

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y
Biología
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TÍTULO: “Evaluación del tratamiento térmico del
langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) en
conserva”

Autor: Br. Diego Alejandro Pulache Celi

Asesor: Dr. William Rolando Miranda Zamora

Registro: PY-EPIIA-012

Sullana – Perú

2022

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres y hermana, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mi propia familia, mi esposa e hijo que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito y estar siempre presentes, acompañándome moralmente a lo largo de esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

Agradecimiento a Dios por bendecirnos la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi esposa Cristina y mi hijo Leonel

Gracias a mis padres: Juan y Rosario; a mi hermana Mariapia, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecimiento a mis docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional, de manera especial, al Dr. William R. Miranda Zamora, tutor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, por su valioso aporte para mi investigación.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias			
	ANEXO 1 - B Carta de Conformidad del Asesor			
	Factor 7: Código Estándar 22-23-24 Acreditación-SINEACE ¹¹	Criterios 1,3,4,10 de Acreditación-ICACIT ¹²	Versión: 001	Aprobado: Resolución N° 168/2021-UNF/CO

Señor(a)

Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

Decano / Coordinador (e)

Facultad de **Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología**

Universidad Nacional de Frontera

El suscrito, en mi condición de asesor del señor **Bachiller Diego Alejandro Pulache Celi** de la Escuela Profesional de **Ingeniería de Industrias Alimentarias** informo que el **Informe de Tesis** o, titulado "**Evaluación del tratamiento térmico del langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) en conserva**" se encuentra conforme a lo indicado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Sullana, 28 de Febrero de 2022




Asesor

William Rolando Miranda Zamora
 DNI:40045539

¹¹ SINEACE (2016) Modelo de Acreditación para Programas de Estudios de Educación Superior Universitaria. Disponible: <https://www.sineace.gob.pe/wp-content/uploads/2014/08/Anexo-1-nuevo-modelo-programas-Resolucion-175.pdf>

¹² ICACIT (2021) Criterios Generales, Informe Autoestudio ICACIT. Disponible: <https://icacitperu.org/web/es/acreditacion/criterios-de-acreditacion/acreditacion-en-ingenieria>

JURADO EVALUADOR

Presidente
Dr. Manuel Jesús Sánchez Chero



Secretaria
MSc. Karina Silvana Gutiérrez Valverde



Vocal
Dr. William Rolando Miranda Zamora



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

ANEXO 3- I

Acta N° 03

Acta de Evaluación de Sustentación del Trabajo de Investigación

Siendo las 8:00 horas del día 15 del mes de marzo del año 2022, se reunieron en el aula /ambiente/ sala meet <https://meet.google.com/kow-fjvw-fji> de la Universidad Nacional de Frontera

(UNF), los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Investigación denominado: **“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DEL LANGOSTINO BLANCO (*Litopenaeus vannamei*) EN CONSERVA”**

Siendo sustentado en sesión pública por el Tesista : **Bach. Diego Alejandro Pulache Celi** como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias a ser conferido por la Universidad Nacional de Frontera.

Terminada la sustentación los miembros del Jurado Evaluador formularon sus inquietudes y preguntas de manera individual, las que fueron respondidas por el sustentante. Seguidamente, el Jurado solicitó el retiro de todos los asistentes y del sustentante de la sala virtual ; y determinó la calificación global concedida al Trabajo de Investigación para la Obtención del Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias, en términos de:

() Aprobado () Desaprobado

Con la calificación de (**18.5**) **EXCELENTE**

Siendo las 8:45 horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación del Trabajo de

Investigación, suscribiendo.

Observaciones

Presidente
Dr. Manuel Jesús Sánchez Chero

Secretario
M.Sc. Karina Silvana Gutiérrez
Valverde

Vocal
Dr. William Rolando

Índice

Resumen	xii
Abstract	xiii
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Langostino (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	14
1.2. Clasificación taxonómica de la especie en estudio	15
1.3. Procesamiento térmico	16
1.4. Valor F y valor C	18
1.5. Antecedentes	19
1.6. Objetivos.....	19
1.7. Metodología.....	20
1.8. Resultados.....	20
2. MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1 Materiales.....	21
2.2 Población, muestra y muestreo	24
2.3 Elaboración de la conserva de langostino.....	24
2.4 Determinación de los valores F_0 y valores C_0 (de cocción).....	25
2.5 Determinación de los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva	25
2.6 Análisis de datos	26
2.7 Análisis estadístico.....	26
3. RESULTADOS.....	27
3.1 Elaboración de la conserva de langostino	27
3.2 Determinación de los valores F_0 y valores C_0 (de cocción).....	27
3.3 Determinación de los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva	31
3.4 Análisis de datos	32
3.5 Análisis estadístico	33
4. DISCUSIÓN.....	33
4.1 Elaboración de la conserva de langostino	33
4.2 Determinación de los valores F_0 y valores C_0 (de cocción).....	33
4.3 Determinación de los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva	34
4.4 Análisis de datos y estadístico	36

5. CONCLUSIONES	36
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXO 1. Evidencias fotográficas	48

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica de <i>Litopenaeus vannamei</i>	16
Tabla 2 Factores de penetración de calor y tiempos de proceso experimental.....	32
Tabla 3 Tiempos de proceso total y de Ball por el método de Ball modificado	32
Tabla 4 Comparación entre el tiempo de proceso por el Método General y de Ball.....	33

Índice de figuras

Figura 1	Fotos y esquemas de la estructura del langostino blanco de Tumbes.....	15
Figura 2	Derivación de los factores de calentamiento.....	18
Figura 3	Ubicación de la empresa Santa Adela S.R.L. de la ciudad de Tumbes	21
Figura 4	Esquema y envase de vidrio usado en la parte experimental.....	22
Figura 5	Sensores de temperatura tipo K usados en la parte experimental.....	23
Figura 6	Autoclave usada en la parte experimental.....	24
Figura 7	Diagrama de la metodología usado durante el presente estudio	26
Figura 8	Langostino blanco en conserva.....	27
Figura 9	Prueba 1. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio.....	28
Figura 10	Prueba 2. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio.....	29
Figura 11	Prueba 3. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio.....	30

Figura 12 Prueba 4. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio.....	31
Figura 13 Autoclave automatiza usada en la parte experimental.....	48
Figura 14 Conectores con los sensores tipo K.....	48

Resumen

En el mundo se elaboran conservas usando como medio de conservación el calor. La materia prima usada para la manufactura de conservas puede ser cosechada, capturada o beneficiada. El langostino ha sido capturado de las aguas de la región Tumbes de una langostinera obtenido mediante reproducción artificial. En el presente estudio se manufactura una conserva de langostino en una autoclave alcanzando la esterilidad comercial a temperatura de 121°C y 14,7 psig. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el tratamiento térmico del langostino blanco en conserva. Los cálculos se realizaron en Excel (Prueba t-estudent) encontrándose diferencia significativa entre el tiempo de proceso por el Método de Ball y el Método General. Los resultados de los valores F_0 variaron desde 0,73 min a 5,16 min, y los valores C_0 oscilaron entre 15,25 min a 66,70 min para el langostino blanco en conserva. Asimismo, los factores de penetración de calor f_h (entre 7,94 a 24,1 min) y valores de j_h (entre 0,66 a 2,65), y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva variaron entre 19 min a 52 min por el Método General y osciló entre 19,69 a 57,92 min por el método de Ball modificado para las conservas de langostinos en salmuera en vidrio esterilizadas en vapor de agua.

Palabras clave

Langostino, procesamiento térmico de alimentos, método general, método de Ball.

Abstract

In the world, preserves are made using heat as a means of conservation. The raw material used for canning can be harvested, captured or processed. The shrimp has been captured from the waters of the Tumbes region from a shrimp obtained by artificial reproduction. The shrimp has been captured from the sea of the Tumbes region from a shrimp farm obtained through artificial reproduction. In the present study, a canned shrimp is manufactured in an autoclave, reaching commercial sterility at a temperature of 121°C and 14.7 psig. Therefore, the objective of this research was to evaluate the thermal treatment of canned white shrimp. The calculations were made in Excel (t-student test) finding a significant difference between the process time by the Ball Method and the General Method. The results of the F_0 values ranged from 0.73 min to 5.16 min, and the C_0 values ranged from 15.25 min to 66.70 min for canned white shrimp. Likewise, the heat penetration factors f_h (between 7.94 to 24.1 min) and j_h values (between 0.66 to 2.65), and the process times of the canned white shrimp varied between 19 min to 52 min by the General Method and ranged from 19.69 to 57.92 min by the modified Ball method for canned shrimps in brine in glass sterilized in steam.

Keywords

Shrimp, thermal food processing, general method, Ball method.

I. INTRODUCCIÓN

En el planeta, la tercera parte de la producción de alimentos que se producen para alimentación humana se pierde a lo largo de la cadena alimenticia, significando pérdidas de un trillón de dólares anuales, aproximadamente (FAO, 2014), también significa un problema de salud y medioambiental, lo cual produce deterioro de tipo microbiológico y de tipo químico (Sodhi et al., 2022; Horue et al., 2021; Silva et al., 2019). Por ejemplo, en la india el langostino blanco es el principal producto de exportación representó alrededor de 512189 toneladas métricas (Wilwet et al., 2021; MPEDA, 2020). De acuerdo a lo mencionado, el utilizar las colas de los langostinos es esencial, teniendo en cuenta que no son de interés en fresco y que el consumidor tiende a productos que sufren transformación (Parrondo et al., 2021; Murakami, 1994), por lo tanto, es más que primordial brindarles un valor agregado que permita difundir su importancia y que se genere un gran desarrollo alimentario en el norte peruano. Además, es imprescindible extender la vida en anaquel de las mermas de langostino (colas) mediante la fabricación de conservas usando el calor como medio de conservación. En la presente investigación fue posible evaluar el tratamiento térmico del langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) en conserva.

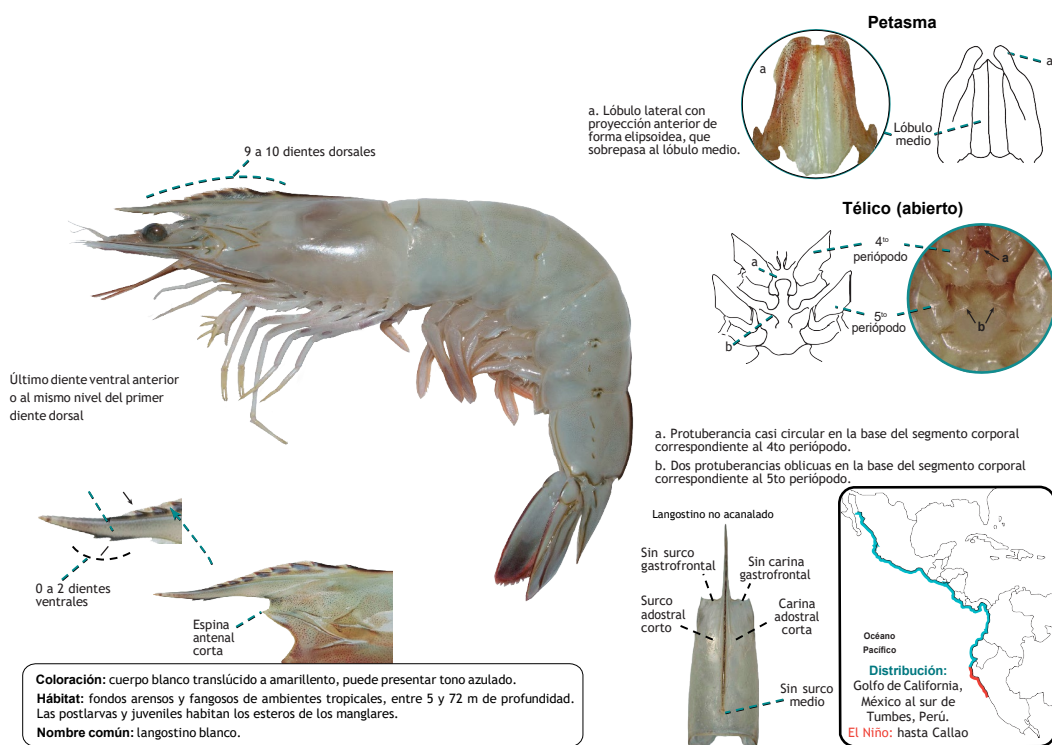
1.1 Langostino (*Litopenaeus vannamei*)

El nombre “camarón” y “langostino” se usan indistintamente en habla castellana. En habla inglesa “shrimp” y “prawn” se usan también de manera indistinta. El langostino es una de las especies más exitosas de la revolución azul (Asche et al., 2020). En la mayoría de los años, es la especie de acuicultura más valiosa del mundo (Asche et al., 2020; Anderson et al., 2019; FAO, 2021). El langostino que se cultiva y explota en Tumbes es el *Litopenaeus vannamei* (Chica, 2019) o *Penaeus vannamei*

(Santamaría et al., 2018) y fue el usado en esta investigación (Figura 1).

Figura 1

Fotos y esquemas de la estructura del langostino blanco de Tumbes



Fuente. Adaptado de Santamaría et al. (2018).

El langostino es una de las especies más exitosas de la revolución azul (Asche et al., 2020). En la mayoría de los años, es la especie de acuicultura más valiosa del mundo (Asche et al., 2020; Anderson et al., 2019; FAO, 2021).

1.2 Clasificación taxonómica de la especie en estudio

La clasificación taxonómica de la especie en estudio *Litopenaeus vannamei*, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1*Clasificación taxonómica de Litopenaeus vannamei*

Clasificación	Taxón
Reino	Animales
Filo	Artrópodo
Clase	Malacostraca Latreille
Orden	Langostino
Familia	Penaeidae Rafinesque
Género	<i>Litopenaeus</i>
Especie	<i>Litopenaeus vannamei</i>

Fuente. Adaptado de ITIS (2022).

1.3 Procesamiento térmico

El procesamiento térmico es la técnica más antigua y más utilizada en la industria de alimentos (Sharma et al., 2022). La aplicación de calor en el procesamiento térmico es para matar los microorganismos patógenos que causan problemas de salud y para inactivar microorganismos de deterioro y también para inactivar enzimas y de esta manera obtener una prolongada y estable vida útil (Diep et al., 2019).

La definición principal de procesamiento térmico desarrollado por muchos investigadores como Bigelow et al. (1920), quienes fueron los pioneros en combinar información física y bacteriológica al cálculo térmico de procesos para alimentos enlatados (Jagannath et al., 2005), y al año siguiente Bigelow demostró la naturaleza logarítmica de las curvas de tiempo de muerte (Bigelow, 1921). Los trabajos de Bigelow dieron origen al Método General para poder evaluar un procesamiento

térmico.

Charles Olin Ball uno de los investigadores que acompañó a Bigelow en 1920, tres años después desarrolló métodos teóricos para la determinación de procesos térmicos (Ball, 1923; Ball, 1928) y se convirtió en el experto reconocido en métodos teóricos de cálculo de procesos térmicos (Ball y Olson, 1957). El primer Método Fórmula clásico desarrollado por Ball (1923) todavía se usa ampliamente en la industria debido a su simplicidad (Bhowmik y Shin, 1991; Shin, 1991) y es conocido como el Método de la Fórmula de Ball o Método de Ball.

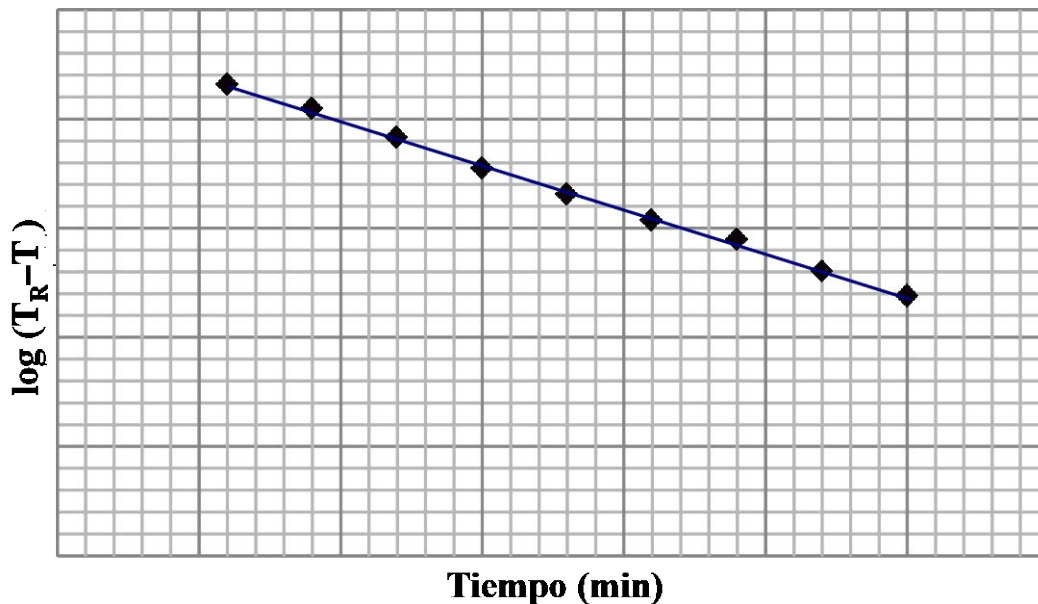
Los datos de tiempo y temperatura se transforman en un historial semilogarítmico, lo que permite derivar los factores de calentamiento recopilados durante una prueba de penetración térmica (f_h y j_h), para los envases de proceso que luego se utilizan como entradas para los métodos fórmula, como por ejemplo el método fórmula de Ball (Stowe et al., 2016).

$$B = B_b = f_h [\log j_h (T_R - T_I) - \log g] \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para calcular el tiempo de proceso de Ball (B o B_b) se utilizan los factores de calentamiento como el índice de velocidad de calentamiento (f_h) y el factor de retardo de calentamiento (j_h) (Figura 2); también se utilizan datos recopilados durante los estudios de penetración de calor como la temperatura de la retorta (T_R), la temperatura inicial del producto (T_I) y el número de grados (g) es el punto de calentamiento más lento en el recipiente o envase por debajo de la temperatura de retorta al final del proceso de calentamiento (Awuah et al, 2007).

Figura 2

Derivación de los factores de calentamiento



1.4 Valor F y valor C

La siguiente ecuación de valor F se utiliza para cuantificar los efectos del tratamiento térmico y el tiempo con respecto a la sobrevivencia de un microorganismo (Anandharamakrishnan, 2013; Holdsworth y Simpson, 2016; Holdsworth y Simpson 1997).

$$F = \int_0^t 10^{\frac{T - T_{ref}}{z}} dt \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde F es el tiempo de tratamiento térmico equivalente (min) a una temperatura de referencia, T_{ref} (°C), T es la temperatura (°C) en el tiempo t (min) y z es la constante de resistencia térmica para el microorganismo más termoresistente (°C).

Un indicador de la calidad de los alimentos que se usa comúnmente es el valor de cocción acumulado o C, que se determina en el punto más fríos utilizando el historial de tiempo y temperatura medidos con (Bornhorst et al., 2017; Holdsworth y Simpson, 2016; Holdsworth 1997):

$$C = \int_0^t 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} dt \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde C es el tiempo de tratamiento térmico equivalente (min) a una temperatura de referencia, T_{ref} (°C), T es la temperatura (°C) en el tiempo t (min) y z es la constante de resistencia térmica para el componente más termolábil (nutriente u otro factor de calidad por ejemplo sensorial, textura y color (Awuah et al., 2007; Mansfield, 1962)(°C). Generalmente, el valor de cocción de referencia se caracteriza por un valor $z = 33,2^{\circ}\text{C}$ ($59,8^{\circ}\text{F}$) y $T_{ref} = 100^{\circ}\text{C}$ (212°F). El valor de cocción, C_{100} o C_0 relaciona la pérdida de calidad durante un proceso térmico a alta temperatura con un proceso de cocción equivalente a 100°C (Ling et al., 2014).

1.5 Antecedentes

Dasan et al. (2021) optimizó diferentes valores F_0 del camarón masala (plato preferido en el sur de la India) envasado en bolsas flexibles retortables.

Dixon et al. (2020) usaron envases de plástico rígido de barrera de oxígeno de polipropileno para el procesamiento térmico con agitación recíproca de camarones (*Farfantepenaeus azecus*). Mohan et al. (2006) usaron bolsas esterilizables y latas en camarones kuruma (*Marsupenaeus japonicus*). En esta investigación se usaron envases de vidrio resistentes al calor de la retorta para el langostino blanco en conserva.

1.6 Objetivos

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Evaluar el tratamiento térmico del langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) en conserva.

- Elaborar el langostino blanco en conserva a la temperatura y presión de esterilidad comercial
- Determinar los valores F_0 y valores de Cocción para el langostino blanco en conserva
- Determinar los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva.

1.7 Metodología

El langostino ha sido capturado de las aguas de la región Tumbes de una langostinera obtenido mediante reproducción artificial. En el presente estudio se manufactura una conserva de langostino en una autoclave alcanzando la esterilidad comercial a temperatura de 121°C y 14,7 psig. Luego se determinaron los valores F y los valores C , así como los factores de penetración de calor (f y j). También se compararon los tiempos por el Método de Ball y el Método General.

1.8 Resultados

Las conservas de colas de langostino blanco procedentes de la empresa Santa Adela S.R.L. Santa Adela S.R.L. se elaboraron a la temperatura de 121°C y 14,7 psig de presión de esterilidad comercial en envases de vidrio resistentes al calor de la retorta (autoclave). Se determinaron los valores F_0 de las conservas de langostino (*Litopenaeus vannamei*) contenidas en envases de vidrio y en medio de salmuera de 5,16 min, 2,61 min, 1,06 min y 0,73 min a 121°C y valores C_0 (de cocción) para el langostino blanco en conserva de 66,70 min, 35,90 min, 16,84 min y 15,25 min respectivamente.

Se determinaron los factores de penetración de calor de las conservas de

langostinos en vidrio obteniéndose valores de f_h entre 7,94 a 24,1 min y valores de j_h entre 0,66 a 2,65. También se determinaron los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva para alcanzar la temperatura de retorta 121°C que osciló entre 19 min a 52 min en vapor de agua. El tiempo de proceso total pronosticado con el método de Ball modificado osciló entre 19,69 a 57,92 min para las conservas de langostinos en salmuera en vidrio esterilizadas en vapor de agua.

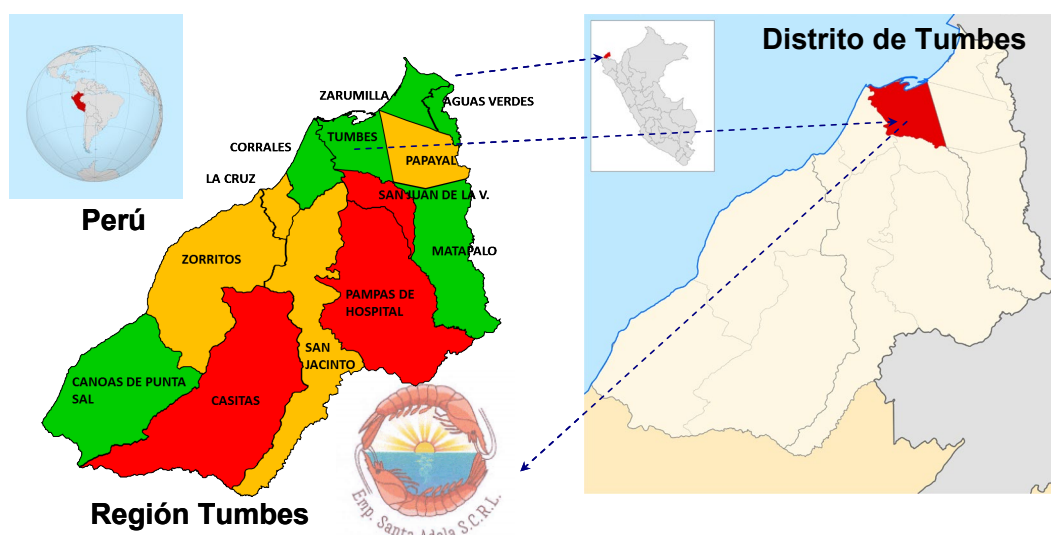
II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Materia prima. Los langostinos (colas), procedieron de la empresa Santa Adela S.R.L. de la ciudad de Tumbes dedicada al cultivo de langostino (*Litopenaeus vannamei*) con más de 12 años en el mercado mundial (Zárate, 2019) (Figura 3).

Figura 3

Ubicación de la empresa Santa Adela S.R.L. de la ciudad de Tumbes

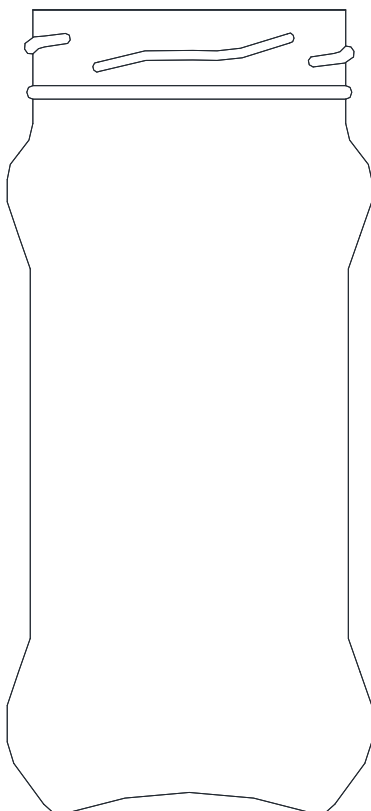


Fuente. Adaptado de Google Maps (2022).

Envases. Los frascos de vidrio de boca ancha, fueron de 212 mL de capacidad, colocándose en su interior 12 colas de langostinos (Figura 4). Las pruebas se realizaron con cuatro réplicas.

Figura 4

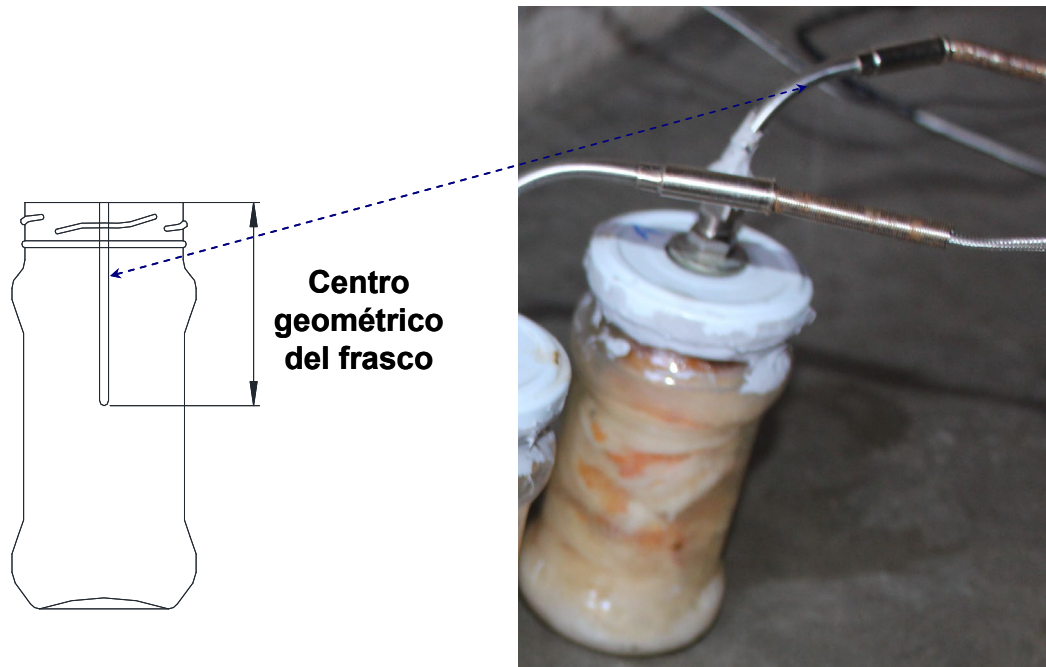
Esquema y envase de vidrio usado en la parte experimental



Sensores. Las termocuplas tipo K, los datos de las pruebas de penetración de calor fueron obtenidos cada 1 minuto mediante sensores o termocuplas tipo K (Liu *et al.*, 2020) (Figura 5).

Figura 5

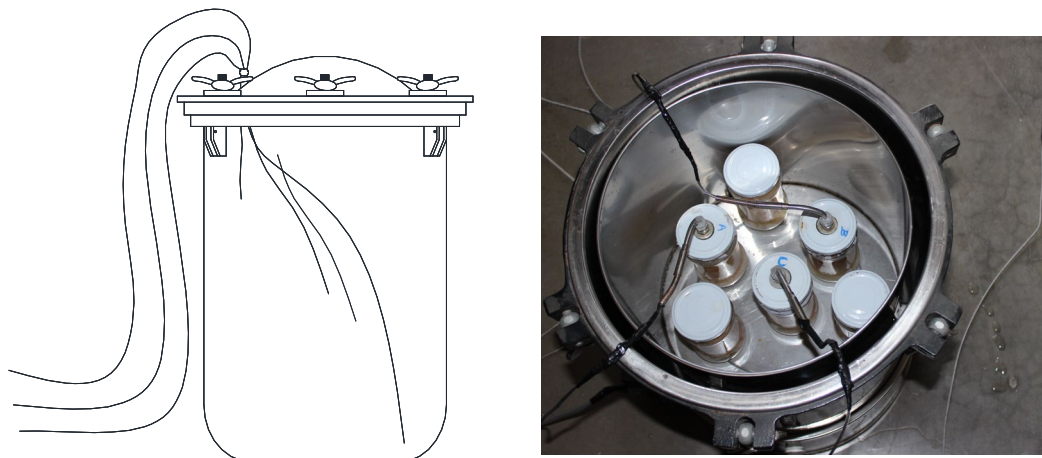
Sensores de temperatura tipo K usados en la parte experimental



Autoclave. La retorta, las conservas fueron procesadas en un autoclave con vapor de agua. El autoclave de vapor de agua portátil eléctrico cuenta con una hornilla incorporada de 1000 vatios como elemento de calentamiento, cuenta con termostato, interruptor y lámpara piloto. Incluye cable de 6 pies y enchufe. Para 50/60 Hz, AC, 1000 Watts (Figura 6).

Figura 6

Autoclave usada en la parte experimental



2.2 Población, muestra y muestreo

La población está representada por la cantidad de langostinos (colas) de la langostinera (empresa Santa Adela S.R.L.) del Departamento de Tumbes. La muestra está representada a un nivel de confianza del 95%, con $p = 50\%$ y $q = 50\%$ y un margen de error del 0,1 (17 kg de langostino). El muestreo es aleatorio simple (Loftus, 2022). El langostino se seleccionó al azar, considerando solamente los criterios de inclusión y exclusión (no pertenecieron a la muestra aquellos langostinos que presentaron signos de contaminación o degradación química).

2.3 Elaboración de la conserva de langostino

La conserva de langostinos en medio de salmuera en frascos de vidrio se elaboró de acuerdo a los lineamientos de elaboración de conservas de baja acidez de la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA, 2014). El procesamiento de calor (térmico) de las conservas de langostino se llevó a cabo a la temperatura de

121°C y a una presión de 14,7 psig que se da la esterilidad comercial (Dhuey et al., 2022; Fu et al., 2021).

2.4 Determinación de los valores F_0 y valores C_0 (de Cocción)

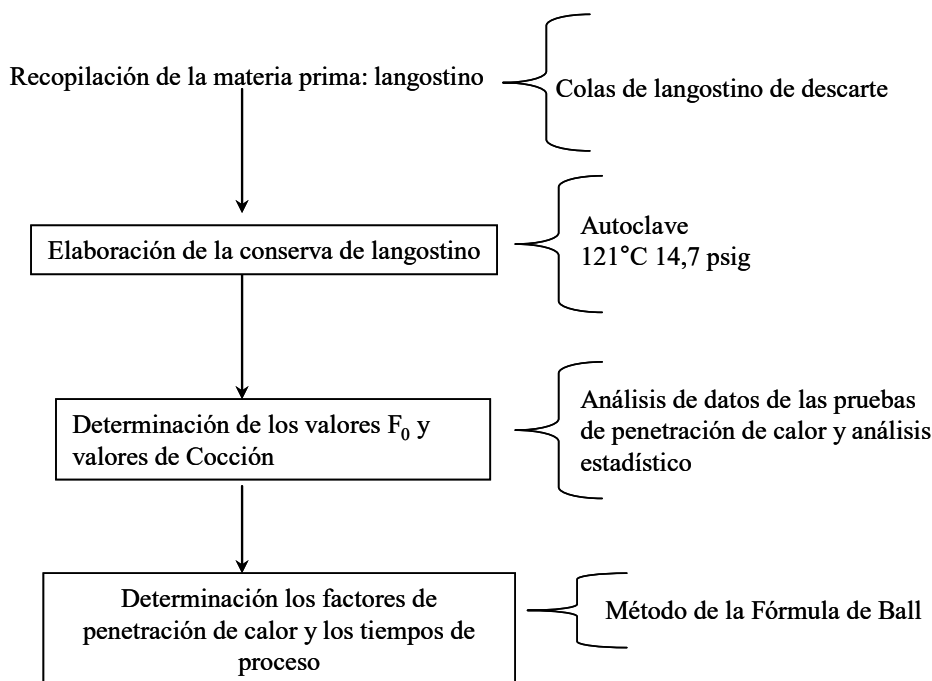
La determinación de los Valores F_0 (Skoglund, 2022) y de cocción C_0 para las cuatro pruebas de penetración de calor se realizaron usando el método de Bigelow combinado (Tucker et al., 2020).

2.5 Determinación los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva

Cuatro pruebas experimentales de penetración de calor se realizaron a las conservas de langostino en frascos de vidrio y de esta forma obtener el tiempo de alcance de la temperatura de proceso o retorta (autoclave) CUT, los valores f_h y j_h (Stier, 2019) así como el tiempo de procesado y el tiempo de Ball tal como lo recomiendan Zhu et al. (2022) y Miranda et al. (2020). En la Figura 7 se muestra el diagrama de la metodología usado durante el presente estudio.

Figura 7

Diagrama de la metodología usado durante el presente estudio



2.6 Análisis de datos

Los datos experimentales logrados de las pruebas de penetración de calor de las conservas de langostino con las termocupas se recopilaron en hojas de cálculo de Excel (Rezazade et al., 2022; Metcalf et al., 2022). Las curvas de penetración de calor fueron graficadas en Excel (Mansur et al., 2022; Liu et al., 2022). Para este estudio se realizaron cuatro pruebas de penetración de calor (Zhu et al., 2022) a las conservas de langostino en frascos de vidrio. A partir de los datos experimentales se evaluaron los valores F_0 y el valor de Cocción C_0 para lo cual se usó Excel (Rodrigues et al., 2021; Xu et al., 2021) como herramienta para el análisis de datos.

2.7 Análisis estadístico

Una vez determinados los cálculos de los tiempos de proceso por el método general y el método de la Fórmula de Ball se procederán a la comparación de ambas

respuestas (método general y método fórmula) infiriendo de forma estadística usando la Prueba T de Student de manera pareada (Rietveld y van Hout, 2017; Hsu y Lachenbruch, 2014) para lo cual se usó una hoja de cálculo de Excel (Rusli et al., 2021; Mélard, 2014).

III. RESULTADOS

3.1 Elaboración de la conserva de langostino

Se elaboró la conserva de langostino siguiendo la metodología indicada en el ítem 2.2.2. En la Figura 8 se muestran las conservas elaboradas.

Figura 8

Langostino blanco en conserva

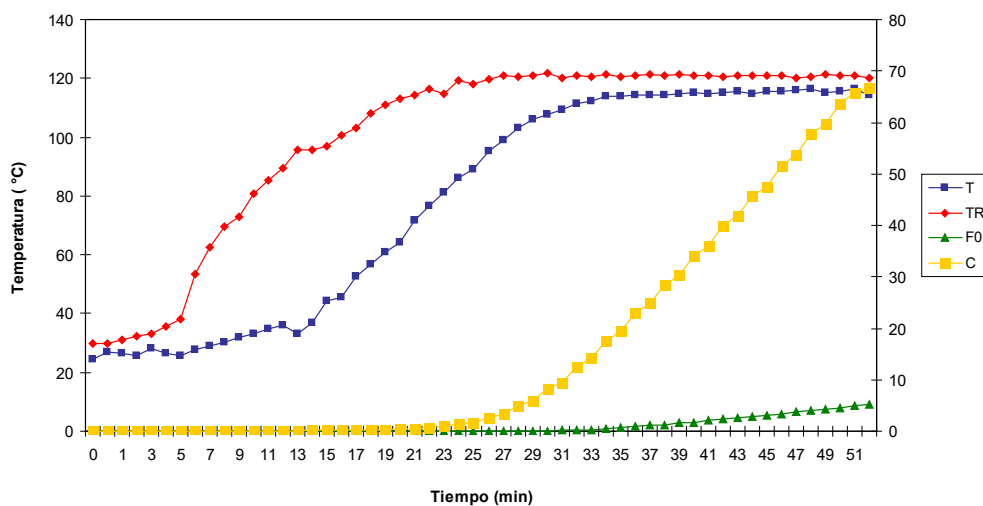


3.2 Determinación de los valores F_0 y valores C_0 (de Cocción)

En las Figuras 9 a la 12 se muestran los valores F_0 y los valores de cocción (C o C_0), la temperatura de la retorta (T_R), y la temperatura de las conservas de langostino.

Figura 9

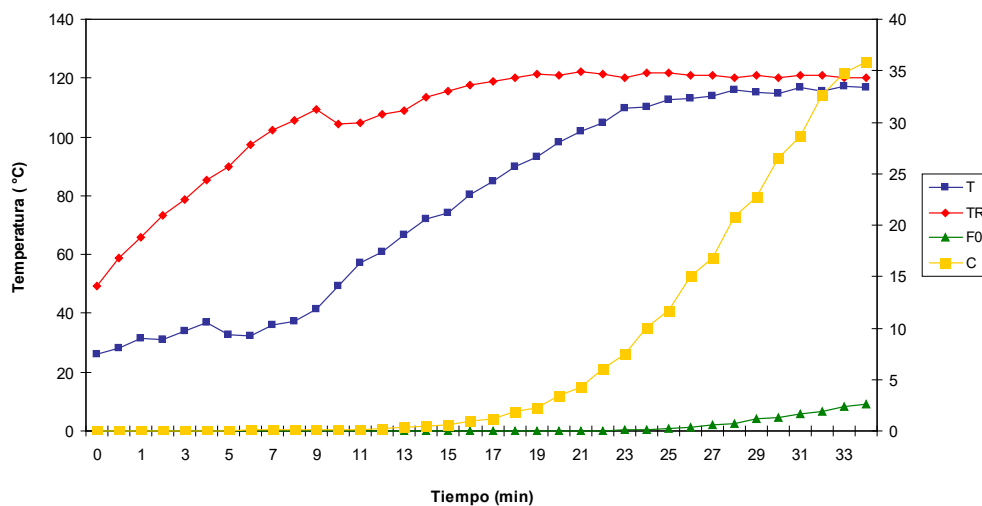
Prueba 1. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio



Nota. La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento = 24,25°C y 114,5°C, respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento = 30°C y 120°C, respectivamente. La letalidad (F_0) 5,16 y el valor de cocción 66,70 se lograron a los 52 min.

Figura 10

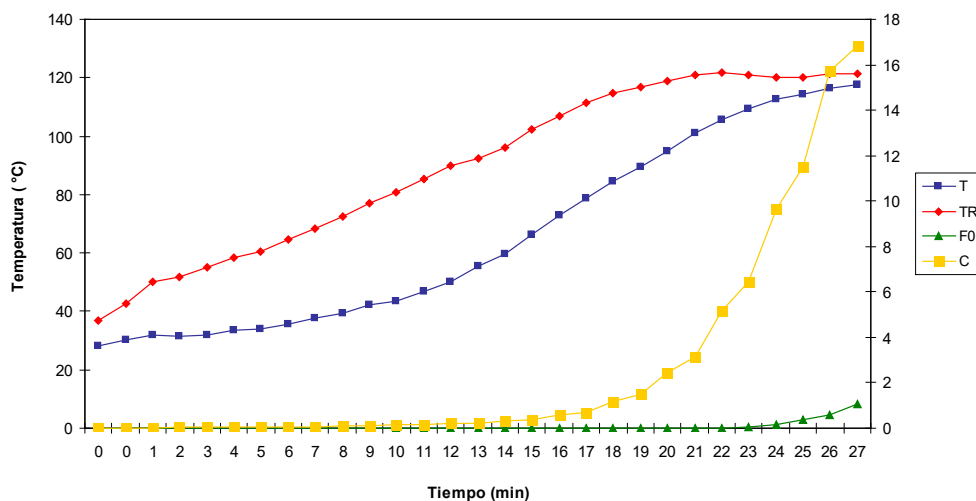
Prueba 2. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio



Nota. La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento = 26°C y 116,75°C, respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento = 49,25°C y 120,25°C, respectivamente. La letalidad (F_0) 2,61 y el valor de cocción 35,90 se lograron a los 34 min.

Figura 11

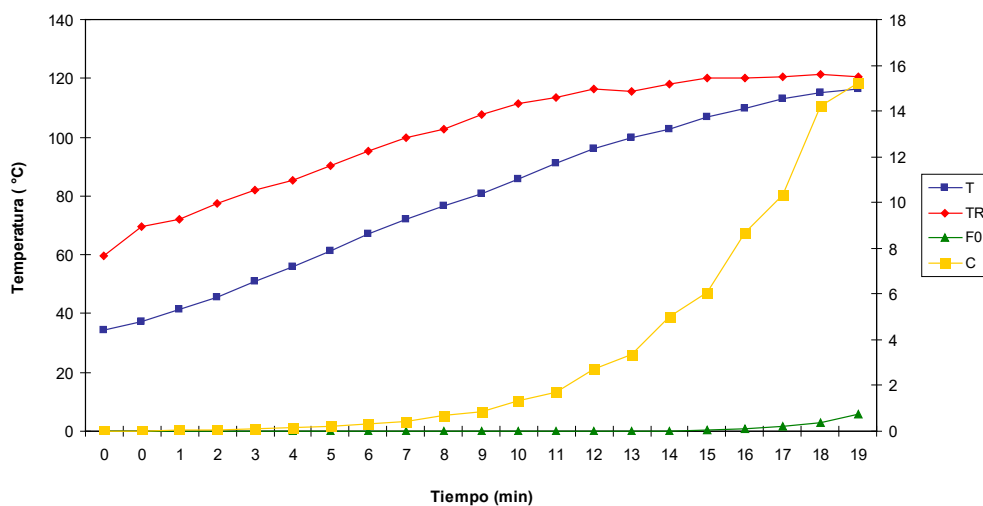
Prueba 3. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio



Nota. La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento = 28,25°C y 117,5°C, respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento = 37°C y 121,25°C, respectivamente. La letalidad (F_0) 1,06 y el valor de cocción 16,84 se lograron a los 27 min.

Figura 12

Prueba 4. Valor F_0 , valor de cocción C_0 , temperatura de retorta y temperatura central del langostino procesado térmicamente por vapor de agua en un envase de vidrio



Nota. La temperatura interna al comienzo y al final del procesamiento = 34,5°C y 116,25°C, respectivamente. La temperatura de retorta al comienzo y al final del procesamiento = 59,5°C y 120,5°C, respectivamente. La letalidad (F_0) 0,73 y el valor de cocción 15,25 se lograron a los 19 min.

3.3 Determinación de los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva

Los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino en medio de salmuera, y envasado en vidrio se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2*Factores de penetración de calor y tiempos de proceso experimental*

Prueba	f_h^2 (min)	j_h^2		T_P^3 (min)
		Con CUT ₁	Sin CUT	
1	24,1	1,58	7,06	52
2	17,11	0,76	3,61	34
3	7,94	2,65	126,68	27
4	8,23	0,66	14,36	19

¹CUT = tiempo de levante de la temperatura de la retorta u autoclave; ² f_h y j_h = parámetros de penetración del calor; ³ T_P = tiempo de proceso total o calentamiento experimental.

3.4 Análisis de datos

En la Tabla 3 se resume los tiempos de proceso total, los tiempos de Ball por el método de Ball modificado y los valores C_0 y F_0 de los procesos realizados.

Tabla 3*Tiempos de proceso total y de Ball por el método de Ball modificado*

Prueba	Valor C_0 (min)	F_0 (min)	B^1 (min)	T_P^2 (min)
1	66,70	5,16	42,25	57,92
2	35,90	2,61	22,42	34
3	16,84	1,06	14,31	27,64
4	15,25	0,73	8,69	19,69

¹ B = tiempo de Ball; ² T_P = tiempo de proceso total o calentamiento) = $B + 0,58$ CUT.

3.5 Análisis estadístico

Para proceder a la comparación entre los tiempos de proceso por el Método General y el Método Fórmula de Ball se realizó la Tabla 4.

Tabla 4

Comparación entre el tiempo de proceso por el Método General y de Ball

T_P Método de Ball	T_P Método General	Diferencias
(T_{P1})	(T_{P2})	(T_{P1} – T_{P2})
57,92	52	5,92
34	34	0
27,64	27	0,64
19,69	19	0,69

IV. DISCUSIÓN

4.1 Elaboración de la conserva de langostino

El langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) puede utilizarse mejor para desarrollar productos étnicos listos para comer como el desarrollado en la presente investigación, con un mercado global tal como lo señala Seafood TIP (2019) para el camarón tigre negro. En el mundo se desarrolla productos en conserva por procesamiento térmico (Charoen y Phungamngoen, 2016; Dixon et al. 2020) entre ellos productos marinos (Ansorena et al., 2010) como los langostinos (Sreenath et al., 2008).

4.2 Determinación de los valores F₀ y valores C₀ (de Cocción)

El valor de cocción C₀ se refiere al valor que sugiere el impacto del procesamiento térmico en los alimentos con respecto a la degradación de nutrientes

y debe ser lo más mínimo posible en cualquier letalidad dada (Dasan et al. 2021; Majumdar et al., 2016; Mohan et al., 2015). En este estudio, se observó el C_0 mínimo, en la aplicación de vapor de agua con 15,25 min, 16,84 min, 35,90 min y 66,70 min en los procesos que se aplica valores F_0 de 0,73 min, 1,06 min, 2,61 min y 5,16 min, respectivamente. Se observó que el tiempo total del proceso (T_p) experimental para el langostino en salmuera en envase de vidrio, procesado en vapor de agua fue de 52 min, 34 min, 27 min y 19 min para alcanzar un valor F_0 de proceso de 5,16 min, 2,61 min, 1,06 min y 0,73 min respectivamente fue determinado tal como lo recomiendan Hansen et al. (2016). El menor tiempo de proceso observado de 10 min, se logró en la prueba que tuvo el menor valor F_0 de proceso, lo que resultó en una velocidad de calentamiento más rápida (Mohan et al., 2015). También se puede observar en las Figura 9 a la Figura 12, que el método de Ball modificado predice bastante bien los tiempos de proceso total 57,92 min, 34 min, 27,64 min y 19,69 min, para procesos en los que el tiempo experimental fue de 52 min, 34 min, 27 min y 19 min, respectivamente.

4.3 Determinación los factores de penetración de calor y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva

En los alimentos procesados en latas, el factor de retraso o demora para el calentamiento (j_h) está relacionado con el tiempo de retraso requerido para alcanzar valores de velocidad de calentamiento armonizados (Mohan *et al.*, 2015). El factor de retraso de calentamiento (j_h) cercano o superior a 1,0, es una indicación de una penetración de calor más rápida y esto es evidente en las pruebas 1 y 3 $j_h = 1,58$, y $j_h = 2,65$ respectivamente, 2 y 4 con valores por debajo de 1 $j_h = 0,76$ y $j_h = 0,66$

respectivamente. El factor de retraso de calentamiento (j_h) en dos de los procesos fue superior a 1, y en dos debajo a 1. Se observaron valores superiores a 1 de j_h de 1,444 y 1,445 en camarón kuruma procesados en latas, y cercanos a 1,0 de 0,962 0,8735 para camarones kuruma procesadas en bolsa retortables, respectivamente (Mohan *et al.*, 2008). El tiempo de proceso o tiempo del operador, t_{op} , para una operación comercial se mide desde el momento en que la retorta alcanza la temperatura de procesamiento o de retorta, T_R , hasta el momento en que se apaga el vapor, y se aplica el agua de enfriamiento. Sin embargo, hay un tiempo significativo para que la retorta alcance la temperatura de procesamiento, o de retorta, lo que contribuye al efecto letal total; esto se conoce como el “tiempo de levante” o CUT (Zhu *et al.*, 2021; Ergün *et al.*, 2021; Terajima, 2016; Simpson *et al.*, 2012; Berry, 1983; Succar y Kayakawa, 1982). El CUT describe el tiempo que tardó la retorta en alcanzar la temperatura requerida de 121°C para que fuera disminuyendo en la aplicación de vapor de agua a los 27, 20, 23 y 19 minutos para el langostino en medio de salmuera y envase de vidrio conforme se desea alcanzar el valor F requerido de 5 min, 2,52 min, 1 min y 0,5 min respectivamente. En el procesamiento de retorta, el tiempo que tarda una curva de penetración de calor en atravesar un ciclo logarítmico se denomina valor de índice de velocidad de calentamiento, f_h (Simpson *et al.*, 2020). El índice de velocidad de calentamiento (f_h) para el calentamiento por convección, es un factor que depende de la temperatura del medio de calentamiento, así como de la superficie de condensación en términos de tamaño, y orientación de la superficie (Simpson *et al.*, 2016). Esto explica el valor f_h en el langostino en medio de salmuera envasado en vidrio procesado en retorta con vapor de agua como medio de calentamiento (Tabla 3.1).

4.4 Análisis de datos y estadístico

En la Tabla 3.2 se resume los tiempos de proceso total, los tiempos de Ball por el método de Ball modificado y los valores C_0 y F_0 de los procesos realizados experimentalmente tal como lo señala Skoglund (2022). El tiempo de Ball se ha determinado siguiendo las recomendaciones indicadas por Zhu y Chen (2022).

A los datos mostrados en la Tabla 3.3 de los cálculos de los tiempos de proceso por el Método General y el Método de la Fórmula de Ball se les infirió de forma estadística usando la Prueba T de Student de manera pareada (Ingrand, 2018; Abdulhay et al., 2020) para lo cual se usó una hoja de cálculo de Excel con un valor crítico de distribución T de Student de 3,182 para grados de libertad 3 ($n - 1 = 4 - 1$) tal como lo recomienda Grech (2018). El valor t calculado fue de 1,315 para los datos mostrados en la Tabla 3.3. Por lo tanto, al ser el valor crítico mayor que el valor calculado, la comparación entre los tiempos de proceso por el Método General y el Método Fórmula mostró diferencia estadísticamente significativa.

V. CONCLUSIONES

El langostino blanco en conserva se elaboró a la temperatura y presión de esterilidad comercial de 121°C y 14,7 psig.

Se evaluó el tratamiento térmico del langostino blanco en conserva determinando valores F_0 (máximo de 5,16 min y mínimo de 0,73 min) y valores de C_0 (máximo de 66,70 min y mínimo de 15,25 min) para el langostino blanco en conserva en frascos de vidrio y determinando los factores de penetración de calor f_h (= 7,94 a 24,1 min) y valores j_h (= 0,66 a 2,65) y los tiempos de proceso del langostino blanco en conserva variaron entre 19 min a 52 min en vapor de agua por

el Método General y por el método de Ball modificado los tiempos de proceso variaron entre 19,69 a 57,92 min existiendo diferencia significativa entre ambos métodos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulhay, E., Alafeef, M., Alzghoul, L., Al Momani, M., Al Abdi, R., Arunkumar, N., Munoz, R., & de Albuquerque, V. H. C. (2020). Computer-aided autism diagnosis via second-order difference plot area applied to EEG empirical mode decomposition. *Neural Computing and Applications*, 32, 10947–10956. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3738-0>
- Anandharamakrishnan, C. (2013). Applications of computational fluid dynamics in the thermal processing of canned foods. *Computational Fluid Dynamics Applications in Food Processing*, 27–36. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7990-1_3
- Anderson, J. L., Asche, F., & Garlock, T. (2019). Economics of Aquaculture Policy and Regulation. *Annual Review of Resource Economics*, 11(1). <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093750>
- Ansorena, M. R., del Valle, C., & Salvadori, V. O. (2010). Application of transfer functions to canned tuna fish thermal processing. *Food Science and Technology International*, 16(1), 43–51. <https://doi.org/10.1177/1082013209350615>
- Asche, F., Anderson, J.L., Botta, R., Kumar, G., Abrahamsen, E.B., Nguyen, L.T., & Valderrama, D. (2020). The Economics of Shrimp Disease, *Journal of Invertebrate Pathology*. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107397>
- Awuah, G. B., Ramaswamy, H. S., & Economides, A. (2007). Thermal processing and quality: Principles and overview. *Chemical Engineering and Processing: Process*

- Intensification, 46(6), 584–602. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.08.004>
- Ball, C.O. (1923). Thermal process time for canned food. *Bulletin of the National Research Council*, 7(37), 9–76.
- Ball, C.O. (1928). Mathematical solution of problems on thermal processing of canned food. *University of California Publications Health* 1(2):145–245.
- Ball, C.O., & Olson, F.C.W. (1957) *Sterilization in food technology. Theory practice and calculations.* McGraw-Hill Book Company.
- Bhowmik, S.R., & Shin, S. (1991). Thermal sterilization of conducted-heated foods in plastic cylindrical cans using convective boundary condition. *Journal of Food Science*, 56(3), 827–830. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05392.x>
- Bigelow, W.D. (1921).The logarithmic nature of thermal death time curves. *The Journal of Infectious Diseases*, 29, 528–536. <https://doi.org/10.1093/INFDIS/29.5.528>
- Bigelow, W.D., Bohart, G.S., Richardson, A.C., & Ball, C.O. (1920). Heat penetration in processing canned foods. *National Canners Association Bulletin*, Washington D. C., 16-L.
- Bornhorst, E. R., Liu, F., Tang, J., Sablani, S. S., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2017). Food quality evaluation using model foods: A comparison study between microwave-assisted and conventional thermal pasteurization processes. *Food and Bioprocess Technology*, 10(7), 1248–1256. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1900-9>
- Charoen, R., & Phungamngoen, C. (2016). Product development of canned Thai food by thermal processing. *International Food Research Journal* 23(3): 1320–1326.
- Chica, D.D. (2019). *Comparación del crecimiento y supervivencia en etapa de engorde de Litopenaeus vannamei con tres frecuencias de alimentación.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes).

<http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/282/TESIS%20-%20CHICA%20GONZALEZ.pdf>

- Dasan, G.P., Bojayanaik, M., Gundubilli, D., Banavath, S.N., Siravati, M.R., Obaliah, M.C., & Alandur, V.S. (2021). Heat penetration characteristics and quality of ready-to-eat shrimp in masala (*Litopenaeusvannamei*) in flexible retortable pouches. *Journal of Food Processing and Preservation*. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15411>
- Dhuey, E., Ruffley, K., & Pascall, M.A. (2022). Characterization of morphological changes to an epoxy-based polymer used as a corrosion-preventative lining in retorted canned tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 313, 110753. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110753>
- Diep, B., Moulin, J., Bastic-Schmid, V., Putallaz, T., Gimonet, J., Valles, A. D., & Klijn, A. (2019). Validation protocol for commercial sterility testing methods. *Food Control*, 103, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.029>
- Dixon, W. R., Watts, E. G., King, J. A., Fu, X., & Wicker, L. (2020). Shelf-Stable Sustainable Shrimp Thermally Processed With Reciprocal Agitation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.569790>
- Ergün, A. R., Çağlar, D., & Baysal, T. (2021). Inactivation of *Zygosaccharomyces rouxii* in organic intermediate moisture apricot and fig by microwave pasteurization. *LWT*, 152, 112294. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112294>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2014). Food wastage footprint: Full-cost accounting. Accessed September 1, 2021. <http://www.fao.org/3/i3991e/i3991e.pdf>.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). FishStatJ. Rome: FAO. Accessed January 23, 2021. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/es>

- FDA. (2014). Guide to inspections of low acid canned food 5. Accessed September 1, 2021. <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-guides/guide-inspections-low-acid-canned-food-5-0>.
- Fu, T., Niu, L., Tu, J., & Xiao, J. (2021). The effect of different tea products on flavor, texture, antioxidant and in vitro digestion properties of fresh instant rice after commercial sterilization at 121 °C. *Food Chemistry*, 360, 130004. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130004>
- Google Maps. (2022). Localización geográfica de Tumbes. <https://www.google.com/maps>
- Grech, V. (2018). WASP (Write a Scientific Paper) using Excel – 7: The t-distribution. *Early Human Development*, 118, 64–66. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2018.02.015>
- Hansen, F., Gunvig, A., & Borggaard, C. (2016). F-value Calculator – A tool for calculation of acceptable F-value in canned luncheon meat reduced in NaCl. *Procedia Food Science*, 7, 117–120. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.101>
- Holdsworth, S. D. (1997). *Thermal processing of packaged foods*. Blackie Academic & Professional.
- Holdsworth, S.D., & Simpson, R. (2016). *Thermal processing of packaged foods*. Third edition. Springer.
- Horue, M., Berti, I.R., Cacicedo, M.L., & Castro, G.R. (2021). Microbial production and recovery of hybrid biopolymers from wastes for industrial applications- a review. *Bioresource Technology*, 340, 125671. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125671>
- Hsu, H., & Lachenbruch, P. A. (2014). *PairedtTest*. Wiley StatsRef: Statistics Reference

- Online. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat05929>
- Ingrand, P. (2018). Le test t de Student. *Journal D'imagerie Diagnostique et Interventionnelle*, 1(2), 81–83. <https://doi.org/10.1016/j.jidi.2018.02.001>
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System). (2022). *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) Report. <https://www.itis.gov/servlet/>
- Jagannath, A., Tsuchido, T., & Membré, J.-M. (2005). Comparison of the thermal inactivation of *Bacillus subtilis* spores in foods using the modified Weibull and Bigelow equations. *Food Microbiology*, 22(2-3), 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.05.004>
- Ling, B., Tang, J., Kong, F., Mitcham, E. J., & Wang, S. (2014). Kinetics of food quality changes during thermal processing: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2), 343–358. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1398-3>
- Liu, B., Huang, Q., & Wang, P. (2020). Influence of surrounding gas temperature on thermocouple measurement. *Case Studies in Thermal Engineering*, 19, 100627. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100627>
- Liu, R., Ali, S., Haruna, S.A., Ouyang, Q., Li, H., & Chen, Q. (2022). Development of a fluorescence sensing platform for specific and sensitive detection of pathogenic bacteria in food samples. *Food Control*, 131, 108419. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108419>
- Loftus, S.C. (2022). R tutorial: subsetting data, random numbers, and selecting a random sample. *Basic Statistics with R. Reaching Decisions with Data*, 27–35.
- Majumdar, R.K., Roy, D., & Saha, A. (2016). Textural and sensory characteristics of retort-processed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in curry medium. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2487–2498. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1242139>

- Mansfield, T. (1962). High temperature-short time sterilization. *Proceedings of the First International Congress on Food Science and Technology*, 4,311–316.
- Mansur, A.R., Oh, J., Lee, H.S., & Oh, S.Y. (2022). Determination of ethanol in foods and beverages by magnetic stirring-assisted aqueous extraction coupled with GC-FID: A validated method for halal verification. *Food Chemistry*, 366, 130526. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130526>
- Mélar, G. (2014). On the accuracy of statistical procedures in Microsoft Excel 2010. *Computational Statistics*, 29(5), 1095–1128. <https://doi.org/10.1007/s00180-014-0482-5>
- Metcalf, D.A., Wiener, K.K.K., & Saliba, A. (2022). The food neophobia scale: Factorial and construct validity in the Australian population. *Food Quality and Preference*, 95, 104359. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104359>
- Miranda-Zamora, W.R., Sanchez-Chero, M.J., & Sanchez-Chero, J.A. (2020). Software for the determination of the time and the f value in the thermal processing of packaged foods using the modified ball method. *Intelligent human systems integration 2020. Integrating People and Intelligent Systems*, February 19-21, 2020, Modena, Italy, 498-502. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_78
- Mohan, C. O., Ravishankar, C. N., Bindu, J., Geethalakshmi, V., & Srinivasa Gopal, T. K. (2006). Effect of Thermal Process Time on Quality of “Shrimp Kuruma” in Retortable Pouches and Aluminum Cans. *Journal of Food Science*, 71(6), S496–S500. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00099.x>
- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Srinivasa Gopal, T.K., & Bindu, J. (2008). Thermal processing of prawn “kuruma” in retortable pouches and aluminium cans. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(2), 200–207. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2006.01369.X>

- Mohan, C.O., Remya, S., Murthy, L.N., Ravishankar, C.N., & Asok Kumar, K. (2015). Effect of filling medium on cooking time and quality of canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Control*, 50, 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.030>
- MPEDA. (2020). Marine product export development authority India. India's seafood exports pegged at 12,89 651 MT in FY 2019-20. Accessed January 23, 2021. https://mpeda.gov.in/?page_id=1169.
- Murakami, E. G. (1994). Thermal Processing Affects Properties of Commercial Shrimp and Scallops. *Journal of Food Science*, 59(2), 237–241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb06938.x>
- Parrondo, M., López, S., Aparicio-Valencia, A., Fueyo, A., Quintanilla-García, P., Arias, A., & Borrell, Y.J. (2021). Almost never you get what you pay for: Widespread mislabeling of commercial “zamburiñas” in northern Spain. *Food Control*, 120, 107541. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107541>
- Rezazade, F., Summers, J., & Teik, D.O.L. (2022). A holistic approach to food fraud vulnerability assessment. *Food Control*, 131, 108440. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108440>
- Rietveld, T., & van Hout, R. (2017). The paired t test and beyond: Recommendations for testing the central tendencies of two paired samples in research on speech, language and hearing pathology. *Journal of Communication Disorders*, 69, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2017.07.002>
- Rodrigues, M.P., Khandpur, N., Fung, T.T., Sampson, L., Oliveira, M.R.M., Willett, W.C., & Rossato, S.L. (2021). Development of DietSys: A comprehensive food and nutrient database for dietary surveys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102, 104030. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104030>

Rusli, R., Rahman, A., Upu, H., Ahmar, A. S., & Hastuty, H. (2021). The Use of Excel Statistics for Research Data Processing for Teachers of SMAN 3 Barru, Barru Regency, Indonesia: Penggunaan Statistika Excel Untuk Pengolahan Data Penelitian Bagi Guru SMAN 3 Barru Kabupaten Barru, Indonesia. *Mattawang: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 8–14. <https://doi.org/10.35877/454RI.mattawang168>

Santamaría J., Carbajal-Enzian P., Clemente S, Alemán S., & Ordinola E. (2018). Guía ilustrada para reconocimiento de langostinos y otros crustáceos con valor comercial en el Perú. Lima, Instituto del Mar del Perú (Imarpe).

Seafood TIP. (2019). The European market potential for farmed black tiger shrimp. <https://www.cbi.eu/market-information/fish-seafood/black-tiger-shrimp/market-potential#product-description>

Sharma, S., Kataria, A., & Singh, B. (2022). Effect of thermal processing on the bioactive compounds, antioxidative, antinutritional and functional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *LWT- Food Science and Technology*, 113256. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113256>

Shin, S. (1991). Mathematical modeling to evaluate thermal processing of foods in cylindrical plastic cans. Presented in partial fulfillment of the requirements for the Degree Doctor of Philosophy. The Ohio State University.

Silva, P. B., Duarte, C. R., & Barrozo, M. A. S. (2019). A novel system for drying of agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) waste for use as bioactive compound source. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 350–357. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.018>

Simpson, R., Almonacid, S., Nuñez, H., Urtubia, A., & Teixeira, A.A. (2012). Is there a need for the come-up time correction factor in Ball's formula method? A Critical Analysis. *Food Engineering Reviews*, 4(2), 107–113.

<https://doi.org/10.1007/s12393-012-9049-9>

- Simpson, R., Jiménez, D., Almonacid, S., Nuñez, H., Pinto, M., Ramírez, C., Vega-Castro, O., Fuentes, L., & Angulo, A. (2020). Assessment and outlook of variable retort temperature profiles for the thermal processing of packaged foods: plant productivity, product quality, and energy consumption. *Journal of Food Engineering*, 275, 109839. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109839>
- Simpson, R., Nuñez, H., & Almonacid, S. (2016). Mathematical Estimations of Impact of Thermal Processing on Microbial Inactivation and Quality Retention. Reference Module in Food Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03231-5>
- Skoglund, T. (2022). On the common misuse of a constant z-value for calculations of thermal inactivation of microorganisms. *Journal of Food Engineering*, 314, 110766. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110766>
- Sodhi, A.S., Sharma, N., Bhatia, S., Verma, A., Soni, S., & Batra, N. (2022). Insights on sustainable approaches for production and applications of value added products. *Chemosphere*, 286, Part 1, 131623. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131623>
- Sreenath, P. G., Abhilash, S., Ravishankar, C. N., & Gopal, T. K. S. (2008). Standardization of process parameters for ready-to-eat shrimp curry in tin-free steel cans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(2), 247–269. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00177.x>
- Stier, R. F. (2019). Technical and quality management of canning. *Swainson's Handbook of Technical and Quality Management for the Food Manufacturing Sector*, 505–527. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-275-4.00020-4>
- Stowe, C.H., Smith, G.L., Thomas, R.L., & Whiteside, W.S. (2016). Effects of

- packaging geometry on heat penetration time in retortable semi-rigid plastic trays. *International Journal of Advanced Packaging Technology*, 4, 246–257.
<https://doi.org/10.23953/cloud.ijapt.26>
- Succar, J., & Kayakawa, K.-I. (1982). Prediction of time correction factor for come-up heating of packaged liquid food. *Journal of Food Science*, 47(2), 614–618.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb10135.x>
- Terajima, Y. (2016). Prediction of come-up time correction factor for heat processing of food in containers using Come-Up heating medium temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12361. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12361>
- Tucker, G.S., Featherstone, S., & Miranda-Zamora, W.R. (2020). *Fundamentos del procesamiento térmico de alimentos*. AMV Ediciones.
- Wilwet, L., Shakila, R.J., Sivaraman, B., Nayak, B.B., Kumar, H.S., Jaiswar, A.K., Ratrey, V.P., & Jeyasekaran, G. (2021). In-house and on-field validation of the multiplex PCR assay developed for authentication of three commercially important shrimp species. *LWT*, 148, 111701.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111701>
- Xu, L., Wang, L., Xu, Z., Zhang, X., Zhang, Z., & Qian, Y. (2021). Physicochemical Quality and Metabolomics Comparison of the Green Food Apple and Conventional Apple in China. *Food Research International*, 139, 109804.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109804>
- Zárate, F.E. (2019). *Propuesta de mejora en el área de logística para reducir los costos operativos de la Empresa Santa Adela S.R.L.* (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte).
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21177/Z%C3%A1rate%20Oliva%20Flavio%20Ed%C3%BA.pdf>

- Zhu, S., Campanella, O., & Chen, G. (2021). Estimation of parameters in the Weibull model from microbial survival data obtained under constant conditions with come-up times. *Journal of Food Engineering*, 292, 110364. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110364>
- Zhu, S., Li, B., & Chen, G. (2022). Improving prediction of temperature profiles of packaged food during retort processing. *Journal of Food Engineering*, 313, 110758. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110758>

ANEXO 1. Evidencias fotográficas

Figura 13

Autoclave automatiza usada en la parte experimental



Figura 14

Conectores con los sensores tipo K

