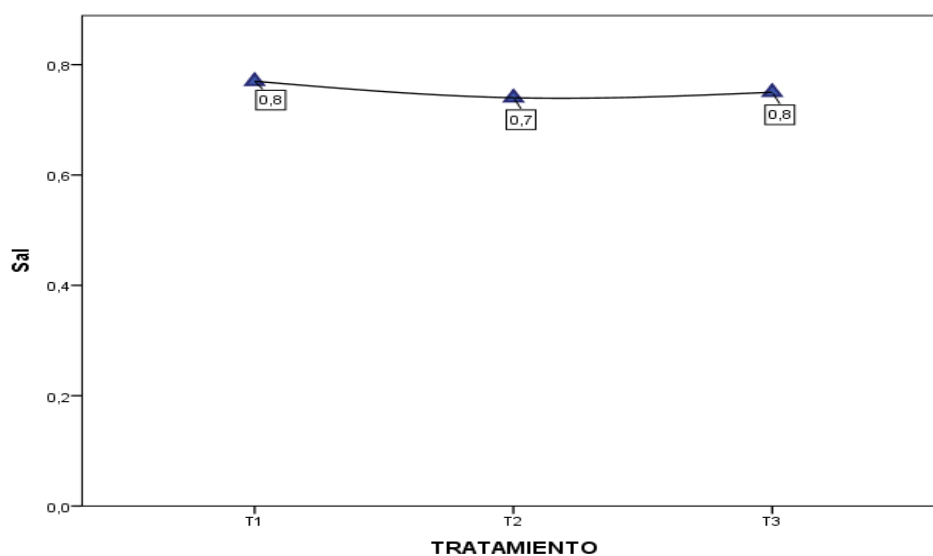


Figura 19. Representación gráfica del % de sal en la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos.

Nota. Elaboración propia (2021)

En la figura 19 muestra el % de sal que se mantuvo constante durante el 1er y 3er tratamiento, sufriendo una leve disminución en el tratamiento 2

Tabla 14

Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades microbiológicas de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos

Estado del pimiento		Parámetros Microbiológicos			
		<i>Coliformes totales</i>	<i>E. Coli</i>	<i>Salmonella sp.</i>	<i>S. aureus</i>
Conserva	T1	<10	<10	Ausencia	<10
	T2	<10	<10	Ausencia	<10
	T3	<10	<10	Ausencia	<10

Nota. Evaluación propia (2021)

En la tabla 14 se presentan los valores en los parámetros microbiológicos como coliformes totales menores de 10, así como la *E. Coli*, *S. aureus* encontrándose en el límite permitido para una conserva, y ausencia de *Salmonella*.

Tabla 15

Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades organolépticas de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos

Tratamiento N°1		101°C x 22 minutos		
Color	Muy bueno (2)	Excelente (1)	Excelente (1)	Excelente (1)
Sabor	Bueno (3)	Bueno (3)	Bueno (3)	Bueno (3)
Olor	Regular (4)	Regular (4)	Regular (4)	Regular (4)
Textura	Excelente (1)	Excelente (1)	Excelente (1)	Excelente (1)
CALIFICACIÓN FINAL	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO

Tratamiento N°2		101°C x 26 minutos		
Color	Bueno (3)	Regular (4)	Regular (4)	Regular (4)
Sabor	Bueno (3)	Bueno (3)	Bueno (3)	Bueno (3)
Olor	Regular (4)	Regular (4)	Regular (4)	Regular (4)

Textura	Regular (4)	Malo (5)	Regular (4)
CALIFICACIÓN FINAL	ACEPTADO	NO ACEPTADO	ACEPTADO

Tratamiento N°3	101°C x 30 minutos		
------------------------	---------------------------	--	--

Color	Malo (5)	Malo (5)	Malo (5)
Sabor	Bueno (3)	Bueno (3)	Bueno (3)
Olor	Regular (4)	Regular (4)	Regular (4)
Textura	Malo (5)	Malo (5)	Malo (5)
CALIFICACIÓN FINAL	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO

Nota. Evaluación propia (2021)

Los parámetros organolépticos se determinación en el laboratorio a criterio propio, donde se determinó que el pimiento conserva su sabor y olor característico, en cuanto al color y textura ha variado por la aplicación de temperatura en el tratamiento térmico.

3.4. Caracterización nutricional de la conserva de pimiento piquillo en los 3 tratamientos

En la tabla 16 se presenta la composición nutricional de la conserva de pimiento piquillo, determinándose valores de proteína, hierro, potasio y sodio en los 3 tratamientos aplicados

Tabla 16

Composición nutricional de la conserva de pimiento piquillo

Días de Evaluación	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Proteína (N. Kjeldahl x 6,25) (Volumetría)	0,93 %	0,90 %	0,84 %
Hierro (ICP-MS)	2,0 mg/kg	1,93 mg/kg	1,88 mg/kg
Potasio (ICP-MS)	1,892 mg/kg.	1,776 mg/kg	1,749 mg/kg.
Sodio (ICP-MS)	2,572 mg/kg	2,449 mg/kg.	2,218 mg/kg

Nota. Evaluación propia (2021)

IV. DISCUSIÓN

Los pimientos del piquillo son atractivos por su color y fuerte sabor. Además de sus propiedades sensoriales, también son una buena fuente de nutrientes y compuestos bioactivos como vitaminas, carotenoides, antocianinas, ácidos fenólicos y flavonoides. De estos componentes, los carotenoides en los pimientos son de especial interés debido tanto a su contenido de carotenoides provitamina A (β -caroteno, α -caroteno y β -criptoxantina) como a otros carotenoides que son importantes para la salud humana.

Los pimientos se pueden consumir en su forma natural, pero muchas veces son ingeridos después de algunos tratamientos térmicos como pasteurización a temperatura de 101°C por tiempos de 22, 26 y 30 min (procedimientos de cocción o técnicas de conservación). Este procesamiento induce variaciones físicas y químicas en los alimentos, que puede conducir a cambios sensoriales, nutricionales y de textura; estos cambios se evidencian en la variación de la concentración de carotenoides con valores desde 68,792 con un tiempo de 22 minutos de tratamiento térmico hasta 63.579 μ g de carotenoides/g de muestra con 30 min de tratamiento térmico, en comparación al valor en estado fresco de 83.934 μ g de carotenoides/g (Rodríguez-Rodríguez et al., 2020). Lo mismo se evidencia en los valores de pH y °brix sufren una disminución desde 4,15 hasta 4,12 y de 10 a 9,4 respectivamente, sin evidencia de microorganismos. Por el contrario, con el porcentaje sal sufre una subida en el tratamiento 3. La disminución y/o destrucción de estos pigmentos reduce el valor nutritivo de los alimentos e induce una decoloración y una pérdida de sus características organolépticas. El grado de decoloración va a depender fundamentalmente de la presencia de agentes oxidantes en el medio (sobre todo oxígeno molecular) y de que se comunique energía suficiente para que la reacción de degradación tenga lugar (Rey, Zacarías, & Rodrigo, 2020)

V. CONCLUSIONES

Los parámetros óptimos para el tratamiento térmico de la conserva de pimiento piquillo en salmuera fueron la temperatura constante de 101°C por un tiempo de 22 minutos debido a que no existe mayor afectación en sus características fisicoquímicas y organolépticas.

El contenido de carotenoides en la conserva de pimiento piquillo en salmuera sufrió un descenso en los 3 tratamientos con respecto al pimiento en estado fresco; notándose la leve variación luego de 1 día de haber sido elaborada la conserva, teniendo así en el tratamiento 1 valores de 89,934 a 68,782µg de carotenoides/g de muestra, el tratamiento 2 con valores de 89,934 a 66,854µg de carotenoides/g de muestra; en el tratamiento 3 sufre una mayor pérdida con valores de 89,934 a 63,579 µg de carotenoides/g de muestra. Ninguno de los 3 tratamientos sufrió variaciones significativas luego de 7,15 y 21 días.

Los parámetros fisicoquímicos sufren un ligero descenso como es el caso del pH con valores de 4,15 a 4,12; °Brix de 10 a 9,4, %sal de 0,77 a 0,75 en los tratamientos 1 y 3, en los análisis microbiológicos se observa que no existe presencia de *salmonella sp* y valores de *E.coli*, *coliformes totales* y *s. aureus* que no sobrepasan el límite permitido, permitiendo decir que es una conserva inocua en los 3 tratamientos.

VI. RECOMENDACIONES

Investigar sobre nuevos tiempos de pasteurización y mayor tiempo de evaluación y certificar que los valores descienden con el tiempo.

Reducir la temperatura en el horneado con la finalidad de conservar las propiedades nutricionales y organolépticas del pimiento.

Utilización de aditivos alimentarios para mejorar los atributos organolépticos como la textura y color de las conservas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, B. O., & Lorenzo, F. G. (2014). *Carotenoides y salud humana*.
- Arimboor, R., Natarajan, R. B., Menon, K. R., Chandrasekhar, L. P., & Moorkoth, V. (2015). Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1258-1271. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1260-7>
- Arslan, Z. K., & Aycan, Ş. (2014). An Example of the Use of Spectrophotometric Method: Determining the Carmine in Various Food Products. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 4622-4625. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.996>
- Asociación de Exportadores (ADEX). (2019). *Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EE.UU.*
- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2011). Directiva 2011/3/UE De La Comisión. *Diario Oficial de la Unión Europea*, (2008), 59-63.
- Carranco, M. E., Carrillo, M. D. L. C., & Pérez, F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 61(3), 233-241.
- Castillo-Valladares, J. (2014). *Tecnología de la conserva de anchoeta (Engraulis ringens) en salsa de pimiento morrón rojo (capsicum annuum)*. Universidad Nacional del Callao.
- Cervantes-Paz, B., Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. de J., Gardea-Béjar, A. A., Ibarra-Junquera, V., & Pérez-Martínez, J. D. (2012). Effect of Heat Processing on the Profile of Pigments and Antioxidant Capacity of Green and Red Jalapeño Peppers. *AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, 60, 10822-10833.
- Chamorro Requena, H. R. (2017). *Efecto de la presión y temperatura en la extracción por CO2 supercrítico de carotenoides de zanahoria (daucus carota)*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1584>
- de Carvalho, L. M. J., Gomes, P. B., Godoy, R. L. de O., Pacheco, S., do Monte, P. H. F., de Carvalho, J. L. V., ... Ramos, S. R. R. (2012). Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. *Food Research International*, 47(2), 337-340. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.040>

- Dewan, F. (2020). Thermal Treatment of Food Preservation. *Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University*, (August), 1-15.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16633.49761/1>
- Dumancas, G. G., Bello, G., Sevileno, S., Subong, B. J. J., Koralege, R. H., Nuwan Perera, U. D., ... Goudelock, A. (2017). *Spectrophotometric Analysis of Food Colorants. Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21457-1>
- Farias, E. (2015). Pimiento Piquillo. *Scribd*, 2, 4. Recuperado de
<https://es.scribd.com/document/313108255/PIMIENTO-PIQUILLO>
- García, F. (1991). El cultivo del pimiento. *Ciencia Agronómica, Sept./Oct.*(May), 35-55.
- Girón-Martínez, J., & Santos-Ordóñez, L. E. (2015). Efecto del procesamiento térmico sobre el color superficial del pimentón rojo (*Capsicum annuum*) variedad «Nataly». *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 104-113.
- Gómez, R. (2020). Capsium el reto del crecer en fresco. *Red Agrícola*, 68.
- Hassan, N. M., Yusof, N. A., Yahaya, A. F., Rozali, N. N. M., & Othman, R. (2019). Carotenoids of capsicum fruits: Pigment profile and health-promoting functional attributes. *Antioxidants*, 8(10), 1-25. <https://doi.org/10.3390/antiox8100469>
- Holdsworth, S. D., & Simpson, R. (2016). Thermal Processing of Packaged Foods. En *Food Engineering Series* (pp. 1-466).
- Hwang, E. S., Stacewicz-Sapuntzakis, M., & Bowen, P. E. (2012). Effects of Heat Treatment on the Carotenoid and Tocopherol Composition of Tomato. *Journal of Food Science*, 77(10), 1-6. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02909.x>
- Li, J., Xie, J., Yu, J., Lv, J., Zhang, J., Wang, X., ... Ma, G. (2017). Reversed-phase high-performance liquid chromatography for the quantification and optimization for extracting ten kinds of carotenoids in Pepper (*Capsicum annuum* L.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(38), 8475-8488.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02440>
- Llosa, F. (2019). *Estudios de tratamiento térmico en conservas de alimentos de baja acidez utilizando monitores inalámbricos de temperatura*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Meléndez Martínez, A. J., Vicario Romero, I., & Heredia Mira, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 61.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). SISCEX. Recuperado de <http://sistemas.midagri.gob.pe/siscex/exportaciones/partidaIN>
- Morawski, R. Z. (2008). On food, spectrophotometry, and measurement data processing (keynote lecture). *Proceedings of the 12th IMEKO TC1 Education and Training in Measurement and Instrumentation and TC7 Measurement Science Joint Symposium on «Man, Science and Measurement» 2008*, 7-20.
- Pankaj, S. K. (2015). Thermal processing of food. *Advances in Food Biotechnology*, 681-692. <https://doi.org/10.1002/9781118864463.ch40>
- Paredes Oblitas, A. C., & Peche Benites, J. Y. (2019). *Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (Capsicum annuum), utilizando visión artificial*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4496/BC-TES-TMP-3316.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pongener, A., Sharma, S., & Purbey, S. K. (2018). *Heat Treatment of Fruits and Vegetables. Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812698-1.00009-1>
- Quispe, Á., & Miranda, J. (2018). *Influencia en la resistencia a la compresión del concreto convencional al sustituir agregado fino por plástico PET y caucho de llantas recicladas*. Recuperado de [http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13597/Miranda Mego Jary Leynexter - Quispe Boado Angel Alberto - parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13597/Miranda%20Mego%20Jary%20Leynixer%20-%20Quispe%20Boado%20Angel%20Alberto%20-%20parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Renjini, A., & Dileep, D. (2017). Spectrophotometry and Spectrometry - Concept and Applications. *Ijariie*, 2(4), 96-100.
- Rey, F., Zacarías, L., & Rodrigo, M. J. (2020). Carotenoids, vitamin c, and antioxidant capacity in the peel of mandarin fruit in relation to the susceptibility to chilling injury during postharvest cold storage. *Antioxidants*, 9(12), 1-21. <https://doi.org/10.3390/antiox9121296>

- Rodríguez-Rodríguez, E., Sánchez-Prieto, M., & Olmedilla-Alonso, B. (2020). Assessment of carotenoid concentrations in red peppers (*Capsicum annuum*) under domestic refrigeration for three weeks as determined by HPLC-DAD. *Food Chemistry: X*, 6(January), 100092. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100092>
- Siguemoto, É. S., & Gut, J. A. W. (2017). Validation of spectrophotometric microplate methods for polyphenol oxidase and peroxidase activities analysis in fruits and vegetables. *Food Science and Technology*, 37, 148-153. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.36216>
- Simpson, R., & Ramírez, C. (2020). Principles of Thermal Processing of Packaged Foods. *Principles of Thermal Processing of Packaged Foods*. https://doi.org/10.21061/introbiosystemsengineering/food_thermal_processing
- Tecse Tecsí, R. A. (2017). *Efecto del procesamiento de pulpa de copazú (Theobroma grandiflorum) enlatada, sobre la retención de vitamina C (Acido ascórbico)*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Vásquez, C., & Miranda, L. (2016). Estudio de Penetración de Calor en una Conserva de Camarón Envasada en Empaque Flexible . *Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2401/1/4741.pdf>
- Vázquez, M. (2007). Fundamentos de la determinación de parámetros cinéticos para microorganismos de interés en tratamiento térmico de alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1, 1-14.
- Wilbey, A. (1999). Principles of Pasteurization. *Heat Treatment of Foods*.
- Zakynthinos, G., & Varzakas, T. (2016). Carotenoids: From plants to food industry. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 4(SpecialIssue1), 38-51. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.Special-Issue1.04>

VIII. ANEXOS



Figura 20. Recepción del pimiento piquillo



Figura 21. Selección del pimiento piquillo



Figura 22. Operación de soasado pimiento piquillo



Figura 23. Operación de pelado y desrabado del pimiento piquillo



Figura 24. Operación de pesado del pimiento piquillo



Figura 25. Operación de envasado del pimiento piquillo



Figura 26. Adición de líquido de gobierno a la conserva de pimiento piquillo

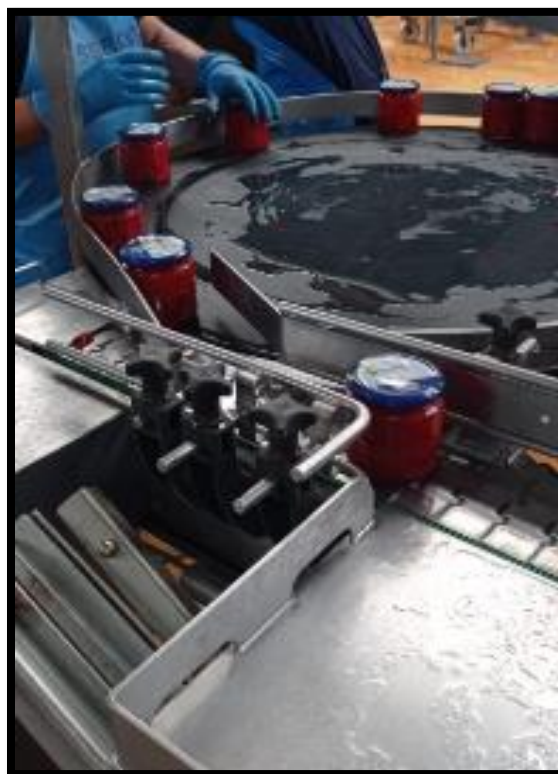


Figura 27. Sellado de la conserva de pimiento piquillo

1. Datos de la muestra :

1.1 Producto : Pimiento piquillo en conserva
1.2 Formato : 314/11 mL
1.3 Juliana de producción : J275
1.4 N° de Muestras : n=1
1.5 Inicio de Análisis : 01/10/2020
1.6 Final de Análisis : 19/10/2020
1.7 Tratamiento térmico : 101°C x 30 minutos

2. Resultados :

2.1 Prueba de Esterilidad Comercial

Fecha Producción / Lote	Cantidad la incubación 35°C x 14 días	Mesófilos		Termófilos	RESULTADO
		C. Ácida 30°C x 4 días	C. E. malta 30°C x 4 días	C. Ácida 55°C x 2 días	
L0-275 FP:01/10/2020	0/1	0/2	0/2	0/2	Estéril Comercialmente

Datos del ensayo:

(P/T) - Número de tubos positivos / Total de tubos inoculados con la muestra

Para de la muestra: 2 q por cada tubo

Método:

Bacteriological Analytical Manual Online (BAM) Examination of canned Foods, January 2001, Chapter 21A

3. Conclusión :

El producto CUMPLE la esterilidad comercial, según el requisito NTS N° 071-MINSA/DIGESA, RM 541-2008/MINSA, capítulo XIX conservar, numeral XIX.2 Alimentos ácidos y alimentos de baja acidez acidificados de pH < 4.6.

Figura 28. Esterilidad comercial de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 30 minutos

1. Datos de la muestra :

1.1 Producto : Pimiento piquillo en conserva
1.2 Formato : 314/11 mL
1.3 Juliana de producción : J275
1.4 N° de Muestras : n=1
1.5 Inicio de Análisis : 01/10/2020
1.6 Final de Análisis : 19/10/2020
1.7 Tratamiento térmico : 101°C x 26 minutos

2. Resultados :

2.1 Prueba de Esterilidad Comercial

Fecha Producción / Lote	Cantidad de la Inoculación 35°C x 14 hr	Mesófilos		Termófilos	RESULTADOS
		C. Ácida 30°C x 4 días	C. E. neutra 30°C x 4 días	C. Ácida 55°C x 2 días	
L0-275 FP:01/10/2020	0/1	0/2	0/2	0/2	Esteril Comercialmente

Datos del ensayo:

(P/T) - Número de tubos positivos / Total de tubos inoculados con la muestra

Para de la muestra: 2 q por cada tubo

Método:

Bacteriological Analytical Manual Online (BAM) Examination of canned Foods, January 2001, Chapter 21 A

3. Conclusión :

El producto CUMPLE la esterilidad comercial, según el requisito NTS N° 071-MINSA/DIGESA, RM 591-2008/MINSA, capítulo XIII conservar, numeral XIII.2 Alimentos ácidos y alimentos de baja acidez acidificados de pH < 4.6.

Figura 29. Esterilidad comercial de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 26 minutos

1. Datos de la muestra :

1.1 Producto : Pimiento piquillo en conserva
 1.2 Formato : 314/11 mL
 1.3 Juliana de producción : J275
 1.4 N° de Muestra : n-1
 1.5 Inicio de Análisis : 01/10/2020
 1.6 Final de Análisis : 19/10/2020
 1.7 Tratamiento térmico : 101°C x 22 minutos

2. Resultados :

2.1 Prueba de Esterilidad Comercial

Fecha Producción / Lote	Condiciones de Incubación 35°C x 14 días	Morfófilas		Termófilas	RESULTADO
		C. ácida 30°C x 4 días	C. E. malta 30°C x 4 días	C. ácida 55°C x 2 días	
L0-275 FP:01/10/2020	0/1	0/2	0/2	0/2	Estéril Comercialmente

Datos del ensayo:

(P/T) - Número de tubos positivos/Total de tubos inocular con la muestra

Porción de la muestra: 2g por cada tubo

Método:

Bacteriological Analytical Manual Online (BAM) Examination of canned Food, January 2001, Chapter 21A

3. Conclusión :

El producto CUMPLE la esterilidad comercial, según el requisito NTS N° 071-MINSA/DIGESA, RM 591-2008/MINSA, capítulo XIX conservar, numeral XIX.2 Alimentar ácido y alimento de baja acidez acidificado de pH: 4.6.

Figura 30. Esterilidad comercial de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 22 minutos



Carretera Industrial a Laredo S/N Teléfono : ++5144252574
Sector Barrio Nuevo-Moche Fax : ++5144256307
Trujillo-Perú E-mail : danper@danper.com

**EXAMEN FISICO QUIMICO ORGANOLEPTICO
DE PRODUCTO TERMINADO
PIMIENTO PIQUILLO SOASADO**

Tratamiento N° 03	101°C x 30 minutos											
Fecha de producción	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020
Fecha de evaluación	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	7/10/2020	7/10/2020	7/10/2020	15/10/2020	15/10/2020	15/10/2020	30/10/2020	30/10/2020	30/10/2020
Formato	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11
Peso Drenado (gr)	176	178	175	176	176	178	175	176	177	177	176	177
pH (l)	4.15	4.12	4.14	4.13	4.12	4.10	4.16	4.15	4.17	4.13	4.12	4.16
Brix (l)	10.0	9.8	9.8	10.0	9.8	9.7	9.6	9.8	9.7	9.8	9.7	9.6
Sal (%)	0.77	0.75	0.77	0.76	0.78	0.76	0.77	0.78	0.75	0.78	0.77	0.76
Acidez (%)	0.45	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44	0.46	0.45	0.46	0.46	0.45
Longitud Mínima (cm)	5.8	5.8	5.5	5.5	6.0	5.8	5.9	6.0	5.5	5.6	5.8	5.9
Longitud Máxima (cm)	6.8	7.2	7.2	7.5	7.6	7.8	7.5	7.8	7.6	7.6	7.2	7.0
Color (característico)	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro	Oscuro
Sabor (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Olor (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Textura (l)	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando
CALIFICACIÓN FINAL	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO	NO ACEPTADO

Figura 31. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 30 minutos



Carretera Industrial a Laredo S/N Teléfono : ++5144252574
Sector Barrio Nuevo-Moche Fax : ++5144256307
Trujillo-Perú E-mail : danper@danper.com

**EXAMEN FISICO QUIMICO ORGANOLEPTICO
DE PRODUCTO TERMINADO
PIMIENTO PIQUILLO SOASADO**

Tratamiento N° 02	101°C x 26 minutos											
Fecha de producción	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020
Fecha de evaluación	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	7/10/2020	7/10/2020	7/10/2020	15/10/2020	15/10/2020	15/10/2020	30/10/2020	30/10/2020	30/10/2020
Formato	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11
Peso Drenado (gr)	176	178	175	176	176	178	175	176	177	177	176	177
pH (l)	4.14	4.13	4.12	4.14	4.13	4.12	4.15	4.14	4.15	4.14	4.13	4.14
Brix (l)	9.7	9.6	9.7	9.8	10.0	9.8	9.8	10.0	9.6	9.7	9.8	10.0
Sal (%)	0.74	0.74	0.75	0.75	0.74	0.75	0.76	0.75	0.76	0.74	0.75	0.75
Acidez (%)	0.45	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44	0.46	0.45	0.46	0.46	0.45
Longitud Mínima (cm)	5.4	5.7	5.6	5.7	5.8	5.9	5.8	5.9	6.0	5.6	5.7	6.0
Longitud Máxima (cm)	6.9	7.0	7.1	7.6	7.7	7.7	7.4	7.6	7.7	7.8	7.0	7.1
Color (característico)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Sabor (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Olor (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Textura (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
CALIFICACIÓN FINAL	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO

Figura 32. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 26 minutos



Carretera Industrial a Laredo S/N Teléfono : ++5144252574
Sector Barrio Nuevo-Moche Fax : ++5144256307
Trujillo-Perú E-mail : danper@danper.com

EXAMEN FISICO QUIMICO ORGANOLEPTICO
DE PRODUCTO TERMINADO
PIMIENTO PIQUILLO SOASADO

Tratamiento N° 01	101°C x 22 minutos											
Fecha de producción	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020
Fecha de evaluación	1/10/2020	1/10/2020	1/10/2020	7/10/2020	7/10/2020	7/10/2020	15/10/2020	15/10/2020	15/10/2020	30/10/2020	30/10/2020	30/10/2020
Formato	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11	314/11
Peso Drenado (gr)	175	176	175	176	175	176	177	176	175	176	175	177
pH (l)	4.13	4.11	4.12	4.14	4.13	4.12	4.12	4.13	4.14	4.15	4.13	4.15
Brix (l)	9.0	9.4	9.6	9.8	9.6	9.7	9.7	9.8	9.8	9.6	9.7	9.5
Sal (%)	0.77	0.75	0.77	0.76	0.78	0.76	0.77	0.78	0.75	0.78	0.77	0.76
Acidez (%)	0.47	0.45	0.49	0.45	0.48	0.46	0.47	0.45	0.48	0.49	0.48	0.47
Longitud Mínima (cm)	6.0	5.7	5.8	6.0	5.9	5.7	5.8	5.7	5.8	5.5	6.0	5.8
Longitud Máxima (cm)	7.0	7.1	7.0	7.4	7.3	7.4	7.2	7.6	7.5	7.4	7.3	7.5
Color (característico)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Sabor (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Olor (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Textura (l)	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
CALIFICACIÓN FINAL	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO

Figura 33. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la conserva de pimiento piquillo a T° de 101°C por 22 minutos