

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“ESTERILIZACIÓN DE JAMONADA DE POLLO EN ENVASE  
FLEXIBLE Y LA DETERMINACIÓN DE SU VIDA EN  
ANAQUEL”**

**Presentada por:**  
**ERIKA LIZBETH ZORRILLA CRUZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima - Perú**  
**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“ESTERILIZACIÓN DE JAMONADA DE POLLO EN ENVASE  
FLEXIBLE Y LA DETERMINACIÓN DE SU VIDA EN  
ANAQUEL”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**ERIKA LIZBETH ZORRILLA CRUZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

**Dr. Américo Guevara Pérez**

**PRESIDENTE**

**M.Sc. Francisco Salas Valerio**

**ASESOR**

**Ph.D. Fernando Vargas Delgado**

**MIEMBRO**

**Dr. Marcial Silva Jaimes**

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis de grado a Dios por ser mi guía espiritual en este largo camino. Seguidamente a mis padres Alejandro e Hilda por confiar siempre en mí y enseñarme lo importante que es el estudio y seguir en continua actualización. A mis hermanas Gianinna y Lizbeth por sus consejos y siempre estar ahí.

A mi abuelita Eleuteria y a mi tío Edgar que no se encuentran físicamente en esta vida, pero sé que siempre han estado conmigo dándome fortaleza y sé que comparten mi alegría.

Mi hermosa familia, a ellos les dedico este gran logro, es tan mío como de ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Empiezo agradeciendo a Dios por permitirme culminar con éxito mi maestría, darme buena salud y fortaleza en todo momento.

Agradezco a mis padres Alejandro e Hilda y a mis hermanas por la motivación brindada a lo largo de la elaboración de este trabajo de investigación.

Al Ing. Francisco Salas, quien como asesor supo guiarme para llevar a cabo la presente tesis, a su vez gracias por los consejos brindados.

A mis jurados, el Dr. Fernando Vargas, el Dr. Marcial Silva y el Dr. Américo Guevara, por sus significativas contribuciones para la mejora de esta investigación.

A la empresa San Fernando S.A. por todo el apoyo brindado para poder llevar a cabo esta investigación.

A mis amigos y compañeros de estudio, por sus consejos y soporte en las diferentes etapas de esta investigación.

Y a todo los que aportaron un granito de arena en este trabajo, fueron muchas las manos amigas encontradas en este proceso. Este logro también es de ustedes. Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1.	PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS .....	2
2.1.1.	Embutidos escaldados .....	2
2.1.2.	Proceso de elaboración de la jamonada .....	3
2.2.	VIDA EN ANAQUEL .....	5
2.2.1.	Pruebas aceleradas de vida en anaquel .....	11
2.2.2.	Principios del tratamiento térmico.....	15
2.2.3.	Pruebas de penetración de calor .....	17
2.2.4.	Curvas de penetración de calor.....	18
2.2.5.	Métodos de cálculo de proceso.....	18
2.2.6.	Esterilización .....	21
2.3.	ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES.....	23
2.4.	TRATAMIENTO TÉRMICO EN ENVASES FLEXIBLES .....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN .....	27
3.2.	MATERIA PRIMA .....	27
3.3.	INSUMOS .....	27
3.4.	MATERIALES Y EQUIPOS .....	28
3.4.1.	Materiales de empaque (de alta barrera).....	28
3.4.2.	Equipos y accesorios .....	28
3.5.	METODOLOGÍA.....	31
3.5.1.	Procedimiento para la operación de los monitores de temperatura.....	31
3.5.2.	Análisis fisicoquímicos .....	31

3.5.3. Evaluación de Esterilidad Comercial .....	32
3.5.4. Análisis sensorial.....	33
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	35
3.6.1. Elaboración del embutido.....	35
3.6.2. Tratamiento térmico .....	37
3.6.3. Determinación de la vida en anaquel.....	41
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	44
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1. TRATAMIENTO TÉRMICO .....	47
4.2. CURVA DE PENETRACIÓN DE CALOR Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO.....	47
4.3. DETERMINACIÓN DE LA VIDA EN ANAQUEL .....	67
4.4. PRUEBA DE ESTERILIDAD .....	70
4.5. EVALUACIÓN SENSORIAL .....	71
V. CONCLUSIONES .....	78
VI. RECOMENDACIONES .....	79
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
VIII. ANEXOS .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Permeabilidad de las fundas según su número de capas y la vida en anaquel del embutido empacado almacenado en refrigeración .....	7
Tabla 2: Características de la autoclave .....	29
Tabla 3: Criterios microbiológicos para alimentos de baja acidez, de pH > 4,6 procesados térmicamente y empacados en envases sellados herméticamente. ....	32
Tabla 4: Atributos sensoriales de la jamonada de pollo esterilizada.....	33
Tabla 5: Escala hedónica de 9 puntos.....	34
Tabla 6: Formulación de la jamonada de pollo .....	36
Tabla 7. Parámetros de operación de la autoclave en la prueba de penetración de calor de la jamonada de pollo en envase flexible.....	38
Tabla 8. Diseño Experimental Etapa 1 .....	44
Tabla 9. Diseño Experimental Etapa 2 .....	45
Tabla 10. Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 116°C x 50 min (tiempo en el que permanece constante la T° proceso 116°C) .....	56
Tabla 11. Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 116°C x 60 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C) .....	56
Tabla 12. Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 116°C x 70 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C) .....	57
Tabla 13. Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 118°C x 50 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C) .....	57
Tabla 14. Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 118°C x 60 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C) .....	58

Tabla 15. Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 118°C x 70 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C) .....	58
Tabla 16. Valores de Fo calculados por el Método General y Método Fórmula .....	61
Tabla 17. Variables críticas características de las curvas de penetración de calor de cada una de las muestras de jamonada de pollo analizadas a 116°C x 60 min (tiempo en el que permanece constante la T° proceso 116°C).....	62
Tabla 18. Resultados de las condiciones de operación de la autoclave en la prueba de penetración de calor.....	65
Tabla 19. Resultados de las condiciones de operación de la autoclave en la prueba de penetración de calor.....	65
Tabla 20. Valores obtenidos de la prueba de penetración de calor en la jamonada de pollo esterilizada en envase flexible .....	66
Tabla 21. Valores de peróxido a 30° C y 40° C de almacenamiento .....	67
Tabla 22. Resultados de Pruebas de Esterilidad comercial realizadas a las muestras de jamonada de pollo esterilizada almacenadas a 30° C y 40° C.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de proceso de jamonada de pollo .....	4
Figura 2: Sensor de temperatura inalámbrica .....	31
Figura 3: Cartilla de evaluación de nivel de agrado con escala hedónica para la jamonada de pollo esterilizada en envase flexible .....	35
Figura 4: Moldes de jamonada cerrados y clipeados.....	36
Figura 5: Bolsas pouch selladas con moldes de jamonada en el interior .....	37
Figura 6: Autoclave con contrapresión marca Lagarde.....	39
Figura 7: Colocación de los moldes en bolsas pouche en las bandejas.....	39
Figura 8: Apertura del molde de jamonada después del esterilizado .....	40
Figura 9: Esquema experimental de la investigación .....	46
Figura 10: Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 50 min.....	48
Figura 11: Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 60 min.....	48
Figura 12: Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 70 min.....	49
Figura 13: Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 50 min .....	50
Figura 14: Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 60 min .....	51
Figura 15: Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 70 min .....	52
Figura 16: Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 50 min.....	52
Figura 17: Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 60 min.....	53
Figura 18: Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 70 min.....	53

Figura 19: Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 50 min .....	54
Figura 20: Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 60 min .....	55
Figura 21: Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 70 min .....	55
Figura 22: Curvas de Letalidad del proceso de las muestras de jamonada de pollo a 116° C por 60 min (tiempo en el que permanece constante la T° proceso 116°C) .....	60
Figura 23: Evolución del pH a 30° C y 40° C de almacenamiento .....	67
Figura 24: Evolución del Flavor de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C.....	71
Figura 25: Evolución del color de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C .....	72
Figura 26: Evolución de la textura de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C.....	72
Figura 27: Evolución de la aceptabilidad de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C.....	73

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos A: Terminología .....	89
Anexos B: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 116°C por 50 min.....	91
Anexos C: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 116°C por 60 min.....	97
Anexos D: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 116°C por 70 min.....	104
Anexos E: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 118°C por 50 min.....	112
Anexos F: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 118°C por 60 min.....	119
Anexos G: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 118°C por 70 min.....	126
Anexos H: Cálculos realizados por el Método General (usando Trapecio y Simpson) para alcanzar el $F_0 > 6$ a 116°C durante 60 minutos, repetición 1.....	134
Anexos I: Cálculos realizados usando el Método Fórmula de Ball para alcanzar el $F_0 > 6$ a 116°C durante 60 minutos, repetición 1 .....	144
Anexos J: Resultados de la evaluación de Flavor .....	145
Anexos K: Resultados de la evaluación de Textura .....	145
Anexos L: Resultados de la evaluación de Color.....	146
Anexos M: Resultados de la evaluación de Aceptabilidad general.....	146
Anexos N: Resultados de la evaluación de pH.....	147

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los parámetros de esterilización de la jamonada de pollo en envase flexible y determinar su vida en anaquel. Estas pruebas se realizaron en las instalaciones de la Planta Industrial de Productos Procesados San Fernando y en las instalaciones de la Planta MILSPEC E.I.R.L. Se sometió el producto a las temperaturas de 116 y 118°C y por diferentes tiempos de tratamiento térmico (50, 60 y 70 min, son tiempos en los que permanecen constante la temperatura). Los estudios de penetración de calor para todos los tratamientos fueron hechos a través del software Data Trace, con estos datos se calculó la letalidad por integración directa de los datos de tiempo y temperatura, también se realizaron los cálculos mediante el método Ball. Al compararse los valores de letalidad por el método Ball y el método general, se encontraron que estos difieren en 44,7% por lo cual se trabajó con los datos de letalidad calculados por el Método General. Se hicieron pruebas sensoriales, fisicoquímicas y de esterilidad comercial para determinar la vida en anaquel del producto con el tratamiento térmico más severo (118°C por 70 minutos). Se determinó la vida en anaquel de la jamonada de pollo esterilizada utilizando el factor  $Q_{10}$  y para esto se utilizó el factor sensorial el atributo flavor. Se concluyó que la vida en anaquel de la jamonada de pollo molde de 300 g esterilizada con  $F_0$  de 16 min empacada al vacío en funda plástica y embolsada en bolsa pouch almacenada a temperatura de 28°C y 75% HR fue de 4 meses.

**Palabras Clave:** Tratamiento térmico, jamonada de pollo, penetración de calor, envase flexible, vida en anaquel.

## **ABSTRACT**

This research aims to determine the sterilization processing parameters of the chicken ham in flexible packaging and to determine its shelf life. These tests were carried out on the facilities of Processed Products Industrial Plant of San Fernando Company and Plant at the MILSPEC E.I.R.L. Samples were evaluated to different temperatures 116°C and 118°C and for different times of heat treatment (50, 60 and 70 min, times where the process temperature are constant). Heat penetration tests were calculated by the Data Trace software, with these data the lethality was calculated by direct integration of the time-temperature data, the calculations were also carried out by the Ball method. When comparing the values of lethality calculated by the Ball method and General method, they found that they differ by 44,7%, which is why we worked with the lethality data calculated by the General Method. Sensory, physic-chemical and commercial sterility tests were carried out to determine the shelf life of the product with the most severe heat treatment (118°C and 70 min). It was determined that the shelf life of sterilized chicken using factor  $Q_{10}$ , and limited by the sensory factor (flavor). The research concluded that the shelf life of the sterilized chicken ham of 300 g and  $F_0$  of 16 min as target, vacuum packed in a plastic sleeve and bagged in a pouch stored at a temperature of 28 ° C and 75% RH was 4 months.

**Key Words:** Heat treatment, chicken ham, heat penetration, flexible pouches, shelf life

## I. INTRODUCCIÓN

Los embutidos son derivados cárnicos, introducidos en tripas naturales o artificiales, que nacen como una opción de industrializar las carnes a fin de obtener alimentos sanos y más estables para el consumo humano. Para lograr la estabilidad de los embutidos en el tiempo, es necesario una adecuada conservación que permita mantener sus características físicas, químicas y microbiológicas conformes a las normas nacionales e internacionales. La humedad y la temperatura son los factores que más impactan en estos atributos, debido a esto se hace necesario contar con una adecuada cadena de frío de inicio a fin del proceso, es decir desde la zona de beneficio hasta el consumidor, de esta manera ayudará en la adecuada vida en anaquel del producto.

Para que la vida en anaquel estimada de los embutidos se mantenga durante su comercialización, las temperaturas deben mantenerse entre 1° C y 4° C, por lo general esto no se cumple, ocasionando cambios no deseados del producto antes de la vida en anaquel estimada. Debido a ello, nace la necesidad de contar con embutidos cárnicos que resistan las condiciones reales de comercialización, para que no presenten observaciones antes de su vida en anaquel declarada.

Es por eso que el objetivo general de la presente investigación fue: Estimar las condiciones de la esterilización de la jamonada de pollo embutido en envase flexible y determinar su vida en anaquel.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar las condiciones adecuadas para la esterilización de la jamonada de pollo, que asegure la inocuidad del producto.
- Determinar la vida en anaquel de la jamonada de pollo esterilizada bajo condiciones de almacenamiento de 28° C y 75% HR, mediante pruebas aceleradas usando el factor Q<sub>10</sub>.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS**

Se llama productos cárnicos a los productos alimenticios que han sido elaborados a base de carne, grasa, vísceras u otros subproductos de origen de animales comestibles, (correspondientes a las vísceras, grasa, albumina de sangre, plasma, hemoglobina, cartílagos cuero o piel, manos, patas y cartílago de orejas de porcino aprobados por la autoridad sanitaria competente) provenientes de animales de abasto, con adición o no de sustancias permitidas o especias o ambas, y que luego éstos han sido sometidos a procesos tecnológicos adecuados (Martinez & Viana 2012).

El incremento de la vida en anaquel de carne y ofrecer una gran variedad de productos con características diferentes y agradables, que le brindan al consumidor opciones en su menú alimenticio, es el principal objetivo de la fabricación de productos cárnicos (Weinling 1973).

#### **2.1.1. Embutidos escaldados**

Los embutidos se definen como productos elaborados a partir de la carne y grasa, con o sin otros productos o subproductos animales aptos para el consumo humano, adicionando o no aditivos alimentarios, especias y agregados de origen vegetal, a los cuales se les embute o no en tripas naturales o artificiales. Los embutidos con tratamiento térmico después de embutir o enmoldar, son aquellos embutidos que después de embutir o enmoldar reciben un tratamiento de escaldado y/o cocido (INDECOPI 1999).

El embutido escaldado está compuesto por una mezcla firme de tejido muscular, tejido graso y agua, a la que se le añade sal común y/o sal con nitritos para ser curada y formar el color y estabilizar su fijación, además de añadirse especias para mejorar el sabor, luego se someten a un proceso de escaldado con el objetivo de coagular las proteínas y cocinar el producto, así como reducir el contenido de microorganismos y ayudar a su conservación durante su comercialización (Eissen 2003).

La jamonada es un embutido elaborado a base de carnes rojas y/o blancas, y/o grasa de porcino, y/o aves, y/o vacuno, y/o equino, bien triturados y mezclados. A esta masa se le puede agregar o no trozos de carnes rojas y/o blancas, puede tener o no agregado de vegetales y algunos aditivos permitidos, especias y ligantes (INDECOPI 1999).

### **2.1.2. Proceso de elaboración de la jamonada**

Las diversas clases de embutidos escaldados difieren muy poco en su elaboración, la mayoría de etapas siguen el proceso de la Figura 1. En el proceso de elaboración se empieza por trozar las carnes para luego pasarla por el cúter donde se adiciona escasa cantidad de hielo en un primer momento iniciando la destrucción de las miofibrillas y la transformación de la actomiosina presente en los haces musculares en una masa; continuando se agrega lo restante del hielo que acaba por desaparecer por completo la estructura de las miofibrillas (Tejada 1994).

La operación realizada en el cúter es básica y del cual depende la calidad de los productos terminados; se logrará una buena emulsión al extraer la mayor cantidad de proteínas (miosina) y la integración de partículas de carne, grasa y agua. El proceso debe realizarse a temperaturas inferiores a 10° C, temperaturas mayores producen inestabilidad de la emulsión. El orden de los ingredientes a ser adicionados en el cúter es importante, luego de las carnes, hielo, sal, especias y polifosfatos, grasa y finalmente el almidón para lograr la masa final. La masa queda definitivamente terminada, y se introduce a las envolturas, proceso de embutido, seleccionándose la boquilla de acuerdo al diámetro de la tripa, de igual manera se controla la presión de llenado según el material de la envoltura (Torres 1985).

El embutido luego se escalda en una caldera abierta o cámara de vapor; en la primera se emplea agua caliente a una temperatura que oscila entre los 70° y 80° C siendo el tiempo de cocinado de 10 a 120 min. En la segunda los embutidos son sometidos a la acción del aire húmedo calentando a unos 80° C (Weinling 1973).

El siguiente proceso es el enfriado que se lleva a cabo en duchas de agua fresca por un tiempo de 10 a 15 min, la finalidad del cambio brusco de temperatura, es mantener la estabilidad de la emulsión, reafirmando la textura, además de bajar rápidamente la temperatura interna del producto (Torres 1985).



**Figura 1:** Diagrama de proceso de jamonada de pollo  
**Fuente:** Adaptado de San Fernando S.A. (1990)

## 2.2. VIDA EN ANAQUEL

Chau (2003) define vida en anaquel como el periodo entre la manufactura y venta al por menor de un producto alimenticio durante el cual el producto tiene una calidad satisfactoria. También indica es la ventana de tiempo en la cual el alimento mantiene su calidad en sabor, textura y valor nutricional. La vida en anaquel está basada en la seguridad, calidad y nutrición. Depende de 4 factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de las materias primas más apropiadas e ingredientes funcionales que permitan incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete las materias e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos favorables que dan al alimento su forma y características finales. Una vez que el alimento abandona la etapa de procesamiento sigue manteniendo sus características y el periodo en que el alimento retiene dichos atributos está en función del microambiente del empaque. Los parámetros más importantes son: composición del gas (oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.) humedad relativa, presión o estrés mecánico, luz y temperatura. Estos parámetros son dependientes tanto del empaque como de las condiciones de almacenamiento.

Mantis et al. (2005) indican que uno de los factores más determinantes para la calidad y duración de la vida en anaquel de un producto, depende principalmente de la receta y la tecnología de procesamiento, dentro de estos factores se encuentran la actividad de agua, pH inicial y luego varios aditivos alimentarios. Considera que el rango de actividad de agua para los productos con tratamiento térmico de larga duración debe estar entre 0,91 y 0,95. El resultado del estudio realizado mostró que los valores de actividad de agua son más importantes que los valores de pH.

McMillin (2017) indica que, a nivel de empaques adecuados para productos cárnicos, se tiene una variedad de materiales, dentro de esta variedad menciona las películas de ácido poliláctico (PLA) las cuales tienen fragilidad y permeabilidad al oxígeno por lo cual no es adecuada para algunos productos cárnicos. Un polímero a base de maíz convertido de manera más directa a partir del maíz con alto contenido de amilosa proporciona una baja transmisión de oxígeno que supera al Etilen-Vinil-Alcohol (EVOH). Los empaques basados en papel termoformable han sido desarrollados para carne rebanada refrigerada. Los empaques basados en papel se pueden reciclar, pero la profundidad máxima de estiramiento

es de 12 mm, lo que limita el uso a porciones delgadas de carne. También menciona que se está explorando el empaque inteligente para controlar la liberación de compuestos antimicrobianos o antioxidantes desde el material de empaque hasta los alimentos intactos, aunque actualmente la nisina es la única bacteriocina permitida en los EE.UU. Los antimicrobianos se consideran aditivos alimentarios. El empaque antioxidante se ha probado para minimizar la oxidación de lípidos en las hamburguesas de pollo procesadas con HPP (*High Pressure Processing*). Otros conceptos de embalaje son los absorbedores de humedad, los emisores de CO<sub>2</sub> y los captadores de oxígeno.

Bingól & Bostan (2007) realizaron ensayos en salchichas, para validar sustituir el nitrito de sodio por lactato de sodio y validar su impacto en vida en anaquel, obteniendo como resultados que la adición de lactatos a las salchichas desaceleró el crecimiento microbiano (principalmente bacterias anaeróbicas reductoras de sulfito, mostró un mejor rendimiento como agente antimicrobiano en los microorganismos estudiados, no produjo cambios anormales en las características sensoriales ni valor de pH y condujo a una mejora parcial en sabor; y, sin embargo, podría influir negativamente en las preferencias del consumidor ya que no se produjo ningún color rojo picante, conocido como el color típico de las salchichas que contienen nitrito de sodio.

Actualmente, la mayoría de los materiales de envase de cubiertas multicapa están compuestas por una estructura de cinco capas; sin embargo, las estructuras de siete capas están creciendo en popularidad ya que tales materiales deberían proporcionar mejores desempeños de barrera que utilizando menos materiales. Sin embargo, los materiales de alta barrera que poseen valores de permeabilidad extremadamente bajos no son necesarias cuando se producen productos cocinados con una vida en anaquel de hasta 2 o 3 meses, ya que la mayoría de los productos en Europa Central y Occidental tienen estabilidades dentro de ese rango. Sin embargo, en las regiones más cálidas de Europa, Estados Unidos y América del Sur, con frecuencia el mercado exige valores de barrera más altos para hacer frente a las posibles irregularidades en la cadena de refrigeración y para evitar pérdidas de peso eventuales durante períodos más largos de almacenamiento, como se evidencia en la Tabla 1 (Savic 2012).

**Tabla 1:** Permeabilidad de las fundas según su número de capas y la vida en anaquel del embutido empacado almacenado en refrigeración

	Capas	Transmisión de Oxígeno (cm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> x 24 h))	Transmisión de vapor de agua (g/(m <sup>2</sup> x 24 h)) 20° C 50% HR	Vida útil (meses)
Fundas monocapa	1	10-20.	20-30	0.5-1.5
Fundas de baja barrera	3	10-20.	10-15.	1.5-2.5
Fundas de mediana barrera	5	8-10.	5-10.	3-5
Fundas de alta barrera	5 o 7	2-5.	1.8-3.5	5-9

**Fuente:** Savic (2012)

En la práctica comercial y de desarrollo de nuevos productos, se han establecido cinco principales formas de determinar la vida de anaquel de un producto: valores encontrados en la literatura (biblioteca de datos) devolución o rechazos (durante la distribución) pruebas de distribución en condiciones extremas, reportes al departamento de quejas de calidad y pruebas de vida en anaquel (aceleradas) (López *et al.* 2013).

Las pruebas de vida en anaquel, se utilizan para este procedimiento técnicas probabilísticas, suponiendo que los tiempos de vida de los productos, se comportan de acuerdo a una distribución normal. Se deben de estimar los parámetros de dicha distribución (media y desviación estándar) con los cuales se puede inferir estadísticamente sobre el tiempo de vida. Para poder estudiar adecuadamente la vida en anaquel, se deberá hacer una búsqueda exhaustiva sobre el alimento en otra fuente de datos, con el fin de definir las posibles alteraciones que puedan acontecer durante el almacenamiento y la forma adecuada de determinar estas variaciones. Sin embargo, bajo condiciones normales, las pruebas tienden a ser muy largas, por ello se busca reducir el tiempo de prueba, mediante equipos que permiten controlar y reducir el tiempo equivalente en el anaquel, aunque por el costo, algunas de estas metodologías son poco factibles, por lo que se puede recurrir al uso de pruebas aceleradas (Labuza y Fu 1993; Labuza *et al.* 1992 y Luño *et al.* 1998; citados por López *et al.* 2013).

Las pruebas aceleradas, se realizan sometiendo al alimento a condiciones de almacenamiento que aceleran las reacciones de deterioro, estas condiciones pueden ser de temperatura, presiones parciales de oxígeno, o contenidos de humedad altos. Este tipo de técnicas, llegan a ser costosas debido al equipo. Si bien existen equipos muy austeros, los hay muy sofisticados, en ambos existen diversas sensibilidades a mantener las condiciones de almacenamiento. El seguimiento del deterioro del alimento a las temperaturas seleccionadas, se realiza determinando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos o sensoriales correspondientes a cada caso, que permitan explicar los cambios durante el almacenamiento (Li y Torres 1993; citado por López *et al.* 2013).

El uso y procesamiento de los datos generará una adecuada estimación de la vida en anaquel; para esto, lo más adecuado son los modelos matemáticos que describen el efecto de la condición seleccionada, para luego estimar la durabilidad en las condiciones normales de almacenamiento. La idea de éste tipo de pruebas aceleradas, es almacenar el producto empacado bajo alguna condición desfavorable, y analizar periódicamente la carne, hasta que llegue al final de su vida en anaquel y así estimar la vida en anaquel del producto bajo verdaderas condiciones de distribución (Kennedy *et al.* 2004).

Este método no tiene problemas técnicos, pero debe tenerse cuidado al interpretar los resultados obtenidos y su extrapolación a otras condiciones. Por ejemplo, cuando se prueba el sistema producto-empaque, el empaque también controla la vida en anaquel; pero si se escoge un nuevo empaque con propiedades diferentes, el modelaje anterior no puede ser usado, por ello, todas las pruebas deberán ser bajo las mismas condiciones en que se realizó el estudio. Si las condiciones de pruebas aceleradas son establecidas previamente, y se usan los diseños apropiados, entonces se puede predecir la vida en anaquel para cualquier alimento. El diseño de una prueba acelerada requiere del uso de recursos de otras ciencias y deberán ser aplicadas con mucha cautela (García & Gago 2006).

Vercammen *et al.* (2011) demostraron el potencial de altas presiones para extender la vida en anaquel del jamón cocido. El tratamiento a 600 MPa (10° C, 10 min) retrasó el deterioro microbiano en aproximadamente 9 semanas sin cambiar los atributos de calidad sensorial del producto. Además, demostraron que combinando el tratamiento de altas presiones con antimicrobianos naturales (ácido caprílico y Purasal) fue un enfoque poderoso para lograr una mayor extensión de la vida en anaquel, siempre que se desarrollen formulaciones sensorialmente aceptables.

Viuda-Martos et al. (2010) estudiaron el efecto de la fibra dietética de naranja (1%) (FDN), el aceite esencial de orégano (0,02%) (AEO) y las condiciones de almacenamiento (vacío, aire y atmósfera modificada) sobre la vida en anaquel de la mortadela. Demostraron que las muestras con FDN + AEO almacenadas en envasado al vacío tenían los valores más bajos de TBA. Además, estas muestras también tenían los recuentos más bajos de bacterias aeróbicas y de ácido láctico. Las puntuaciones de la evaluación sensorial fueron similares para las muestras con FDN + AEO y almacenadas en aire o envasadas al vacío. Concluyendo que la fibra dietética de naranja y el aceite esencial de orégano podrían encontrar un uso en la industria alimentaria para mejorar la vida en anaquel de los productos cárnicos.

Xiong (2017) indica que dentro de las tendencias futuras para maximizar la eficacia de las tecnologías térmicas, es probable que se usen agentes antimicrobianos derivados de fuentes naturales como un factor obstáculo para complementar el efecto térmico. Sin embargo, la industria de la carne debe seguir siendo diligente para proteger la seguridad química de la carne y los productos cárnicos tratados. Además, con el advenimiento de la tecnología "superchilling" y la creciente demanda de alimentos frescos por parte del consumidor, el almacenamiento de carne en una cámara a temperatura de congelación, pero sin causar que el tejido muscular se congele se convertirá en un medio atractivo y, en última instancia, común para conservar la carne.

Thomas et al. (2008) realizaron ensayos de salchichas de cerdo empleando tecnología de barreras que ayude a que el producto sea estable durante su almacenamiento a temperatura ambiente ( $37\pm 1^\circ\text{C}$ ). Las barreras incorporadas fueron: bajo pH, baja actividad de agua, envasado al vacío en bolsas de Nylon / LDPE, recalentamiento posterior al paquete ( $90^\circ\text{C}$ ) e inmersión en solución de sorbato de potasio al 1% ( $60-70^\circ\text{C}$ ) y posterior secado a temperatura ambiente antes del envasado al vacío. Se dividió en 2 tratamientos, uno con inmersión y otro sin inmersión en sorbato de potasio. El muestreo fue a los 3 y 6 días para ambos temperatura ambiente y refrigerada. El experimento fue repetido tres veces. Como resultados observaron que el recalentamiento aumentó el pH de las salchichas en 0,17 unidades frente a 0,11 unidades en los controles. La incorporación de barreras disminuyó significativamente la estabilidad de la emulsión, el rendimiento de cocción, la humedad y el porcentaje de grasa, amarillez y dureza, al tiempo que aumentó el porcentaje de proteína y el enrojecimiento. El tratamiento de barreras redujo el deterioro de la calidad durante el almacenamiento, los cuales se reflejaron en los valores de pH, TBARs y tirosina. Así mismo

observaron una reducción de aproximadamente un log en el recuento total de placas con las diferentes barreras, al igual que las reducciones en los recuentos de coliformes, anaeróbicos, lactobacilos y *Staphylococcus aureus*. Las barreras de pH, actividad de agua y recalentamiento inhibieron el crecimiento de levaduras y mohos hasta el día 3, mientras que la inmersión adicional en solución de sorbato de potasio al 1% inhibió su crecimiento durante los 9 días de almacenamiento. A pesar del bajo atractivo sensorial inicial, las salchichas tratadas con barreras tuvieron una aceptabilidad general en el rango "muy bueno" a "bueno" hasta el día 6.

Cichoski et al. (2015) reportaron otro tratamiento térmico de efectividad para la vida en anaquel de productos cárnicos, observó que la pasteurización de salchichas con ultrasonido proporcionaba una temperatura homogénea dentro de las salchichas, permitiendo una vida en anaquel prolongada (hasta 20 días o 50% más) en comparación con el tratamiento convencional e indicando una posible aplicación para reducir el tiempo y la temperatura requeridos para cocinar o pasteurizar productos cárnicos. Además de las ventajas del tratamiento en EE.UU., como la reducción de la duración, la intensidad del tratamiento térmico y el gasto de energía, no se observaron daños en el producto, lo que demuestra la potencialidad de EE. UU., para la pasteurización posterior al envasado.

Martínez et al. (2005) realizaron ensayos en salchichas de cerdo empacándolas en atmósfera modificada para evaluar los efectos de diferentes concentraciones de dióxido de carbono y la presencia de bajos niveles de monóxido de carbono en los atributos de calidad color rojo, oxidación de lípidos, crecimiento microbiano y evaluación sensorial, y en la vida de almacenamiento de salchichas de cerdo frescas. Los paquetes se almacenaron durante 20 días a  $2 \pm 1$  ° C en la oscuridad. Tres paquetes para cada atmósfera se abrieron cada 4 días para el posterior análisis de pH, color CIELab, formación de TBARs, aerobios psicotróficos microbianos y decoloración sensorial y mal olor. Los resultados mostraron que el incremento en las concentraciones de dióxido de carbono promovía la oxidación de la mioglobina y los lípidos, muy probablemente debido a su efecto de disminución del pH. Por lo tanto, la preservación del color y el olor, así como la frescura de las salchichas de cerdo frescas envasadas en atmósfera modificada tuvo mejores resultados usando atmósfera que contenía baja concentraciones de CO<sub>2</sub> (20%) en lugar del (60%). Sin embargo, su vida en anaquel dependía también de la concentración de O<sub>2</sub>, mezclando 20% de CO<sub>2</sub> con 80% de O<sub>2</sub> mejoró el color rojo, pero la vida en anaquel fue acortada; mientras que al usar el 20% de CO<sub>2</sub> en

ausencia de oxígeno extendió la frescura a 16 días. La atmósfera con 0,3% CO junto con 30% de CO<sub>2</sub> y lo restante argón, mantuvo el color rojo por 20 días, pero no mantuvo el olor fresco por más de 16 días.

Martínez et al. (2006) realizaron ensayos en salchichas de cerdo empacándolas en atmósfera modificada para evaluar los efectos de diferentes concentraciones de oxígeno mezclados con nitrógeno y dióxido de carbono, adicionalmente se separó lotes donde se empacó al vacío, se evaluaron los atributos de calidad color, el porcentaje de metamioglobina superficial, las sustancias reactivas a TBA, los números de bacterias aerobéticas psicrotrópicas y la decoloración sensorial y el mal olor a lo largo del almacenamiento. Los paquetes se almacenaron durante 20 días a  $2 \pm 1$  ° C en la oscuridad. Los resultados mostraron que el envasado libre de oxígeno dio una vida en anaquel prolongada, mientras que el envasado con alto contenido de oxígeno mejoró la apariencia del color de las salchichas, aunque solo por un período limitado de 8 días almacenamiento. Concluyeron que más investigaciones parecen ser necesarias para asegurar la estabilidad oxidativa de las salchichas de cerdo frescas atractivas para el consumidor empaquetadas en una atmósfera con alto contenido de oxígeno.

### **2.2.1. Pruebas aceleradas de vida en anaquel**

Entre los métodos empleados para predecir la vida en anaquel, el método comúnmente utilizado es el test de vida en anaquel acelerada propuesto por Labuza en 1982, se basa en tres pasos principales. El primero de ellos es la descripción de la cinética de reacciones de degradación más importante de alimentos a diferentes temperaturas por lo general al menos 3 temperaturas, puede obtenerse mediante el uso de la cinética de orden cero, primer orden y segundo orden (Derossi *et al.* 2015; citados por Comettant 2017).

El segundo paso es la definición de la dependencia de la temperatura con las constantes de cambio, obtenidas a través de la ecuación conocida de Arrhenius (Labuza 1982; citado por López *et al.* 2013).

Finalmente, los parámetros de estos modelos finales se pueden usar para calcular la vida en anaquel del producto alimenticio. Dicho valor corresponde comúnmente al periodo de tiempo que alcanza el límite de comerciabilidad del atributo de calidad, el que se deteriora más rápido entre todos, se define como el periodo de tiempo para alcanzar el límite del atributo más importante de la calidad del producto (Derossi *et al.* 2015; citados por

Comettant 2017).

Fennema (1992) menciona que existen 2 procedimientos generales para predecir la vida en anaquel de un producto. El método más común es elegir una situación desfavorable aislada a la que se somete el alimento, realizar 2 o 3 ensayos durante un periodo determinado y generalmente, por métodos sensoriales extrapolar seguidamente los resultados a las condiciones de almacenamiento normal. Otro proceder es suponer que determinados principios de cinética química son aplicables en lo que se refiere a la dependencia de la temperatura, como la ecuación de Arrhenius y recurrir a un diseño más complejo que, aunque más costoso probablemente da mejores resultados.

### **Factor Q<sub>10</sub>**

Factor Q<sub>10</sub> y también llamado factor de aceleración, representa la razón obtenida por el aumento de la velocidad de las reacciones de deterioro cuando la temperatura del sistema aumenta en 10° C (Labuza & Riboh 1982; citados por López *et al.* 2013).

Acevedo et al. (2018) determinaron la vida en anaquel de la arepa con huevo mediante pruebas aceleradas a través del Factor Q<sub>10</sub> almacenando las muestras a temperaturas controladas a 20 ° C, 30 ° C y 40 ° C, el indicador crítico fue el aumento del índice de peróxido (IP) del producto en condiciones aceleradas. Utilizaron un modelo de orden cero de degradación cinética, además de análisis físico-químicos y microbiológicos. Los resultados indicaron que el IP aumentó con la temperatura y el tiempo de fritura. Obtuvieron un valor del factor Q<sub>10</sub> de 1,93, lo que indicó que la velocidad se acelera esos tiempos por cada 10 ° C de aumento de temperatura.

Guardia et al. (2013) estimaron la vida en anaquel de una bebida gasificada, utilizando el factor de aceleración Q<sub>10</sub>, mediante el comportamiento del producto a diferentes temperaturas de almacenamiento. Almacenaron a 40°C y 50°C a 80% de HR para cada tratamiento. Se determinó acidez total, pH, concentración de CO<sub>2</sub> y °Brix, análisis microbiológico y sensoriales, las pruebas sensoriales fueron realizadas con un panel entrenado de cinco personas no se encontraron diferencia significativa entre las temperaturas, los tiempos y las muestras en almacenamiento con respecto al atributo de aceptabilidad general. Se determinó como parámetro crítico de deterioro la concentración de dióxido de carbono, Comprobaron que existe correlación entre el tiempo de vida en anaquel

experimental de las muestras almacenadas a 40°C y 50°C con los valores calculados de concentración de gas utilizando el factor de aceleración  $Q_{10}$ . Se obtuvo un valor de  $Q_{10}$  igual a 3,63 para el intervalo 40-50°C y el tiempo de vida estimado fue 138 días a una temperatura de 30°C.

Jimenez (2018) determinó el factor  $Q_{10}$  para calcular la vida en anaquel del concentrado de Pitaya mediante la cinética de reacción de deterioro de cuatro atributos de calidad como fenoles, flavonoides, betaxantinas y betacianinas. Almacenaron el producto a temperaturas controladas 11,3°C; 21,3°C y 31,3°C, demostrando que las betaxantinas y betacianinas son más estables que los fenoles y flavonoides.

Guzmán et al. (2016) estudiaron la cinética de deterioro del jamón de cerdo mediante pruebas aceleradas empleando el factor  $Q_{10}$ , usaron el índice de peróxidos como indicador de deterioro. El producto se cocinó hasta que alcanzó una temperatura interna de 70°C y se almacenaron las muestras a 5, 15 y 30° C. Obtuvieron un factor  $Q_{10}$  de 1,15. La vida en anaquel media a 5°C fue de 20 días, a 15°C fue un poco más de 17 días y a 30°C (aproximadamente temperatura ambiente) fue de 14 días, casi la mitad que a la temperatura más baja.

Vito (2019) determinó el tiempo de vida en anaquel de un extruido de cereales andinos enriquecido con concentrado proteico de pota (*Dosidiscus gigas*) a 20° C, mediante pruebas aceleradas usando el factor  $Q_{10}$  y por el método de ganancia de humedad, se sometió a temperaturas controladas de 35°C, 45°C y 55°C y humedad relativa de 85% y se evaluó en 3 diferentes tipos de material (PPBO metalizado, PP y coextruido PE-PA), se realizaron pruebas fisicoquímicas y sensoriales, de los cuales el atributo de textura fue el de mayor influencia en la pérdida de calidad sensorial, siendo el descriptor crítico sensorial con el que se relacionó el factor de calidad humedad. El mejor empaque para almacenar este extruido fue el PPBO metalizado. Se obtuvo mediante pruebas aceleradas que la vida en anaquel del producto fue de 150, 125 y 67 días en el PPBO metalizado, y mediante el método de ganancia de humedad empleando el mismo empaque se obtuvo una vida en anaquel de 161, 127 y 72 días.

## Ecuación de Arrhenius

La manera más clásica de representar la velocidad de deterioro o de reacción en función de la temperatura es por medio de la ecuación de Arrhenius.

$$K = K_0 e^{-E_A/RT}$$

Donde: K = Es la constante de velocidad de deterioro o reacción, K<sub>0</sub> = Factor de frecuencia, también denominada pre exponencial (constante independiente de la temperatura), E<sub>A</sub> = Energía de activación en kcal/mol K, R = Constante universal de los gases en kcal/ mol; T = Temperatura absoluta en K.

Este método trabaja con tres temperaturas como mínimo, mejor si es más, para tener cierta exactitud.

García et al. (2008) estimaron la vida en anaquel de una mayonesa mediante pruebas aceleradas usando el modelo de Arrhenius, empleando el índice de peróxidos como indicador de deterioro. El producto se almacenó a 21 °C, 35 °C y 45 °C durante 210 días, 90 días y 42 días, respectivamente. Mediante la cinética de reacción de deterioro determinaron que la vida en anaquel estimada para cada temperatura fue de 149 días, 40 días y 21 días respectivamente.

García et al. (2011) calcularon la vida en anaquel de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas usando el modelo de Arrhenius, emplearon la degradación de color como indicador de deterioro. El producto se almacenó a 40°C, 45°C y 50°C durante 110 días, 120 días y 42 días, respectivamente, con 5 muestreos durante el periodo de almacenamiento. La cinética de la reacción encontrada fue de orden cero. Con los tiempos y las temperaturas estudiadas se obtuvo una ecuación general para estimar la vida en anaquel del producto para diferentes temperaturas de almacenamiento y mediante esa ecuación determinaron que la vida en anaquel estimada para cada temperatura fue de 150 días, 62 días y 44 días respectivamente.

Rivera (2016) encontró el tiempo de vida en anaquel del café verde y café pergamino evaluando diferentes empaques como yute, superbolsa más yute y trilaminado (PET, aluminio, PEBD) a través de pruebas aceleradas usando la ecuación de Arrhenius, almacenó los productos en cámaras a diferentes temperaturas y tiempos, 40°C, 50° C y 60°C a 81, 48

y 25 días respectivamente. Realizaron pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, determinaron que la evaluación sensorial (catación) fue el factor que delimitó la vida en anaquel del café verde y pergamino. Las muestras de café almacenados en yute tuvieron un tiempo de vida en anaquel de 2 meses, las muestras almacenadas en superbolsa más yute tuvo una vida en anaquel de 5 meses, y en el empaque trilaminado fue de 10 meses, siendo el empaque trilaminado el más adecuado para almacenar a ambos cafés.

Varas (2019) evaluó el efecto de la adición del extracto de licopeno de tomate sobre la vida en anaquel del aceite de linaza, evaluó la vida en anaquel del aceite sin y con adición de licopeno de tomate demostrando que la adición de licopeno en 80 ppm al aceite de linaza logró incrementar su vida en anaquel en un 31,08% y 32,48% según el método Rancimat y por pruebas aceleradas en estufa empleando la ecuación de Arrhenius.

Mercado-Flores et al. (2016) determinaron el tiempo en que la fresa entera congelada mantiene sus atributos y su aceptación por el consumidor empleando el método de pruebas aceleradas con la ecuación de Arrhenius, las muestras se almacenaron a  $-28^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $2,5^{\circ}\text{C}$ , y se obtuvo una estimación de vida en anaquel a  $-28^{\circ}\text{C}$  de 645 días para la pulpa de fresa y de 430 días para la fresa entera.

### **2.2.2. Principios del tratamiento térmico**

Las temperaturas que son más altas de aquellas a las que los microorganismos crecen, producen inevitablemente su muerte o les provoca lesiones sub letales. Cuando éstas son expuestas a (temperatura/tiempo) moderadas producen efectos sub letales. Cuando las exposiciones son más drásticas provocan en las poblaciones homogéneas un progresivo descenso de su concentración debido a la muerte de un número de células, cuanto más prolongado sea el tiempo de exposición, más elevado el descenso de la concentración de m.o. Aunque se han observado excepciones, está perfectamente establecido que el orden de la termo destrucción es esencialmente logarítmico (Pflug y Schmidt 1968; Brown y Melling 1971; Stumbo 1973; citados por Reynaga 2014).

Las esporas bacterianas son muy resistentes a las temperaturas extremas; algunos pueden incluso sobrevivir a tratamientos de varios minutos a  $120^{\circ}\text{C}$  y horas a  $100^{\circ}\text{C}$ . Las células vegetativas de los gérmenes esporulados, al igual que las levaduras y hongos, no son más termorresistentes que las bacterias vegetativas. La mayoría mueren tras unos minutos a 70 u

80°C y en los alimentos húmedos ninguno resiste más que una exposición momentánea a 100°C. Por ello, los tratamientos que no llegan a destruir por completo la microflora original dejan una población residual que impone las características microbiológicas del mismo (ICMSF 1980; citado por Reynaga 2014).

### **Valor D**

Tiempo de reducción decimal a una determinada Temperatura, minutos necesarios para que la curva de destrucción térmica atravesase un ciclo logarítmico (Rosales 2010; citado por Eulogio y Matos 2010).

### **Valor Z**

Número de grados de temperatura que corresponde al cambio del valor D para reducir un ciclo logarítmico. También se define como la capacidad de resistencia al calor de los distintos microorganismos (Rosales 2010; citado por Eulogio y Matos 2010).

### **Eficacia o Velocidad Letal**

La eficacia letal expresa la letalidad de un minuto de tratamiento a cualquier temperatura T en función de la temperatura de referencia  $T_{ref}$  (Rees y Bettison 1994; citado por Reynaga 2014).

Además usando el valor z puede calcularse la eficacia letal L, a partir de:

$$L = 10^{((T-T_{ref})/z)}$$

### **Valor F**

El símbolo F, fue introducido por Ball para designar el equivalente en minutos a 121,1°C (250°F) de las letalidades combinadas de todas las integraciones tiempo-temperatura en el punto de calentamiento más tardío para un producto durante su tratamiento térmico. Así, el valor F es una medida del efecto letal total sobre los microorganismos que tiene un tratamiento térmico. El término  $F_c$  indica el valor F en el centro de un envase,  $F_0$  indica el valor F equivalente en minutos a 121,1°C y  $z = 10^\circ\text{C}$ ; y  $F_s$  la letalidad integrada del calor recibido por todos los puntos en un recipiente (Rees y Bettison 1994).

$F_i$  es el tiempo a cualquier otra temperatura equivalente a 1 minuto a 250°F. (Stumbo 1973).

La esterilidad del producto requiere de un tratamiento térmico adecuado; cuanto más prolongado mucho mejor. La calidad y uniformidad del producto alcanzan su nivel más alto comúnmente reduciendo el tiempo y la temperatura del tratamiento térmico. A fin de equilibrar estos factores, es importante conocer la rapidez de calentamiento del alimento de modo que sea posible lograr el tratamiento con calor sin llegar al sobre procesamiento (Sharma 2003).

El efecto letal del calor en las bacterias es una función del tiempo, la temperatura y la población inicial del producto. Para evaluar un proceso de calentamiento se debe conocer las características del calentamiento de la porción del recipiente que se calienta más lentamente, a ésta se le llama zona fría, el número de microorganismos de interés que están presentes, así como las características de la resistencia al calor de éstos (Sharma 2003).

### **2.2.3. Pruebas de penetración de calor**

Las pruebas de penetración de calor son de uso común en la industria alimentaria para determinar el tiempo de proceso apropiado para que un producto alimenticio alcance la esterilidad comercial (Sharma 2003).

En una prueba de penetración de calor, se coloca un termopar en un recipiente, de manera que mida la temperatura del alimento en el punto de calentamiento más lento, el llamado punto frío. Dos temperaturas se registran respecto al tiempo:

- ✓ La temperatura de la cámara de la autoclave TR.
- ✓ La temperatura en el punto frío del alimento T.

La diferencia entre estas dos temperaturas proporciona la fuerza impulsora que calienta al alimento. Esto significa que conforme la temperatura del alimento se aproxima a la temperatura de la autoclave, la rapidez de calentamiento disminuye de manera exponencial (Sharma 2003).

La velocidad de penetración del calor es mayor cuando más alto es el gradiente térmico entre el medio transmisor y el receptor. Esta variación de velocidad está condicionada por las características del material que se calienta y por las corrientes de convección (Martínez 1968; citado por Canales 2000).

La buena permeabilidad que ofrecen los plásticos al calor facilita la satisfacción de esta exigencia; ya que un aumento de la temperatura de esterilización de 10° C, por ejemplo, incrementa la eficacia germicida en unas 10 veces y las modificaciones cualitativas del producto en solo 2 a 4, así la capacidad de conservación resulta más satisfactoria cuanto más alta sea la temperatura y menor el tiempo que ejerza su influencia (Olivares 1998).

#### **2.2.4. Curvas de penetración de calor**

La medida del calentamiento del producto envasado durante la esterilización se determina mediante el trazado de las curvas de penetración de calor, en éstas se relaciona la temperatura alcanzada en el interior del mismo con el tiempo de calentamiento. Existen diversos tipos de aparatos destinados para obtener estos datos, que generalmente se efectúa a distancia y con la ayuda de un sensor de temperatura o termopar.

Para caracterizar las curvas de penetración de calor en el procesamiento de alimentos, los valores “f” y “j” son generalmente usados tanto para el calentamiento por conducción y convección. Las relaciones transitorias de tiempo-temperatura durante el calentamiento del material alimenticio se conocen como curvas de penetración de calor en el contexto del procesamiento de alimentos y generalmente se describen como una relación lineal entre el tiempo y el logaritmo de la temperatura. La pendiente y la intersección de dicha línea se caracterizan ampliamente por los valores "f" y "j" respectivamente.

El origen de tal descripción de la curva de penetración de calor transitoria probablemente se remonta a Ball y Olson (1957), quienes demostraron matemáticamente esta relación semilogarítmica en el caso del calentamiento conductivo estricto (sin movimiento) de los alimentos en geometrías cilíndricas y otras geometrías regulares. Para el calentamiento conductivo en la mayoría de las geometrías regulares, tal relación semilogarítmica se puede probar analíticamente fácilmente (Datta 1990).

#### **2.2.5. Métodos de cálculo de proceso**

El valor F, variable introducida por Ball, representa la suma de todos los efectos letales considerados, expresados en minutos a la temperatura de referencia (Stumbo 1973; citado por Giannoni 1977).

Hay dos procedimientos comúnmente usados para calcular y evaluar procesos térmicos en alimentos enlatados. Estos son el método general y el método matemático de Ball. Existen

ventajas y desventajas en el uso de cada uno de estos métodos, siendo el método general el más preciso, ya que presenta mayor exactitud para determinar el valor de letalidad de un proceso de calentamiento. En este método se utilizan directamente los datos de tiempo-temperatura obtenidos de las pruebas de penetración de calor calculando las intensidades letales en cada minuto y la letalidad del proceso completo. Este método es aplicable a cualquier situación de proceso (tipo de transferencia de calor: conducción o convección), y tipo de producto (propiedades del producto o dimensiones y forma del envase). A continuación, se detalla cada uno.

### **Método General**

El método de cálculo de referencia se conoce como método general (Bigelow *et al.* 1920; citado por Featherstone 2015) y proporciona un valor de proceso (valor F) que a veces es suficiente para fines de validación. Convierte los tiempos y temperaturas medidos a valores F a partir de tasas letales acumuladas. Una tasa letal es un término relativo que compara el efecto destructor de microorganismos a una temperatura medida a 1 minuto a una temperatura de referencia. La integración de tasas letales en los tiempos y temperaturas medidos se realiza generalmente mediante el método trapezoidal, con las rutinas de cálculo integradas en un software de registro de datos.

También se usan otros métodos como la Regla de Simpson, Método del Rectángulo, a continuación, las diferencias:

El método de rectángulo es representado por el área del rectángulo que indica el efecto térmico parcial. Se grafica el comportamiento de la velocidad letal en función del tiempo. Hay un exceso del área del rectángulo que se compensa con el defecto del área bajo la curva que no se considera (Elías 2014, citado por Castañeda 2018).

El método trapezoidal consiste en aproximar la curva con una serie de paralelogramos. El área total se calcula como la suma de los pequeños paralelogramos (Simpson y Holdsworth 2016).

El método Simpson es similar al trapezoidal pero necesita un número impar de intensidades letales. El área bajo la curva de enfriamiento puede evaluarse por separado del área bajo la curva de calentamiento (Simpson y Holdsworth 2016).

El método General le permite al usuario seguir el cálculo del valor F durante el proceso, generalmente en tiempo real (con sondas); sin embargo, para los registradores, esto se hace

cuando se eliminan del sistema de procesamiento. El tiempo para alcanzar un valor F objetivo se determina a partir de los datos y se pueden establecer las condiciones del proceso (Featherstone 2015).

Si bien este es un método simple, tiene algunas limitaciones importantes:

- ✓ Los valores F son relevantes para las condiciones de prueba del día (tiempo de letalidad) y (procesamiento a alta temperatura y tiempo corto) y no se pueden transferir fácilmente a otro conjunto de condiciones.
- ✓ Los cambios en las variables críticas no se pueden evaluar sin una nueva prueba de Tiempo de letalidad, como la temperatura inicial del producto, la temperatura de referencia, el tiempo de preparación y el perfil de enfriamiento. Las desviaciones a las condiciones de proceso establecidas no pueden evaluarse por cálculo y deben simularse experimentalmente (Featherstone 2015).

### **Método de Ball**

Por las razones anteriores, existen alternativas al método general que se utilizan ampliamente en la industria. Aparte de los cálculos de procesos basados en la reducción de registros y los cálculos del método general, la mayoría de los métodos de cálculo de procesos utilizan factores de calentamiento (fh) y retraso (j) (Featherstone 2015).

Factores de calentamiento originados en la industria de conservas como una medida de la velocidad de calentamiento del producto utilizada para calcular los tiempos de proceso de los alimentos enlatados. Por definición, el factor de calentamiento es el tiempo necesario para que la diferencia entre el ambiente y la temperatura del producto se reduzca en un 90%. Son términos importantes en el análisis de datos de procesos térmicos porque proporcionan información sobre la velocidad de calentamiento de un contenedor de alimentos (Featherstone 2015).

Sin embargo, el método Ball ofrece opciones al método General que permite realizar un análisis de los escenarios de "qué pasaría si". El método Ball tiene tres partes y se puede describir en su forma más simple como:

- ✓ Una ecuación de la línea de calentamiento recta, que es efectivamente el gradiente al final del calentamiento.
- ✓ Esto está conectado mediante una función hiperbólica compleja determinada

experimentalmente a la línea de enfriamiento.

- ✓ Una ecuación de la línea de enfriamiento de línea recta, que es efectivamente el gradiente al final del enfriamiento. La descripción anterior no hace justicia al método Ball, pero sí describe las partes constituyentes. El método se derivó para réplicas de vapor porque eran el tipo principal utilizado en la época en que Ball llevó a cabo sus experimentos. Por lo tanto, la compleja rutina de conexión entre calefacción y refrigeración es más precisa para las retortas de vapor; se requieren ajustes a esto para otros tipos de réplicas, tales como réplicas de agua. Es importante tener en cuenta que el método de Ball calcula un valor F al final del enfriamiento. Las rutinas se pueden usar para calcular el final del valor F de calefacción, pero estas comienzan a perder su precisión. El valor de “j” es el factor de retraso de calentamiento, definido como una medida del retraso térmico antes de que la temperatura de la lata responda a la temperatura ambiente cambiante; fh es el factor de calentamiento, definido como el parámetro de respuesta de temperatura derivado de la curva de calentamiento logarítmica (minutos); RT es la temperatura de la retorta durante el período de retención (° C); y T es la temperatura del producto después de (t) minutos de tiempo de calentamiento (° C). El I'T ' es la temperatura a la que la línea recta para el calentamiento (línea logaritmo lineal) habría comenzado si no hubiera habido una fase de retraso. La mayoría de los cálculos del método Ball ahora son versiones computarizadas de las tablas y nomogramas publicados por Ball (Ball & Olson 1957).

Se han hecho varios intentos desde Ball para mejorar el método, particularmente para enfriar los cálculos de letalidad (Featherstone 2015).

#### **2.2.6. Esterilización**

Consiste en conservar los alimentos eliminando los microorganismos que pudieran contener, aplicando una combinación de tiempo y temperatura que los destruya. Al respecto, debe tenerse en cuenta que la esterilización total es prácticamente imposible y cuando se hace referencia a esterilización, en realidad se habla de una “esterilización industrial” que se limita a destruir o inhibir transitoriamente a los agentes causantes del deterioro (microorganismos patógenos como el *Clostridium botulinum* y microorganismos alterantes que afectan a la estabilidad del alimento) de modo que las conservas puedan mantener sus cualidades esenciales durante periodos de tiempo más o menos largos (Canales 2000).

La esterilización comercial debidamente aplicada asegura estabilidad microbiológica y mejora la textura, consistencia, sabor y digestibilidad de ciertos alimentos, que en su estado natura resultarían prácticamente incomedibles (Spinak y Wiley 1982; citados por Sánchez 1995).

Un producto cárnico esterilizable es aquel que ha sido sometido a temperaturas mayores a 100° C para eliminar microorganismos patógenos. El resultado son productos con un tiempo de vida en anaquel comparable con el de los productos congelados pero sin la necesidad de una cadena de frío (Paine y Paine 1983; citados por Canales 2000).

Actualmente, las investigaciones están orientadas a reducir los tiempos de tratamiento alcanzando temperaturas más altas (Castro 1997). La aparición de los envases flexibles esterilizables, como bolsas de plástico, láminas de plástico y hojas de aluminio, facilitan el alcanzar este objetivo (Olivares 1998).

Los envases flexibles esterilizables ofrecen además otras ventajas frente a sus sustitutos de metal o vidrio, pues hay menos interacción producto/envase durante el almacenamiento y distribución y porque facilita la preparación al permitir calentarlo directamente (Paine y Paine 1983; citados por Canales 2000).

Dentro de los procesos de esterilización, se tienen tres tecnologías novedosas para esterilizar alimentos ETAM (esterilización térmica asistida por microondas) ETAP (esterilización térmica asistida por presión) y retortas avanzadas, las 2 primeras ofrecen tiempos de procesamiento más cortos que las réplicas avanzadas, lo cual dará como resultado productos de mejor calidad, pero tienen que eludir el escepticismo de la industria alimentaria para cambiar drásticamente la forma en que se procesan los alimentos. No hay duda de que una vez que se adopten, establecerán una clara ventaja competitiva, pero necesitan ganar credibilidad (Barbosa *et al.* 2014).

Canales (2000), señala que el  $F_0$  para la carne cocida oscila de 6 a 8 y para las salchichas de Frankfurt de 3 a 4 y recomienda además que cualquier tratamiento térmico debe respetar estos valores mínimos.

En el supuesto de haber logrado el efecto germicida que garantiza la destrucción de los microorganismos, el envase esterilizado de material plástico representa una conserva, igual que la lata, desde el punto de vista bacteriológico. La capacidad de conservación de estos envases es limitada con relación a las latas, ya que ofrecen una ligera permeabilidad al

oxígeno que conduce a la presentación de alteraciones oxidativas del producto (Spinak y Wiley 1982; citados por Sánchez 1995).

### **Esterilidad Comercial**

Rees y Bettison (1994) definen un alimento “estéril comercialmente” como aquel producto que ha sido sometido a un tratamiento térmico tal que, no se altera en condiciones normales de almacenamiento, y a su vez no supondrá un peligro para la salud del consumidor. Por otro lado, mencionan que el pH del alimento es un factor importante al calcular la intensidad del tratamiento.

### **Evaluación del Tratamiento térmico**

La esterilidad del producto requiere de un tratamiento térmico adecuado; cuanto más prolongado mucho mejor. La calidad y uniformidad del producto alcanzan su nivel más alto comúnmente reduciendo el tiempo y la temperatura del tratamiento térmico. A fin de equilibrar estos factores, es importante conocer la rapidez de calentamiento del alimento de modo que sea posible lograr el tratamiento con calor sin llegar al sobre procesamiento. El efecto letal del calor en las bacterias es una función del tiempo, la temperatura y la población inicial del producto. Para evaluar un proceso de calentamiento se debe conocer las características del calentamiento de la porción del recipiente que se calienta más lentamente, a ésta se le llama zona fría, el número de microorganismos de interés que están presentes, así como las características de la resistencia al calor de éstos (Sharma 2003).

### **2.3. ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES**

La bolsa retortable es una bolsa laminada flexible que puede soportar temperaturas de procesamiento y combina las ventajas de las latas de metal y de paquetes plásticos. Estos consisten de materiales laminados que proporcionan una barrera al oxígeno y también una barrera contra la humedad. Las bolsas flexibles retortables son una alternativa de método de envasado para productos estériles no perecederos. Importantes empresas estadounidenses han tenido éxito comercial con varios de estos productos. Las bolsas pueden ser prefabricados o formados a partir de rollos: la alternativa de precio más atractiva. Alternativamente, el proceso prefabricado permite una mayor velocidad de línea sobre la del material en rollo, y los problemas mecánicos de convertir el material en rollo en bolsas,

desaparecen en la planta de alimentos (Blakiestone 2010; citado por Simpson & Holdsworth 2016).

Downing (1996) indica que los envases flexibles esterilizables son estructuras laminadas que son térmicamente procesadas como una lata, son estables en el almacenamiento, y tienen la conveniencia de los productos congelados.

Los productos cárnicos y avícolas comercialmente esterilizados generalmente se consideran estables en el estante y se clasifican como "enlatados" a pesar de los diversos recipientes flexibles, como las bolsas esterilizables o los recipientes semirrígidos utilizados en la producción (Barbosa *et al.* 2014).

Las retortas usadas en procesamiento de bolsas flexibles pueden ser continuos o discontinuos, con agitación o sin agitación y requieren sobrepresión de aire o vapor para controlar la integridad de la bolsa (Blakiestone 2010; citado por Simpson & Holdsworth 2016).

Wagner (2016) también menciona que los contenedores requieren una sobrepresión de aire para contrarrestar la expansión natural de los gases presentes en el espacio de cabeza y los liberados de los alimentos a medida que aumenta la temperatura, sin embargo, incluso hay excepciones de empaque para esto. El uso de materiales de embalaje plastificados o no plastificados puede modificarse para incluir un sistema de válvula sensible a la presión. Típicamente, una vez que los productos alimenticios se procesan o retocan térmicamente, se acumula presión interna y para evitar que se revienten los paquetes, se aplica una sobrepresión de aire dentro de la retorta. Sin embargo, en los paquetes de alimentos que contienen válvulas sensibles a la presión, una vez que la presión del paquete interno alcanza niveles inaceptables, el sistema de válvula de una vía se abre para permitir la liberación de gases o vapor hasta que se alivie la presión.

La bolsa retortable o *pouche* tiene muchas ventajas sobre los paquetes de alimentos enlatados y congelados para el procesador de alimentos, distribuidor, minorista y consumidor (Mermelstein 1978; citado por Mohammed y Abdul Ghani 2006).

- Una bolsa se puede abrir de manera fácil y segura rasgándola en la parte superior en una muesca en el costado sellar o cortarlo con unas tijeras. No es necesario un abrelatas y no hay peligro de tapas de latas o vidrios rotos. Tampoco hay problema en manipular

una bolsa inmediatamente después remoción del agua hirviendo.

- Las bolsas, vacías y llenas, ocupan menos espacio de almacenamiento que las latas, frascos y bandejas comparables. Las bolsas vacías, por ejemplo, ocupan hasta un 85 por ciento menos de espacio de almacenamiento que las latas.
- Las bolsas pesan menos que las latas y frascos comparables, lo que reduce los costos de distribución.
- No hay necesidad de ensuciar ollas o sartenes, ni siquiera platos. La comida se puede comer directamente en la bolsa o servido en platos.

#### **2.4. TRATAMIENTO TÉRMICO EN ENVASES FLEXIBLES**

Experiencias a escala industrial efectuada por diversos autores (Spinak y Wiley 1982; Adams *et al.* 1983; Tandom y Bhowmick 1986; y Lebowitz y Bhowmik 1989; citados por Sánchez 1995) han permitido demostrar aspectos importantes:

- ✓ Tiempo de tratamiento térmico, por su perfil plano, que permite una buena penetración de calor, el tiempo de esterilización de las bolsas se reduce a  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{1}{3}$  del necesario para un bote metálico de similares dimensiones.
- ✓ Los valores usuales de  $F_0$  utilizados comercialmente para envases metálicos son aptos para las bolsas, si bien se requiere algún ajuste para ciertos productos específicos.
- ✓ Es necesario trabajar con contrapresión de aire, fundamentalmente durante el ciclo de enfriamiento de las bolsas (Spinak y Wiley 1982; citados por Sánchez 1995).

Ravi *et al.* (2002) estudiaron el proceso térmico y la vida en anaquel de pescado empacadas en bolsas retortables, el empaque tenía 3 capas compuestas de 12,5  $\mu\text{m}$ , poliéster / 12,5  $\mu\text{m}$  foil de aluminio / 80  $\mu\text{m}$  polipropileno fundido, se colocó un sensor de temperatura en cada bolsa pouch que contenía 210 g de curry de pez caballa. La data de Temperatura – tiempo fue recolectada durante el procesamiento térmico usando un registrador de datos Ellab e integrador de valor de cocción, las características de penetración de calor fueron determinadas usando un método matemático. El valor  $f_h$  fue de 25 min con un  $F_0$  de 11,5 y valor de cocción de 95 min. Estas muestras permanecieron en buenas condiciones por un máximo de 24 meses a temperatura ambiente.

Adepoju et al. (2016) evaluaron el pez lechero (*Chanos chanos*) y compararon la diferencia en las características de penetración de calor del producto procesado en retorta mediante aplicación de vapor-aire e inmersión en agua. Envasaron el pez lechero fresco en paquete seco y en aceite como medio, ambos en bolsas flexibles, y fueron procesados térmicamente a un valor mínimo  $F_0$  de 7,77 a  $121,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en inmersión en agua y vapor – aire respectivamente. Se registraron los valores de penetración de calor por cada minuto de procesamiento y el registro de temperatura con la ayuda de Ellab. Se observó que el CUT de la retorta para alcanzar  $121,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  fue menor en vapor-aire que inmersión, invariablemente condujo también a un menor tiempo de proceso de Ball (B) y tiempo de proceso total (T) en comparación con la inmersión en agua. Asimismo, como medio de transferencia de calor entre el empaque seco y el aceite como medio, el empaque seco obtuvo mejor conducción de parámetros de  $F_0$ , tiempo de procesamiento y valor de CUT.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Procesadora de Productos Cárnicos de la empresa San Fernando S.A.: Laboratorio Microbiológico, laboratorio fisicoquímico y laboratorio sensorial; así como en las instalaciones de la Planta MILSPEC E.I.R.L.

#### **3.2. MATERIA PRIMA**

Se empleó carne mecánicamente deshuesada de pollo, grasa de pollo y carne de cerdo procedente de la provincia de Huaral, planta de beneficio San Fernando S.A.

#### **3.3. INSUMOS**

- ✓ Agua
- ✓ Hielo
- ✓ Sal
- ✓ Sal de cura Curasal proveedor QUIMSA S.A.C.
- ✓ TripoliFosfato de sodio 802 proveedor QUIMSA S.A.C.
- ✓ Antioxidante natural a base de romero y té verde FORTIUM RGT WS 1200 proveedor KEMIN
- ✓ Eritorbato de sodio proveedor Granotec Peru S.A.C.
- ✓ Almidón modificado de maíz Polartex proveedor Granotec Perú S.A.C.
- ✓ Proteína de soya aislada Soy Pro 900E
- ✓ Colorante carmín CHR-30 proveedor CHR HANSEN
- ✓ Condimento jamonada (mezcla interna SF).

### **3.4.MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.4.1.Materiales de empaque (de alta barrera)**

- ✓ Funda plástica flexible esterilizable de color rojo, conformada por 5 capas a base de poliamida, adhesivo, polietileno, adhesivo y poliamida, adecuado para esterilizar hasta 125° C por 8 horas, calibre 60 y espesor 40 micras, proveedor BIGAN.
- ✓ Clip de Aluminio (100%) R 15-09 5x2,2 OL KA 30000
- ✓ Bolsa *pouch* de color blanco a base de Tereftalato de Polietileno, nylon y polipropileno de medidas 14 cm x 19 cm y espesor de 138 micras

#### **3.4.2.Equipos y accesorios**

- ✓ Mesas de acero inoxidable
- ✓ Cuchillos de acero inoxidable
- ✓ Material de vidrio diverso (pipetas, buretas, matraz de Erlenmeyer, probetas, fiolas, etc., para los análisis fisicoquímicos).
- ✓ Cutter ALPINA marca TIPPER TIE modelo Swopper tipo SWV 330-S
- ✓ Embutidora marca HANDTMANN al vacío modelo VF 620
- ✓ Clipeadora automática marca POLY-CLIP modelo FCA 120
- ✓ Selladora campana para bolsas pouch MARCA PLASPAK
- ✓ Cámara climática MARCA DIES modelo Climática ECO C1000T 1400 x1200 x 640 mm<sup>3</sup>, con 8 bandejas
- ✓ Micrómetro Digital Marca Baxio Modelo D4000
- ✓ Autoclave de vapor – aire horizontal, estacionaria y discontinua con contrapresión, marca LAGARDE, características en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Características de la autoclave

<b>AUTOCLAVE B</b>				
<b>Tipo de Autoclave</b>	Vapor de Aire			
<b>Fabricante</b>	Lagarde Autoclaves			
<b>Modelo</b>	1300 Series (SVS 184 (B))			
<b>Dimensiones</b>	Longitud	5269 MM		
	Diámetro	1300 MM		
<b>Vapor</b>	Presión de alimentación	1,2 bar		
	Tubería de ingreso (diámetro)	1,5 pulgadas		
	Control o Regulador automático	Marca	Samantha Software	
		Tipo	Computadora industrial	
	Válvula de control	Marca	SAMSON	
		Modelo	3171	
		Tipo	Neumática	
Diámetro		1,5 pulgadas		
<b>Aire</b>	Línea de remoción de (venteo)	1,5 pulgadas		
	Tipo de válvula	Neumática		
<b>Presión de agua</b>	1,2 bar			
<b>Drenaje principal (diámetro)</b>	2 pulgadas			
<b>Drenaje no crítico (diámetro / Tipo válvula (condensado))</b>	1,5 pulgadas			
<b>Espitas</b>	Número	1		
	Diámetro	1,5 pulgadas		
	Distancia entre espitas			
	Distancia de espita a extremos considerando envases más alejados	No aplica		
<b>Ingreso de agua</b>	Diámetro	1/2 pulgada		
	Tipo de válvula	Neumática		
<b>Aire para enfriamiento a presión</b>	Diámetro	1/2 pulgada		
	Tipo de válvula	Neumática		
<b>Válvula de seguridad</b>	Diámetro	1,5 pulgadas		

<<Continuación>>

<b>Instrumentación</b>	Termómetro	Rango	0 a 300 °F (-18 a 150 °C)
		Escala	Celsius
	Manómetro	Rango	0 - 10 bar
		Escala	bar
	Registrador de temperatura	Samantha Software	
<b>Coches</b>	Número	4	
	Material de construcción	Acero inoxidable	
	Características	14 bandejas de doble fuelle	
	Dimensiones	910x820x840 mm	

**Fuente:** Adaptado de MILSPEC E.I.R.L.

- ✓ Materiales descartables para evaluación sensorial: vasos y tenedores.
- ✓ Balanza de precisión marca OHAUS, modelo Adventurer. Capacidad 4100 g, precisión 1 g.
- ✓ Balanza de precisión marca Totalweight. Capacidad 30 kg, precisión: 5 g
- ✓ Balanza analítica marca OHAUS, modelo AR2140. Capacidad 210 g, precisión 0,1 mg.
- ✓ Pie de Rey marca Hardened Control Company – Traceable. Rango de medición 0 a 200 mm o 0 a 8 pulg.
- ✓ Potenciómetro marca HANNA modelo Checker.
- ✓ Termómetro de escala Centígrada: marca Treceable Rango de -50° C a 300° C.
- ✓ Compresora de aire, marca WEBER 6HP. Fabricado en Japón.
- ✓ Monitoreadores inalámbricos de temperatura *Data Trace* MPIII (Figura 2)
- ✓ *Software* Data Trace Pro®
- ✓ Protectores de acero inoxidable para monitoreadores inalámbricos de temperatura MPIII
- ✓ Accesorios de acero inoxidable para fijar los monitoreadores en el punto deseado de monitoreado en el envase
- ✓ Equipos diversos de laboratorio, empleados para los análisis químicos, físicos y esterilidad comercial.
- ✓ Jabas de plástico marca Plaspack, con dimensiones de 0,67 m x 0,54 m x 0,185 m
- ✓ Reactivos para análisis de esterilidad comercial:
  - Mesófilos Caldo de Dextrosa y Triptona DTB
  - Medios de peptona y extracto de levadura PE2



**Figura 2:** Sensor de temperatura inalámbrica

### **3.5. METODOLOGÍA**

#### **3.5.1. Procedimiento para la operación de los monitores de temperatura**

Los sensores que monitorean la temperatura, fueron programados y leídos según el procedimiento estándar recomendado por el fabricante.

Procedimiento de operación Standard para sistemas Data Trace, validado para la norma ISO/IEC 17025. Este sistema ha sido desarrollado por Mesa Laboratories, Inc. y cumple con las regulaciones del FDA, cuyo número de registro es: 1720309. Adicionalmente, presenta certificación NIST y cumple con los requerimientos CE/ Norma para Compatibilidad Electromagnética: EN 55022 y EN 50082-2.

#### **3.5.2. Análisis fisicoquímicos**

##### **Determinación de Índice de Peróxido**

La determinación del índice de peróxido se realizó empleando una metodología de extracción de la grasa en frío del producto y su determinación de peróxidos que no incremente o altere los valores, actualmente no hay una norma de determinación de índice de peróxidos para cárnicos, por lo cual se empleó la metodología de la NTP 206.016. Se trabajaron con 2 diferentes solventes, para comparar resultados, éter de petróleo y cloroformo.

## Determinación de pH

Se realizó a través de la lectura de un potenciómetro de mesa marca Hanna (NTP, 206.014:1981, Revisada el 2011).

### 3.5.3. Evaluación de Esterilidad Comercial

El método utilizado fue de acuerdo al método APHA / *Compendium of methods For the microbiological examinations of Foods, Fifth edition 2015. Test for Comercial Sterility* Chapter 61 pag. 797 – 803.

La jamonada de pollo esterilizada en envase flexible debe cumplir los criterios microbiológicos para Alimentos de baja acidez, de pH > 4,6 procesados térmicamente y empacados en envases sellados herméticamente; indicados en RM N° 704 MINSA/DIGESA, “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”, los criterios de aceptación y rechazo se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Criterios microbiológicos para alimentos de baja acidez, de pH > 4,6 procesados térmicamente y empacados en envases sellados herméticamente.

Análisis	Plan de muestreo		Aceptación	Rechazo
	N	c		
Prueba de esterilidad comercial	5	0	Estéril comercialmente	No estéril comercialmente

**Fuente:** RM N° 704 MINSA (2007)

Mediante la prueba de esterilidad comercial se buscó detectar si hubo microorganismos mesófilos y Termófilos viables en el producto esterilizado.

El método usado fue: APHA/*Compendium of methods for the microbiological examinations of foods. Fifth edition 2015. Test for Comercial Sterility. Chapter 61 pag. 797 – 803.*

### Medios de cultivo usados

- Mesófilos Caldo de Dextrosa y Triptona DTB – para Mesófilos
- Medios de peptona y extracto de levadura PE2 – para Termófilos

### Cantidad de Muestras ensayadas

Se incubó 2 moldes para mesófilos y 2 moldes para termófilos. El rango de temperatura 30-35° C durante 10 días fue para determinar el desarrollo de aerobios y anaerobios Mesófilos. La incubación a 55° C durante 7 días fue para determinar el desarrollo de aerobios y anaerobios Termófilos. De estos moldes, se extrajo 2 g de muestra para colocarse en cada tubo con los medios de cultivo respectivo. Los análisis se realizaron por duplicado.

#### 3.5.4. Análisis sensorial

Para la evaluación sensorial se consideró como parámetros de medida los cambios en los atributos organolépticos, ya que éstos son los que pueden ser detectados fácilmente por el consumidor para rechazar el producto, además indica el deterioro del producto por causa de reacciones fisicoquímicas o microbiológicas, que provocan el cambio de apariencia, así como de sabor y aroma. Los atributos sensoriales se indican en la Tabla 4.

La Jamonada de pollo esterilizada, tiene los siguientes atributos sensoriales:

**Tabla 4:** Atributos sensoriales de la jamonada de pollo esterilizada

<b>Atributo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Olor</b>	Intenso a embutido de pollo y condimentos
<b>Sabor</b>	A Jamonada de pollo, sabor intenso, con guisantes y sal
<b>Textura</b>	Compacta a la mordida, permite el lonjeado
<b>Color</b>	Masa color rosado pálido

**Fuente:** Laboratorio sensorial empresa San Fernando S.A.

El análisis sensorial se llevó a cabo mediante una prueba para medir el grado de satisfacción con escala hedónica, lo cual permitió modelar la pérdida progresiva de las características de calidad, usando una escala graduada, donde el valor de percepción (y) pudo usarse como

índice de calidad y ser ploteado versus el tiempo (t).

En esta investigación se trabajó con un panel entrenado de la empresa San Fernando, con el fin de medir la intensidad de cambio en sus atributos, estuvo conformado por 10 panelistas expertos en el producto (mujeres), quienes al estar entrenados eran jueces más exigentes que los consumidores habituales, al panel entrenado se les entregó una cartilla de evaluación (Figura 3), donde se indica la escala hedónica de agrado de 9 puntos (Tabla 5), en la cartilla colocaron el nivel de aceptación o rechazo para cada muestra presentada. Los puntajes se asignaron según la aceptación general que tuvieron las muestras.

**Tabla 5:** Escala hedónica de 9 puntos

Puntaje	Calificación
9	Gusta extremadamente
8	Gusta mucho
7	Gusta moderadamente
6	Gusta ligeramente
5	Ni gusta ni disgusta
4	Disgusta ligeramente
3	Disgusta moderadamente
2	Disgusta mucho
1	Disgusta extremadamente

Donde “Gusta extremadamente” correspondía a las características iniciales de sabor, olor, apariencia y textura de la jamonada de pollo esterilizada, y el valor crítico que indicó el fin de la vida del producto a nivel sensorial fue 6 “Gusta Ligeramente”. Se consideró 6, ya que era el valor que se tomó en otros trabajos similares, este valor sirvió como indicador para saber que el producto ya había iniciado cambios sensoriales y lo encontraban “Regular” o con mínimo agrado.

EVALUACION SENSORIAL: PRUEBA DEL GRADO DE SATISFACCION CON ESCALA HEDONICA			
Fecha: _____ Hora: _____			
Panelista: _____			
<b>Indicaciones:</b>			
Sírvasse evaluar las muestras de jamonada, pruebe las muestras en el orden indicado, en cuanto a los atributos de Flavor, Textura, Color, Aceptación general. Marque en la escala, con un aspa, el renglón que corresponda a la calificación para cada muestra.			
<b>ATRIBUTO:</b>			
<b>ESCALA</b>	<b>715</b>	<b>184</b>	<b>Comentario</b>
Gusta extremadamente			
Gusta mucho			
Gusta moderadamente			
Gusta ligeramente			
Ni gusta ni disgusta			
Disgusta ligeramente			
Disgusta Moderadamente			
Disgusta mucho			
Disgusta extremadamente			
Muchas Gracias			

**Figura 3:** Cartilla de evaluación de nivel de agrado con escala hedónica para la jamonada de pollo esterilizada en envase flexible

### 3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.6.1. Elaboración del embutido

Para este ensayo, se consideró trabajar con una sola formulación de jamonada (Tabla 6), la preparación de la masa, se llevó a cabo en las instalaciones de la Empresa San Fernando S.A., ésta se preparó haciendo uso de la “cutter” Alpina, luego se procedió a embutir en las fundas plásticas con un peso promedio de 300 g y enseguida se sellaron “clipearon”. Luego se colocó cada molde dentro de la bolsa *pouch* y se llevó a la selladora campana para extraer vacío y proceder a sellar con una presión de 20 mbar por 20 segundos (Figura 5). El sello de la solapa debe estar a una distancia mínima de 1 cm del borde de la bolsa, con un ancho de sello de 2 cm. Se colocaron en una cámara de refrigeración hasta su traslado a la planta MILSPEC E.I.R.L. para su esterilizado. Se repitió esta labor por 2 días, 1 lote por día para la ejecución de las pruebas de esterilizado. Manteniendo el mismo proceso y formulación en todos los lotes.

Del total de moldes por lote de 100 kg se seleccionaron 33 moldes para colocarse los sensores en el interior y realizar el estudio de penetración de calor (Figura 2). Luego se cerraron, “clipearon” (Figura 4), para después sean embolsados y sellados (Figura 5).

Se trasladaron los moldes en cajas térmicas con gel pack para mantener su temperatura en el traslado.

**Tabla 6:** Formulación de la jamonada de pollo

<b>Fórmula de jamonada de pollo</b>	<b>(Kg)</b>
Carne de pollo	53,86
Grasa de pollo	5,00
Carne de cerdo	7,41
Agua	20,50
Sal	1,40
Fosfato	0,30
Sal nitrificada	0,10
Antioxidante 1	0,20
Condimento	0,90
Eritorbato	0,25
Colorante	0,08
Almidón modificado	10,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** Empresa San Fernando S.A.



**Figura 4:** Moldes de jamonada cerrados y clipeados



**Figura 5:** Bolsas pouch selladas con moldes de jamonada en el interior

### 3.6.2. Tratamiento térmico

Si bien es cierto para el caso de los embutidos se pueden usar los Nitratos en conjunto con la pasteurización para asegurar la inocuidad del producto como objetivo principal, pero en este caso se decidió usar la esterilización como método de tratamiento térmico, con la finalidad de destruir los microorganismos patógenos causantes del deterioro y sus esporas y a su vez obtener un mayor tiempo de vida en anaquel al habitual. Se trabajaron 6 tratamientos de esterilización (Tabla 7) con la finalidad de determinar la combinación más adecuada para obtener un  $F_0 > 6$ , considerando que a ese valor de  $F_0$  se asegura la destrucción total del *Clostridium botulinum*, siendo el microorganismo más letal en este tipo de producto.

Se hicieron las pruebas en dos días, se trabajó tres tratamientos por día, los tres lotes se hicieron un día anterior y se esterilizó el día posterior con sus respectivos parámetros, manteniendo constantes: la autoclave usada, la carga de producto colocado, la ubicación de los moldes con los sensores. Se colocaron 20 moldes de jamonada por bandeja, las cuales fueron estibadas de forma vertical. Se colocaron los 4 coches dentro de la autoclave con carga máxima. Para el estudio de penetración de calor se utilizó el Sistema Data Trace, el cual está formado por sensores inalámbricos de temperatura conectados por medio de una interfaz a la computadora, y por un software para el análisis de datos que trabajan conjuntamente para la colección y registro de la data de manera inalterable. Los sensores de temperatura MPIII Data trace utilizados presentan un rango de operación de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+140^{\circ}\text{C}$  y una exactitud de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ .

Las evaluaciones de penetración de calor se realizaron en la misma autoclave los 2 días, con los parámetros indicados en la Tabla 7. Los sensores de temperatura fueron ubicados en el centro geométrico de 10 muestras del producto a evaluar, éstas se colocaron dentro de la masa del molde con ayuda de unos sujetadores para mantenerlos estáticos. Estos 10 moldes se identificaron para ser rápidamente diferenciados del resto, éstos se colocaron en las bandejas ubicadas en la tercera parte de altura del último coche, el más interno (Figura 7), por ser identificado como el punto más frío de la autoclave. La autoclave fue llenada a carga máxima y los envases conteniendo producto fueron estibados de forma vertical. Un sensor de temperatura adicional fue colocado cerca al termómetro de mercurio de la autoclave. Las características de la autoclave se muestran en la Tabla 2, y la imagen de la autoclave empleado se muestra en la (Figura 6).

**Tabla 7.** Parámetros de operación de la autoclave en la prueba de penetración de calor de la jamonada de pollo en envase flexible

	Día	Temperatura de esterilización (°C)	Tiempo a temperatura del proceso* (min)	Presión manométrica (bar)
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	1	116° C	50	1,2
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	1	116° C	60	1,2
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	1	116° C	70	1,2
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	2	118° C	50	1,2
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	2	118° C	60	1,2
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	2	118° C	70	1,2

(\*): Es el tiempo en el que permanece constante la temperatura del proceso programado (116°C y 118°C) y no desde que se abre la llave de vapor.



**Figura 6:** Autoclave con contrapresión marca Lagarde



**Figura 7:** Colocación de los moldes en bolsas pouche en las bandejas

Si bien es cierto no existe una regulación que determine el valor de  $F_0$  objetivo, en la práctica el valor de  $F_0$  se define en función al producto, la autoridad sanitaria y el fabricante.

- Para productos inspeccionados por DIGESA el valor mínimo de Fo es de 5 al final del proceso.
- Para productos inspeccionados por SANIPES el valor mínimo de Fo es de 6 al final del proceso.
- Para productos que van dirigidos a programas sociales como *Qali Warma* el valor de Fo mínimo requerido es de 6 al final del proceso (incluyendo el enfriamiento) y para productos destinados a zonas cálidas (temperaturas mayores a 35° C) el valor de Fo mínimo es de 10 minutos (incluyendo el enfriamiento) (Qali Warma 2014).

Para esta evaluación, se rotularon los 10 moldes donde se colocaron los sensores de temperatura y estos moldes se colocaron en las bandejas ubicadas en la tercera parte de altura de los coches.

Luego de la esterilización y su enfriado se procedieron a retirar los moldes para separar los moldes que tenían los sensores en el interior, y los moldes restantes se procedieron a enfriar en ducha hasta alcanzar una temperatura interna menor a 20° C.

Los moldes que contenían los sensores fueron destruidos (Figura 8), se retiraron los sensores, se lavaron, se secaron y luego se bajó la data obtenida a través del software del Data Trace.



**Figura 8:** Apertura del molde de jamonada después del esterilizado

El sistema Data Trace también tiene la opción de calcular los valores de F usando los datos del estudio de Penetración de Calor, aplicando el Método de trapecio; no obstante, en este estudio se usaron los datos obtenidos del estudio de Penetración de Calor y se realizaron los cálculos por integración numérica para determinar los valores de F, a través del método del Trapecio y método de Simpson, también se hicieron los cálculos por el método fórmula de Ball a fin de comparar los valores de Fo obtenidos por ambos métodos. Para la integración numérica se emplearon 110, 128, 144, 118, 128 y 144 datos para los tratamientos de 116°C por 50 min, 116°C por 60 min, 116°C por 70 min, 118°C por 50 min, 118°C por 60 min y 118°C por 70 min respectivamente. Estos son los tiempos en los que permanecen constantes las temperaturas de proceso. Se hicieron los mismos cálculos para los 6 tratamientos, en el ANEXO H se muestran los cálculos por integración numérica a través del Excel.

Del total de moldes restantes enfriados, se separaron 15 moldes (en cada día de evaluación se evaluaron 3 moldes de forma aleatoria), son 2 fechas de evaluación por cada temperatura, estos moldes se incubaron en las cámaras climáticas para proceder a hacer la prueba de esterilidad comercial.

La prueba de esterilidad comercial se realizó de acuerdo al método APHA/Compendium of methods For the microbiological examinations of Foods, Fifth edition 2015. Chapter 61 pag. 797 – 803. Se realizó al día 0, 10 y 25 con las muestras almacenadas a 30° C y 40° C.

- Temperatura de incubación de mesófilos: 30-35° C
- Tiempo de incubación de mesófilos: 10 días
- Temperatura de incubación de termófilos: 55° C
- Tiempo de incubación de termófilos: 7 días

### **3.6.3. Determinación de la vida en anaquel**

Los moldes del tratamiento más severo (118°C a 70 min) que cumplieron con alcanzar  $F_0 > 6$  se mantuvieron en las cámaras climáticas con temperatura superiores al de almacenamiento normal para su evaluación de vida en anaquel mediante pruebas aceleradas. Se decidió evaluar este tratamiento, básicamente por ser el peor escenario en cuanto a cambios fisicoquímicos y sensoriales, el cual alcanzó un valor de Fo de 16.

Las muestras se sometieron a temperaturas de 30° C y 40° C y 75% HR, considerando que

la temperatura promedio de almacenaje del producto sería 28° C. De esta manera al trabajar con temperaturas superiores a la temperatura promedio, se logró acelerar el deterioro y se determinó la cinética de degradación de cada factor evaluado; se determinó el factor de deterioro limitante. Luego mediante el uso del factor  $Q_{10}$  se estimó el tiempo de vida del producto a temperatura ambiente (28°C). Se mantuvieron muestras para control (mantenidas a temperatura de refrigeración) y muestras de referencia, las cuales se almacenaron a 28° C.

Para realizar cada evaluación sensorial, medición de pH e índice de peróxido se retiraban las muestras de las incubadoras y se enfriaban a 28° C.

Para las evaluaciones fisicoquímicas, se tomaron análisis de pH y medición del índice de peróxido, a éste último como indicador de rancidez para caracterizar el producto. Las pruebas fisicoquímicas fueron medidas al día 0, día 10 y día 25, tanto las que fueron almacenadas a 30° C y a 40° C.

### **Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial del producto se midió a través de la escala de 9 puntos mediante prueba hedónica (Tabla 5). Las muestras fueron evaluadas por un panel entrenado de la Empresa San Fernando S.A. constituido por 10 panelistas, quienes a través de una escala hedónica de 1 a 9, determinaron el puntaje crítico donde se percibía cambios sensoriales significativos para el producto en nivel de aceptación de los atributos de flavor, color y textura, así como la aceptabilidad general, y éstos puntajes fueron colocados en la cartilla (Figura 3). Las muestras almacenadas a 30° C y 40° C fueron evaluadas sensorialmente al día 0, 10 y 25.

Se entregó a cada panelista, 1 rodaja de jamonada almacenado a 30° C y 1 rodaja de jamonada almacenado a 40° C, cada una en un plato codificado, se le entregó un vaso de agua, una cartilla y un lapicero para que llenen la cartilla (Figura 3) y evalúe los atributos de Flavor, Textura, Color y aceptabilidad general respectivamente.

Con los puntajes obtenidos se determinó el orden de la reacción, para cada parámetro analizado, considerando la siguiente relación:

$$\textit{Perdida de Calidad} = +/\text{-} \frac{\partial A}{\partial t} = k (A)^n$$

Donde:

A: valores de parámetro de calidad o puntaje sensorial del producto

t: Tiempo

K: Constante de la velocidad de deterioro (días<sup>-1</sup>)

n: Orden de la reacción

Para construir la gráfica se obtuvieron valores de “A” a distintos tiempos en cada Temperatura. Se realizó el ajuste de la recta sometiendo los datos a regresión para identificar el orden de la reacción (n) y se determina la pendiente (K).

Si n= 0 , la ecuación que rige la curva será:  $A = A_0 - K t$

Si n= 1 , la ecuación que aplica es:  $\ln A = \ln A_0 - K t$

Con los resultados obtenidos se determinaron las ecuaciones de los modelos de orden cero y orden uno, de acuerdo al coeficiente de determinación mayor de las ecuaciones, se definió la cinética de reacción de deterioro, en este caso fue de orden cero.

Luego se determinó el valor del factor  $Q_{10}$ ; el que se define como la variación de la velocidad de reacción cada 10°C.

Este factor, proviene de la simplificación de la ecuación de cinética de las reacciones y se definió de la siguiente forma:

$$Q_{10} = \frac{K(T^{\circ} \text{ mayor})}{K(T^{\circ} \text{ menor})}, \text{ cuando la } \Delta T = 10^{\circ} \text{ C}$$

$$Q_{10}^{\frac{T^{\circ} \text{ mayor} - T^{\circ} \text{ menor}}{10^{\circ} \text{ C}}} = \frac{TVA \text{ a menor } T^{\circ}}{TVA \text{ a mayor } T^{\circ}}, \text{ cuando la } \Delta T \neq 10^{\circ} \text{ C}$$

Con la ecuación se halló el valor del factor  $Q_{10}$ , y se calculó el tiempo de vida en anaquel del producto.

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la Figura 9 se observa el esquema experimental que se siguió en la investigación. En las Tablas 8 y 9 se observan la caracterización por cada etapa.

**Tabla 8.** Diseño Experimental Etapa 1

<b>Etapa</b>	<b>Caracterización</b>
<b>OPERACIÓN</b>	Esterilización
<b>FACTOR A</b>	Niveles Temperatura: 116°C Temperatura: 118°C
<b>FACTOR B</b>	Niveles Tiempo 1: 50 min Tiempo 2: 60 min Tiempo 3: 70 min *Tiempo a temperatura de proceso
<b>OBJETIVO</b>	Alcanzar un valor de $F_0$ mayor a 6.
<b>ANÁLISIS</b>	Evaluación del tratamiento más severo (118° C a 70 min) el cual es más vulnerable que el producto sufra cambios sensoriales y fisicoquímicos.

**Tabla 9.** Diseño Experimental Etapa 2

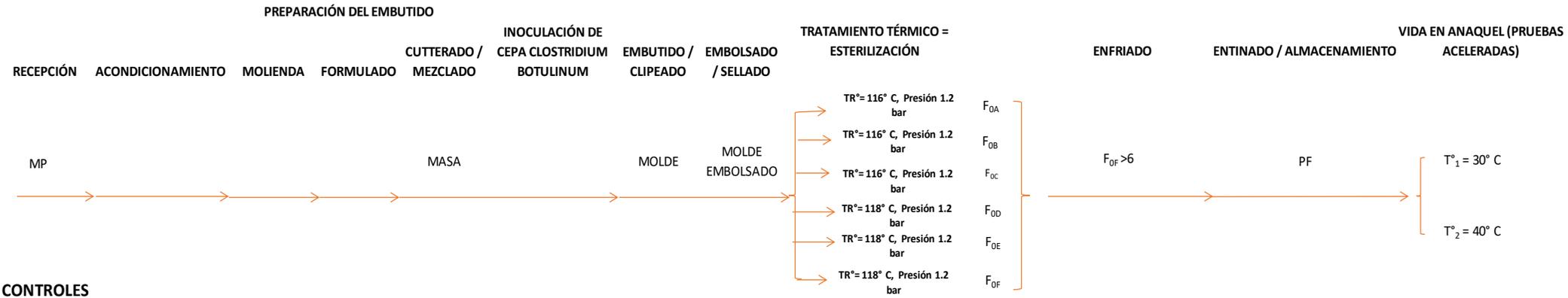
<b>Etapa</b>	<b>Caracterización</b>
<b>OPERACIÓN</b>	Vida en Anaquel
<b>TRATAMIENTO</b>	El producto con Fo mayor a 6 que cumpla con el tratamiento más severo entre los tratamientos evaluados (118°C por 70 min).
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	Características sensoriales (flavor, color, textura, aceptabilidad general) Características fisicoquímicas (valor de pH e índice de peróxido)
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	Temperatura de almacenamiento: 30°C Temperatura de almacenamiento: 40°C Tiempo almacenamiento: 0, 10, 25 min
<b>OBJETIVO</b>	Determinar la vida en anaquel a 28°C y 75%HR
<b>ANÁLISIS</b>	Análisis de la función de reacción a la temperaturas de 30° C y 40° C y usando la Regresión lineal simple se obtienen las constantes de velocidad de reacción respectivamente.

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó en la etapa de vida en anaquel. Se trabajaron con 10 repeticiones para el día 0, 10 y 25 respectivamente, para cada atributo sensorial (flavor, color, textura y aceptabilidad general). Se trabajó con los promedios de cada atributo por día de evaluación, y se analizaron por regresión simple. En el caso de la prueba fisicoquímica de pH se trabajó con 3 repeticiones para el día 0, 10 y 25 respectivamente y el promedio se analizó también por regresión simple. Los cálculos estadísticos se hicieron a través del Excel

En la Figura 9, se muestra un esquema experimental general de la investigación.

**OPERACIONES**



**CONTROLES**

Mp= materia prima		Bolsa pouch	T° prom del pdto = 25° C	PF= producto final
Determinación de pH		Funda plástica (Poliamida-Polietileno-Poliamida)	Determinación del F <sub>0</sub> >6	Determinación de pH
Temperatura			Variable respuesta = valor de F <sub>0</sub> Variables independientes = * Temperatura de esterilización * Tiempo a temperatura de proceso o esterilización	Determinación de Índice de peróxido Análisis de esterilidad comercial Pruebas afectivas Pruebas aceleradas - Q10
			Variable constante = Presión manométrica (bar)	Variable respuesta =  *Resultados de pruebas sensoriales y físicoquímicas  *Variables independientes =  Temperatura y tiempo de almacenamiento

**Figura 9:** Esquema experimental de la investigación

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

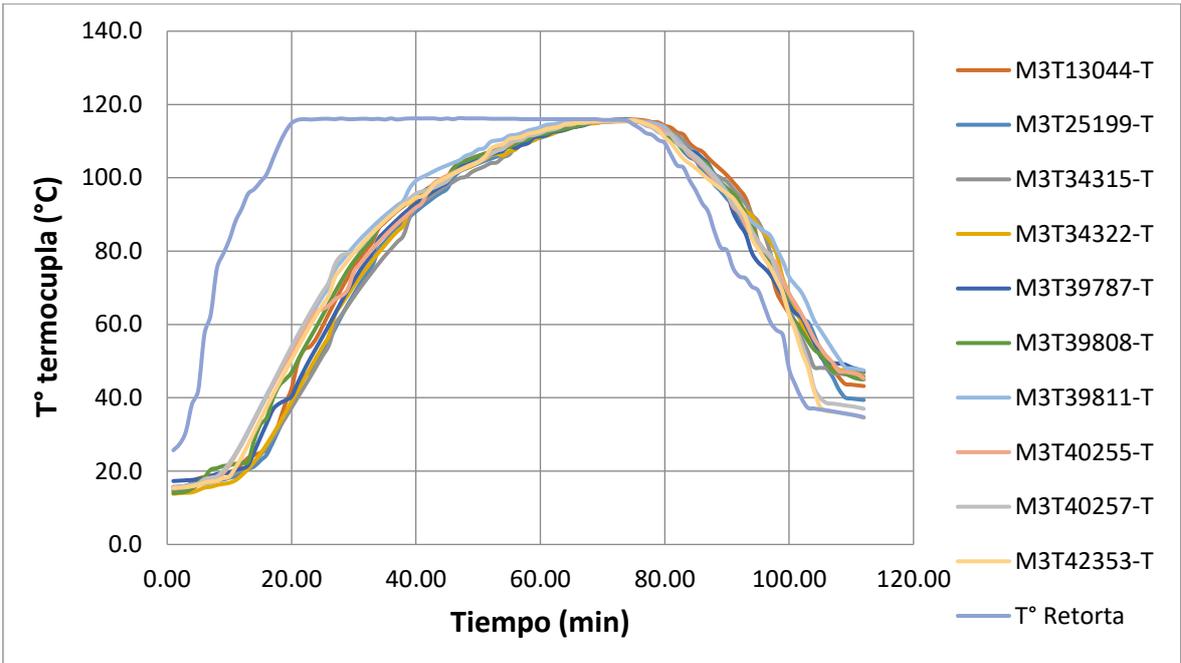
### **4.1. TRATAMIENTO TÉRMICO**

Se consideró como microorganismo de referencia al *Cl. botulinum* y no la flora termófila debido a que las condiciones de almacenamiento de la jamonada de pollo serán menores que la temperatura de proliferación de estas bacterias (55°C), además si llegara a temperaturas muy altas para el desarrollo de los microorganismos termófilos, éstas no son letales por lo que no representan un peligro para la salud pública (Warne 1989; citado por Reynaga 2014).

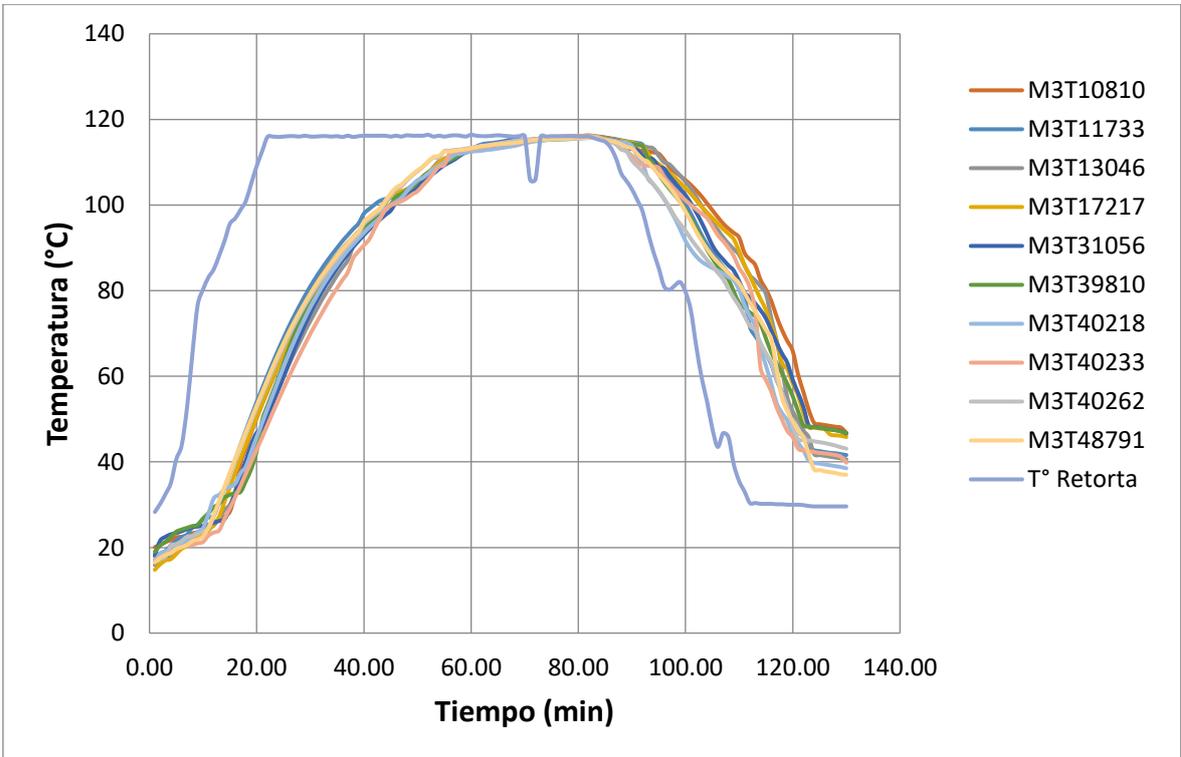
A continuación, se presentan las gráficas de las curvas de penetración de calor a 116° C y 118° C respectivamente (Figuras 9 al 20). Se evaluaron 10 moldes de jamonada de pollo de 300 g por cada tratamiento de tiempo y temperatura de esterilizado. La experimentación se realizó en 3 tiempos de esterilizado (50, 60 y 70 minutos) a 2 temperaturas de esterilizado (116° C y 118° C respectivamente).

### **4.2. CURVA DE PENETRACIÓN DE CALOR Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO**

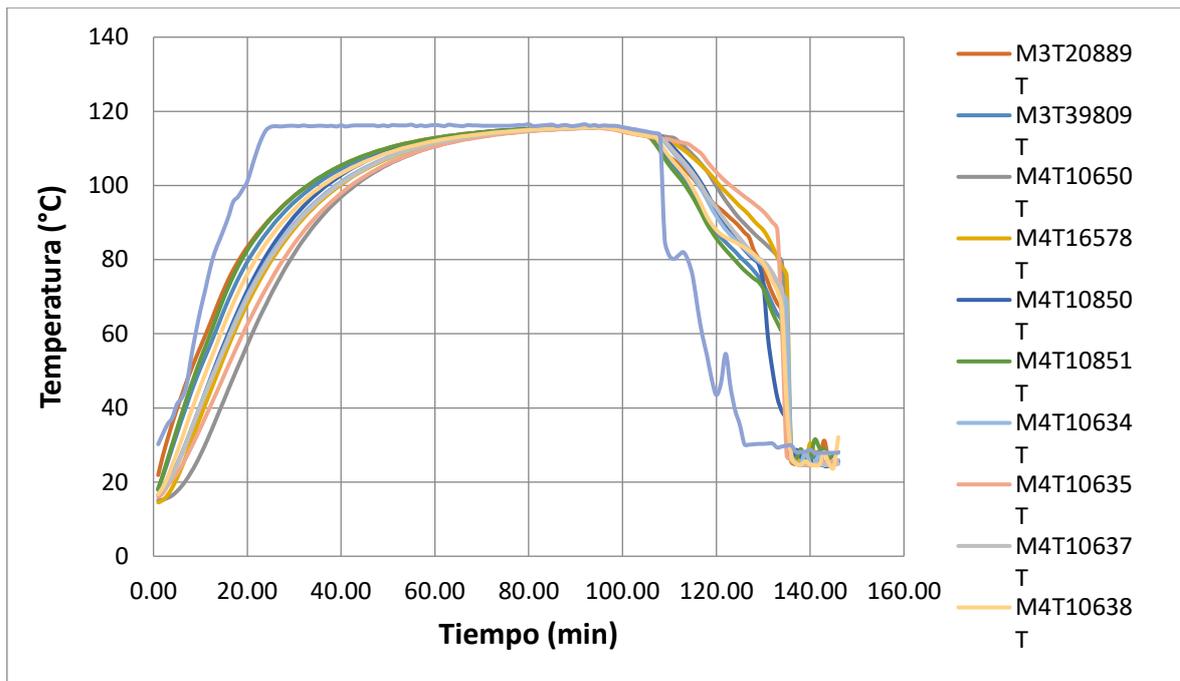
En las Figuras 10, 11 y 12 se muestran el comportamiento de las temperaturas de retorta y el comportamiento de los 10 sensores de temperatura del producto a 116° C con respecto al tiempo, en las cuales se observan que las 10 temperaturas de producto siguen un comportamiento similar durante el proceso de tratamiento térmico. Los tiempos evaluados 50, 60 y 70 minutos, son los tiempos en el que permanece constante la temperatura de proceso (116°C).



**Figura 10:** Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 50 min



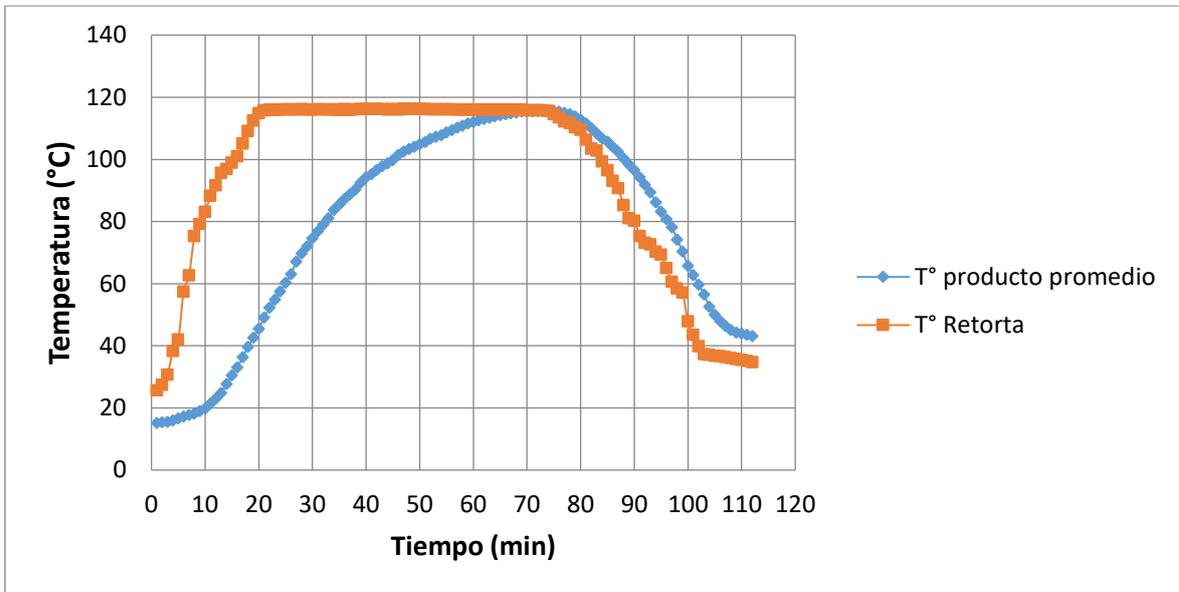
**Figura 11:** Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 60 min



**Figura 12:** Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 70 min

En las Figuras 13, 14 y 15 se muestra el comportamiento de las temperaturas de retorta (línea naranja) y el comportamiento de la temperatura promedio de las 10 mediciones (línea azul) con respecto al tiempo, en las cuales se observan que la temperatura de retorta alcanza los 116° C a los 21 min (aproximadamente) de comenzado el tratamiento térmico de calentamiento. Luego la etapa de proceso térmico se realiza a 50, 60 y 70 min respectivamente conservando la temperatura promedio de 116° C, para luego proceder a realizar el enfriamiento en 38, 48 y 52 min respectivamente, llegando a obtener una temperatura promedio de producto de 43; 42,7 y 26,4° C respectivamente.

Este comportamiento se debe a que los alimentos calentados únicamente por conducción, se requiere tiempos de proceso largos, como es el caso de la jamonada de pollo en donde el centro geométrico alcanzó la temperatura suficiente para la preservación. Este grupo, pertenecen aquellos productos de consistencia pesada, como es el caso de la jamonada, que exhiben líneas rectas en sus curvas semi logarítmicas de calentamiento (Mendoza 1993).



**Figura 13:** Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 50 min

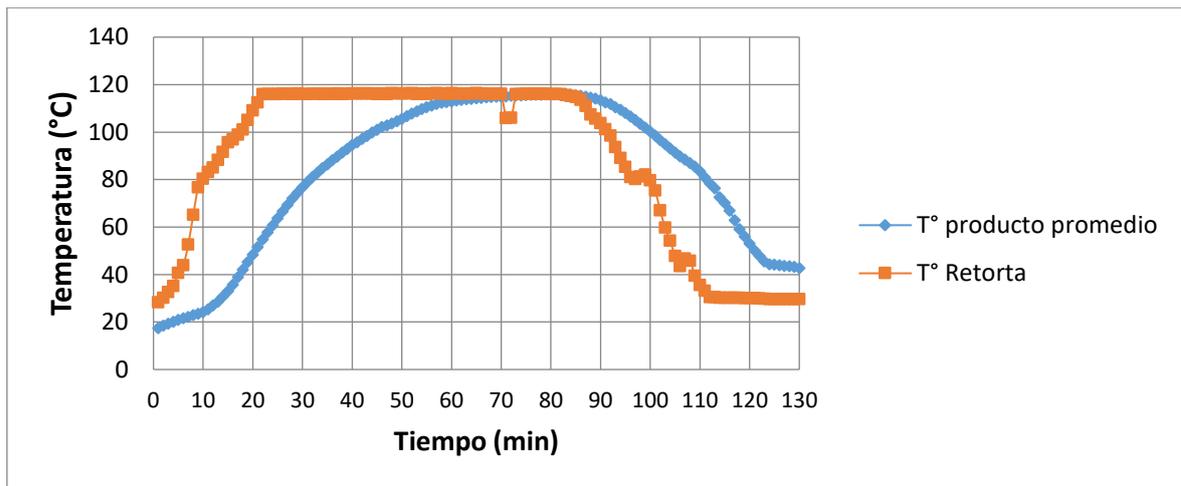
Un experimento similar al presente realizó Jimbo (2008) pero con conservas de atún en agua y en aceite usando envases flexibles en presentación de 200 g, realizaron la medición de los parámetros de penetración de calor con 13 sensores de temperatura, los cálculos de proceso térmico se hicieron aplicando el Método de Ball y también consideró valores similares de  $F_0$  de 4, 5 y 6 minutos y trabajó a temperaturas de 114, 115, 116 y 117°C para el producto obtenido con 85% de pescado frente al contenido neto total.

Por otro lado, AAPP (2004) indica que un alimento sólido enlatado tiene un calentamiento por conducción, similar a nuestro caso y su punto más frío estará situado en el centro geométrico del envase; mientras que, los alimentos líquidos se calientan por convección y su punto más frío se localiza por debajo del centro de la lata; en el caso de alimentos con alto contenido de almidón, se presenta primero un calentamiento por convección y posteriormente por conducción a partir del momento en que llegue a la temperatura de gelatinización del almidón.

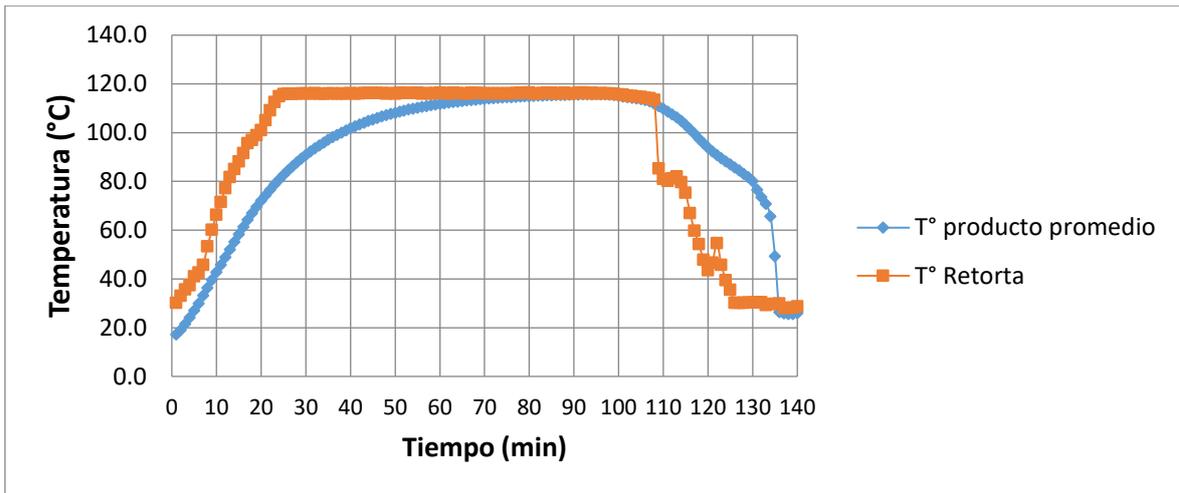
Condori et al. 2012, realizaron una evaluación del tratamiento térmico de las habas verdes en salmuera y determinaron que el punto más frío se encontraba a 1/3 de la base concluyendo

que las habas enlatadas en salmuera tuvieron un calentamiento por convección, considerando que las habas son consideradas partículas pequeñas de alimentos suspendidas en un líquido. Por lo tanto, en este caso para la esterilización de la jamonada de pollo en envase flexible se consideró un calentamiento por conducción, debido a las propiedades que adquiere en el tratamiento térmico comportándose como un sólido, tiene una consistencia mayor. Lo cual concuerda con las citaciones antes mencionadas.

Condori et al. 2012, trabajaron térmicamente la conserva de habas verdes a una temperatura de 115,6°C por 30 minutos, con los datos obtenidos graficaron las curvas de calentamiento y enfriamiento para el posterior cálculo de los parámetros de penetración de calor similares a las curvas obtenidas. En este caso al usar latas como envase emplearon Stumbo para el cálculo del tiempo de procesamiento y con ello hallaron los tiempos equivalentes necesarios para diferentes temperaturas de tratamiento térmico.

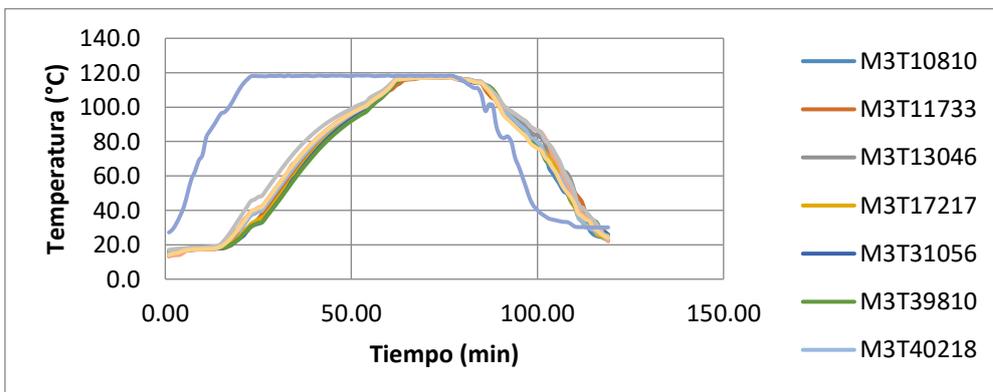


**Figura 14:** Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 60 min

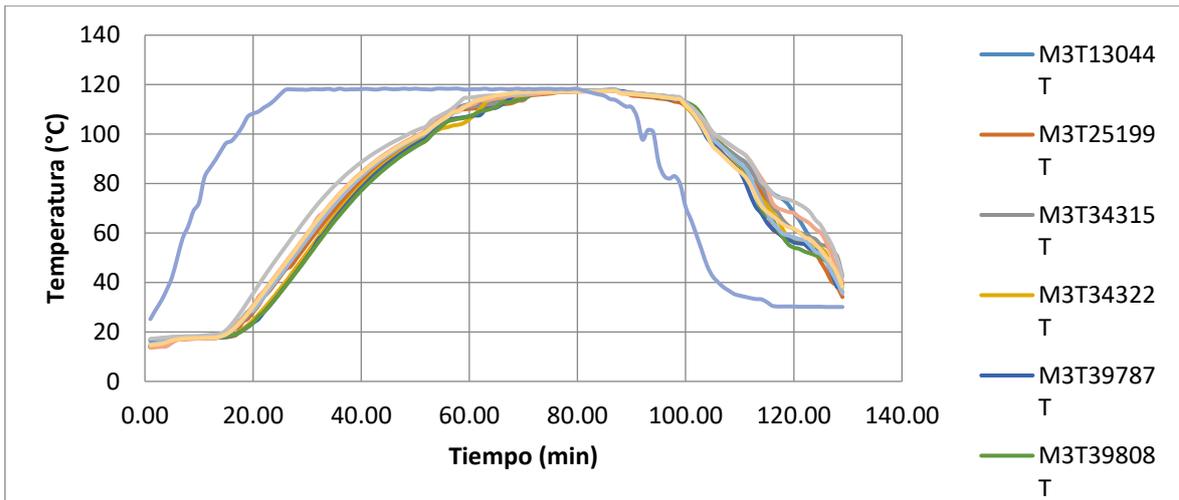


**Figura 15:** Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 116° C por 70 min

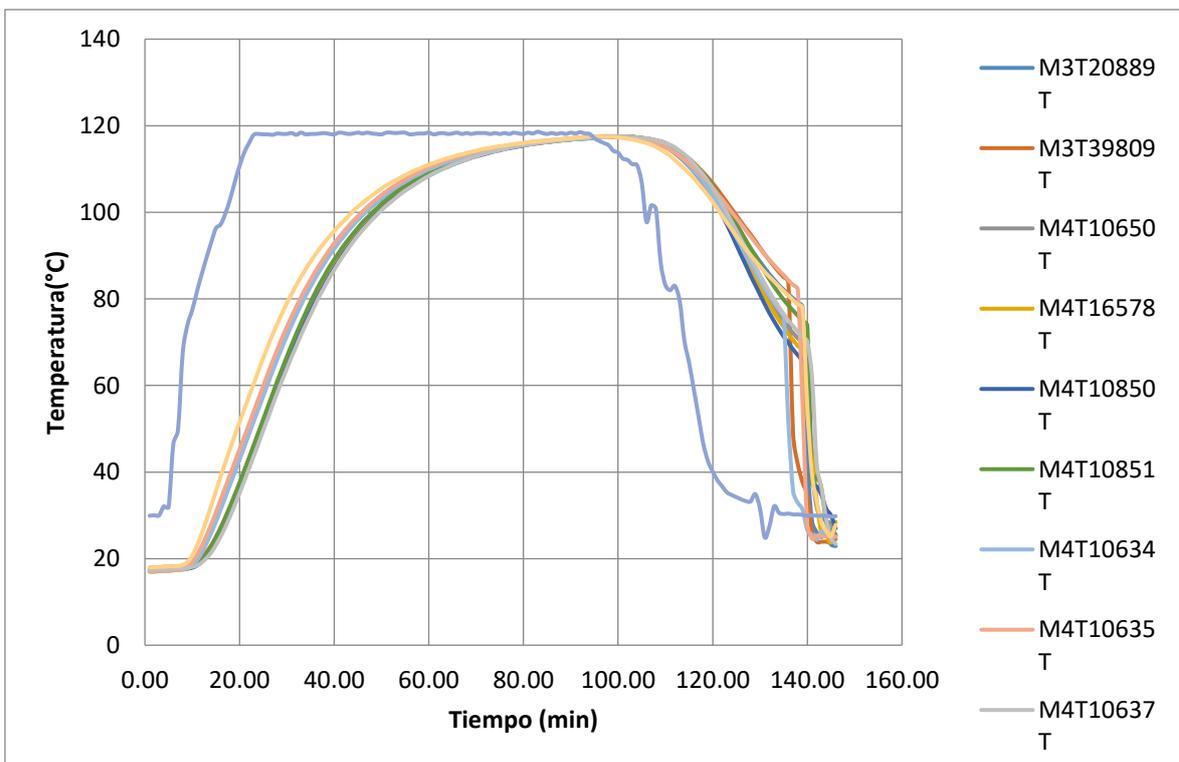
En las Figuras 16, 17 y 18 se muestran el comportamiento de las temperaturas de retorta en relación al comportamiento de las 10 temperaturas de producto a 118° C con respecto al tiempo, en las cuales se observan que las 10 temperaturas en el centro del producto siguen un comportamiento similar durante el proceso de tratamiento térmico, excepto los sensores que inician con lecturas más bajas como la M3T17217, M3T39810, M3T13044, M3T39808, M4T10637, M4T10851 y M3T39809. Se trabajó a 118° C para reducir tiempos de proceso y de esta forma no se degraden las características sensoriales y nutricionales y evaluar el comportamiento del  $F_0$  con estas condiciones. Los tiempos evaluados 50, 60 y 70 minutos, son los tiempos en el que permanece constante la temperatura de proceso (118° C).



**Figura 16:** Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 50 min



**Figura 17:** Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 60 min

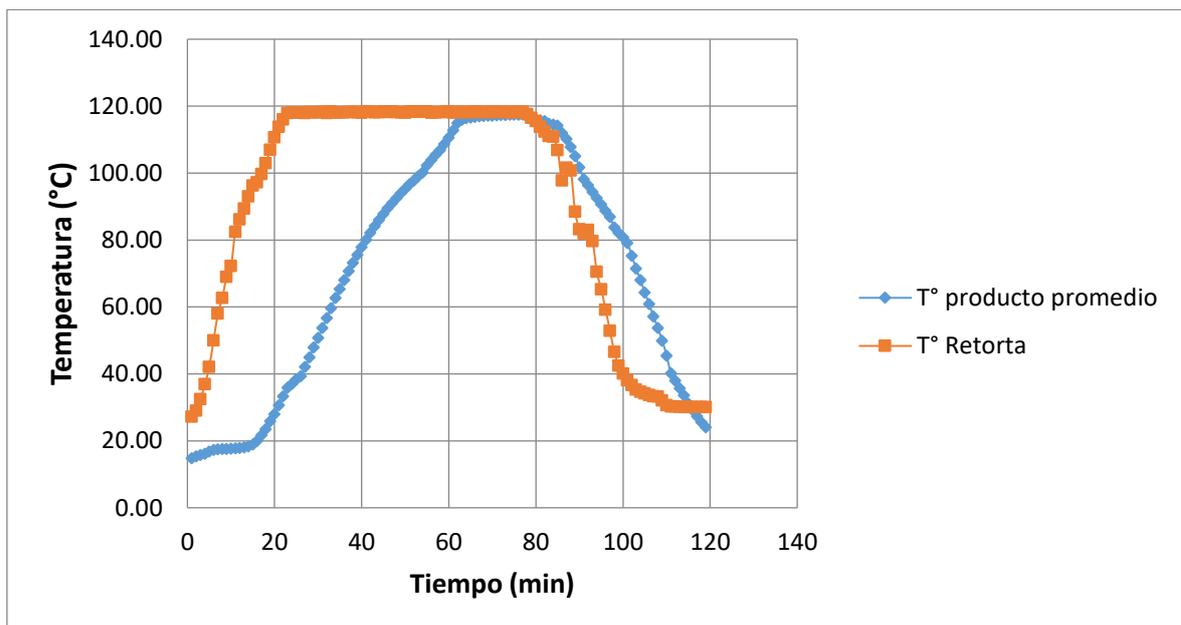


**Figura 18:** Evolución de la temperatura de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 70 min

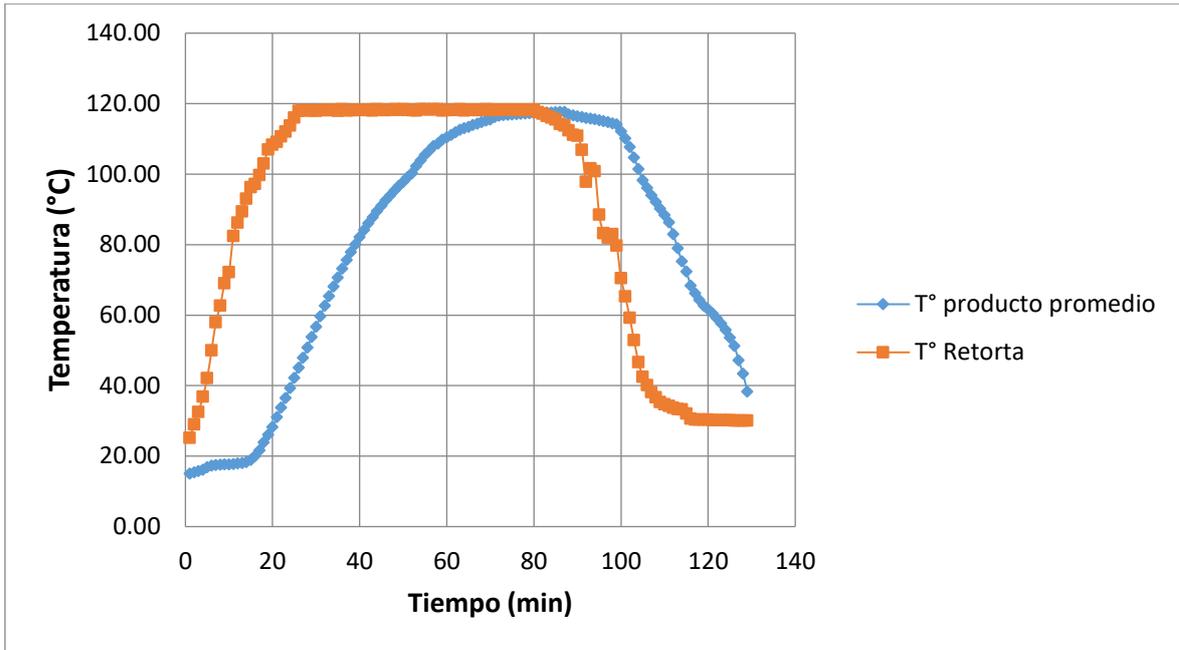
Trabajos realizados por Adepoju *et al.* (2016) en el cual evaluaron el pez lechero (*Chanos chanos*) procesado térmicamente en bolsas flexibles comparando la diferencia en los parámetros de penetración de calor entre aplicación de vapor-aire e inmersión de agua, y obtuvieron que la retorta vapor – aire tiene una ventaja sobre la inmersión en agua, como es

el caso de este trabajo, debido a su velocidad de penetración de calor más rápida y reducido tiempo de procesamiento, indicaron también que cuanto menor sea el tiempo de proceso, mejor será la calidad sensorial y calidad de nutrientes de un producto. Así como el medio de transferencia de calor entre el empaque seco y el aceite como medio, el empaque seco obtuvo mejor conducción de parámetros de  $F_0$ , tiempo de procesamiento y valor de CUT.

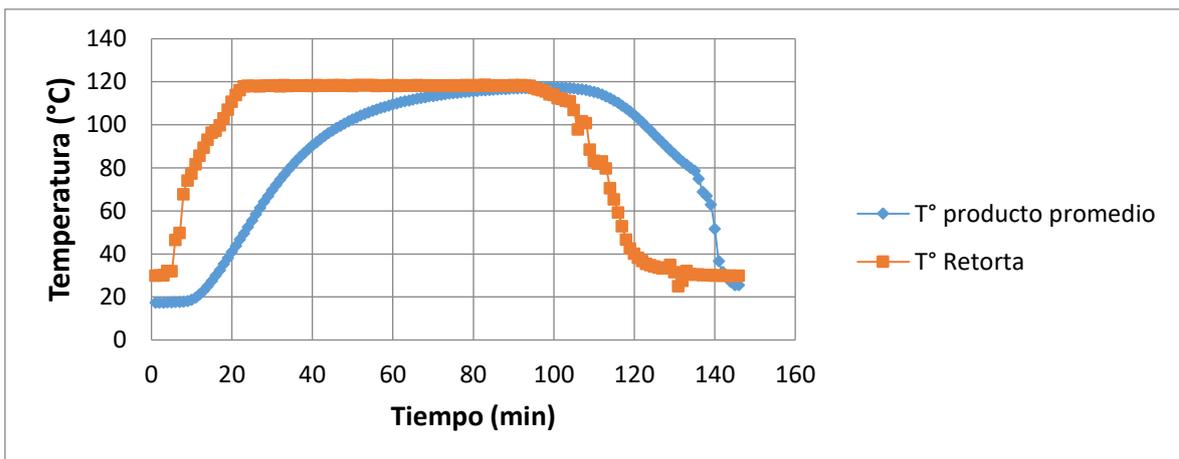
En las Figuras 19, 20 y 21 se muestra el comportamiento de las temperaturas de retorta (línea naranja) y el comportamiento de la temperatura del producto promedio de los 10 sensores (línea azul) con respecto al tiempo, en las cuales se observan que la temperatura de retorta alcanza los  $118^{\circ}\text{C}$  a los 23 min (aproximadamente) de comenzado el tratamiento térmico de calentamiento. Luego la etapa de proceso térmico se realiza a 50, 60 y 70 min respectivamente conservando la temperatura promedio de  $118^{\circ}\text{C}$ , para luego proceder a realizar el enfriamiento en 42, 49 y 52 min respectivamente, llegando a obtener una temperatura promedio de producto de  $24,1$ ;  $38,3$  y  $25,5^{\circ}\text{C}$  respectivamente.



**Figura 19:** Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a  $118^{\circ}\text{C}$  por 50 min



**Figura 20:** Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 60 min



**Figura 21:** Evolución de la temperatura promedio de los 10 moldes de jamonada de pollo a 118° C por 70 min

Considerando los datos del Estudio de Penetración de calor, se obtuvieron los valores de  $F_0$  los cuales fueron obtenidos usando el método General tanto por el método de Trapecio y Simpson (utilizando las siguientes constantes de letalidad: temperatura de 121,1°C; valor Z de 10°C). Se realizaron 6 tratamientos con las combinaciones de 116° C y 118°C, a 50, 60 y 70 minutos respectivamente desde que inicia la temperatura de esterilización hasta su fin se puede observar en la Tabla 10 al 15. También se pudo observar las muestras que tuvieron el menor valor de  $F_0$  respecto a las otras muestras.

**Tabla 10.** Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 116°C x 50 min (tiempo en el que permanece constante la T° proceso 116°C)

<b>Termopares</b>	<b>Método Trapecio</b>	<b>Método Simpson</b>
M1	6,42	6,44
M2*	5,31	5,30
M3	5,57	5,57
M4	5,39	5,38
M5	5,50	5,52
M6	5,61	5,61
M7	6,97	6,98
M8	5,89	5,90
M9	5,72	5,72
M10	5,89	5,89

\*Es el termopar con calentamiento más lento.

**Tabla 11.** Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 116°C x 60 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C)

<b>Termopares</b>	<b>Método Trapecio</b>	<b>Método Simpson</b>
M1	9,69	9,69
M2	9,44	9,44
M3	9,89	9,89
M4	9,80	9,79
M5	8,96	8,96
M6	8,99	8,99
M7*	8,14	8,13
M8	8,76	8,75
M9	9,02	9,04
M10	9,11	9,12

\*Es el termopar con calentamiento más lento.

**Tabla 12.** Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 116°C x 70 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C)

<b>Termopares</b>	<b>Método Trapecio</b>	<b>Método Simpson</b>
M1	13,58	13,58
M2	12,91	12,91
M3	12,10	12,10
M4	11,90	11,91
M5	13,53	13,53
M6	13,13	13,14
M7	12,15	12,15
M8*	11,55	11,55
M9	11,98	11,98
M10	12,21	12,21

\*Es el termopar con calentamiento más lento.

**Tabla 13.** Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 118°C x 50 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C)

<b>Termopares</b>	<b>Método Trapecio</b>	<b>Método Simpson</b>
M1	9,51	9,50
M2*	8,30	8,29
M3	9,43	9,39
M4	9,09	9,06
M5	8,83	8,81
M6	9,07	9,06
M7	9,85	9,86
M8	9,15	9,15
M9	9,87	9,85
M10	9,00	8,99

\*Es el termopar con calentamiento más lento.

**Tabla 14.** Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 118°C x 60 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C)

<b>Termopares</b>	<b>Método Trapecio</b>	<b>Método Simpson</b>
M1	13,38	13,37
M2*	11,50	11,47
M3	12,89	12,85
M4	12,79	12,77
M5	12,40	12,41
M6	11,99	11,98
M7	14,23	14,22
M8	13,17	13,15
M9	14,87	14,83
M10	13,82	13,78

\*Es el termopar con calentamiento más lento.

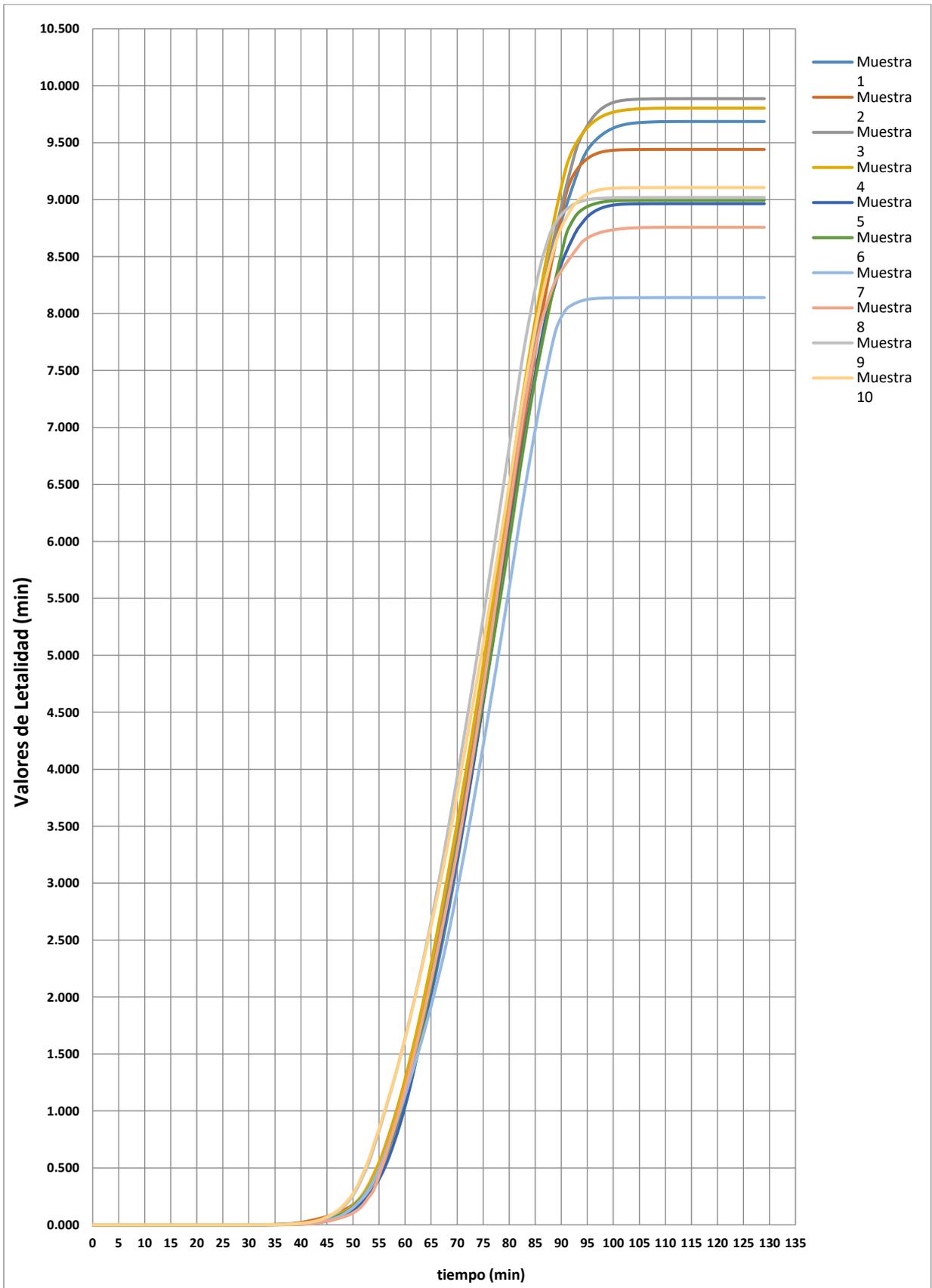
**Tabla 15.** Fo obtenidos por el Método Trapecio y Simpson (método general) para el tratamiento 118°C x 70 min (tiempo en el que permanece constante la temperatura 116°C)

<b>Termopares</b>	<b>Método Trapecio</b>	<b>Método Simpson</b>
M1	16,33	16,33
M2	16,94	16,94
M3	16,16	16,16
M4	16,35	16,36
M5*	16,04	16,05
M6	16,46	16,47
M7	16,34	16,35
M8	17,17	17,17
M9	16,33	16,32
M10	16,62	16,62

\*Es el termopar con calentamiento más lento.

De las Tablas 10 al 15 se pudo observar que el valor de  $F_0$  mayor a 6 se consiguió con el tratamiento de 116°C por 60 min y 70 min y con los tres tiempos a 118°C.

Considerando solo las muestras de jamonada de pollo del tratamiento a 116° C por 60 min se realizó el ploteo de los datos en escala semilogarítmica (Figura 22), en la cual se muestran las curvas generadas por el trazado de los datos, no se logra discernir con exactitud el orden de las curvas en función a su velocidad de calentamiento, pues a simple vista ninguna de las curvas se encuentra predominantemente por encima de las otras; sin embargo se puede observar que las curvas de las muestras M3 y M4 están por encima de las otras muestras, entre las muestras restantes la muestra M7 es la que está por debajo del resto, deduciéndose que esta muestra presenta un calentamiento más lento que las otras muestras, y a su vez presenta uno de los valores más bajos de letalidad.



**Figura 22:** Curvas de Letalidad del proceso de las muestras de jamonada de pollo a 116° C por 60 min (tiempo en el que permanece constante la T° proceso 116°C)

Por otro lado, se hicieron los cálculos de los parámetros de penetración de calor usando el método General y Ball para el cálculo de los  $F_0$  y se compararon ambos, los valores se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Valores de  $F_0$  calculados por el Método General y Método Fórmula

<b>Tratamiento (valores del PMF)</b>	<b>Método General - Trapecio</b>	<b>Método General - Simpson</b>	<b>Método Fórmula de Ball</b>
116°C x 50 minutos	5,31	5,30	3,2
116°C x 60 minutos	8,14	8,13	4,5
116°C x 70 minutos	11,55	11,55	7,4
118°C x 50 minutos	8,30	8,29	2,8
118°C x 60 minutos	11,50	11,47	3,6
118°C x 70 minutos	16,04	16,05	10,8

Como se aprecia en la Tabla 16, los valores de  $F_0$  por el Método fórmula de Ball difieren en un 30 a 70% respecto a los valores  $F_0$  por el Método General, esta diferencia de valores posiblemente se dé ya que en el caso de los envases flexibles la transferencia de calor es diferente respecto a una lata como envase y también el medio de calentamiento es distinto en las autoclaves con contrapresión, se usa mezclas de agua presurizada con vapor y esto podría influir en que cambien los valores de  $F_0$ , considerando esto el método de Ball no sería adecuado para este tipo de envases, sino el cálculo a través del método de integración por métodos numéricos.

Ramos (2016) indica que el método General es más exacto para determinar el valor de letalidad de un proceso de calentamiento, ya que en este método se usan directamente los datos de tiempo – temperatura obtenidos del proceso térmico, lo cual permite que sea aplicable a cualquier situación de proceso (modo de transferencia de calor) y tipo de producto (propiedades de producto, dimensiones, forma de envase); mientras que el método de Ball es más aplicable para envases cilíndricos en sus diferentes dimensiones. Lo cual concuerda con la hipótesis antes mencionada.

En la Tabla 17 se muestran las variables críticas de las curvas de penetración de calor de las muestras analizadas del Tratamiento 116° C por 60 min, en ella se puede observar que las

muestras M5 y M8 presentan los menores valores  $F_0$  mediante el método de Ball, sin embargo, mediante el método General la muestra M7 fue la que presentó menor valor  $F_0$ .

Al realizarse los cálculos por el método fórmula de Ball para los otros tratamientos a 116°C y 118°C y al compararse con el método General, tanto por Trapecio y Simpson se evidenció la misma diferencia, la cual oscilaba entre un 30-70%.

**Tabla 17.** Variables críticas características de las curvas de penetración de calor de cada una de las muestras de jamonada de pollo analizadas a 116°C x 60 min (tiempo en el que permanece constante la  $T^\circ$  proceso 116°C)

Muestra	m	fh	$T_0$ (°C)	Temperatura al final de la esterilización (°C)	$F_0$ al final del proceso
M1	-0,0269	37,183	20,1	116,3	4,6
M2	-0,0257	38,911	17,9	115,9	4,6
M3	-0,0306	32,715	15,9	116	5,0
M4	-0,0285	35,056	14,8	116,2	4,9
M5*	-0,0278	36,034	18,3	115,9	4,4
M6	-0,0279	35,797	19	115,9	4,8
M7	-0,0285	35,092	16,7	115,7	4,7
M8*	-0,0287	34,885	17,2	116,1	4,4
M9	-0,0324	30,909	16,9	116	5,7
M10	-0,0325	30,783	16,5	115,7	5,8

(\*): muestras con los menores valores de  $F_0$  obtenido mediante el método de Ball.

Según Mendoza (1993) si los valores calculados tienen una diferencia mayor al 15% se considerará el valor obtenido por el método general, ya que en todos los casos la variación es mayor al 15%, los parámetros de penetración de calor se consideran válidos para realizar los cálculos de  $F_0$  mediante el método General.

Para el tratamiento a 116°C por 50 minutos el valor de  $F_0$  obtenido en el esterilizado es menor al  $F_0$  objetivo, pero para el tratamiento a 116°C por 60 y 70 minutos el valor de  $F_0$

obtenido en el esterilizado supera al  $F_0$  objetivo como se muestran en las Tablas 11 y 12, de igual forma para el tratamiento a 118°C por 50, 60 y 70 minutos, todos superan al  $F_0$  objetivo, por lo que hay una sobre esterilización. Según Mendoza 1993; citado por Reynaga 2014, si los valores calculados por el método de Ball y General tienen una diferencia mayor al 15%, se considerará el valor obtenido por el método general.

Condori et al. (2012) determinaron para la conserva de habas verdes (30 x 40,7 cm) los parámetros de penetración de calor fueron:  $f_h=19,34$  minutos,  $f_c= 16,67$  minutos,  $j_h =0,46$ ,  $j_c=1,11$ ,  $T_i=72,5^\circ\text{C}$   $T_g= 112,7^\circ\text{C}$  y los tiempos de procesamiento equivalente para  $F_{121,1^\circ\text{C}}$  de 3,15 minutos, determinados a las temperaturas de 104,4; 110; 115,6; 121,1; 126,7 y 132,2°C fueron: 108,79; 54,76; 24,72; 13,77; 8,69 y 5,51 minutos respectivamente.

Adepoju et al. (2016) trabajaron el pez lechero (*Chanos chanos*) procesado térmicamente en bolsas flexibles con un  $F_0$  mínimo de 7,77 a 121,1° C en la bolsa con aceite como medio, compararon los 2 tipos de proceso en vapor-aire e inmersión en agua y observaron que el tiempo de respuesta de la retorta para alcanzar 121,1° C es menor en vapor – aire y que condujo a un menor tiempo de proceso de Ball y al tiempo total de proceso que en inmersión en agua.

Asenjo (2014) coincide con el valor de  $F_0$  trabajado para la jamonada, él desarrolló conservas de salmón con salsa de tomate en bolsas esterilizables, trabajó con 11 sensores de temperatura para la recolección de los datos, realizó un tratamiento térmico a las conservas hasta alcanzar un  $F_0 = 5,7$  min y determinó que los parámetros empleados de temperatura de retorta  $116 \pm 1^\circ\text{C}$  con un tiempo de operación de 60 – 70 minutos, fueron adecuados para las características funcionales del producto y a su vez se validó que no hubo pérdida de ácidos grasos por efecto del tratamiento térmico. Se calculó el  $F_0$  del proceso usando el método de integración numérica del trapecio.

Por otro lado, Salas (2011) evaluó las bolsas retortables como reemplazo del envase de hojalata, evaluó productos a partir de anchoveta y pota. Para el graded de anchoveta en bolsas flexibles esterilizables de presentaciones de 500 g y 1 kg, determinó que con parámetros de proceso de 120,41°C por 41 minutos y 120,7°C por 63 min, obtuvo valores de  $F_0$  de 8,6 y

7,9 min respectivamente, y con la pota en trozos en bolsas flexibles de 1 kg con condiciones de proceso de 120°C por 19 minutos obtuvo una letalidad de 8 minutos. Siendo estos valores satisfactorios para los productos estudiados (Bindu *et al.* 2010, citados por Salas 2011), reporta que para estos tipos de envases son adecuados valores de  $F_0$  que varían entre 5 y 20 minutos.

Adepoju et al. (2016) hicieron mención que los valores mínimos de letalidad de  $F_0$  requeridos para alimentos enlatados es usualmente 2,52 min a 121,1° C para inactivar esporas de *Clostridium botulinum*.

Canales (2000) cita a Nishino (1998), quien sugiere un tratamiento térmico de 120° C por 20 minutos para salchichas de 22 mm de diámetro y 100 g de peso, con lo cual se alcanza un  $F_0$  de 4. Cita a Tabuenca (1999) quien señala que el  $F_0$  necesario para *corned beef* va entre 6 a 8, y para salchichas de Frankfurter va de 3 a 4.

Reynaga (2014) trabajó con un  $F_0$  de 8 min para esterilizar la pechuga de pollo desmenuzada a 110° C, 115,56° C y 121,1° C.

En las Tablas 18 y 19 se muestran los tiempos de las diferentes etapas durante el proceso de calentamiento para cada tiempo de esterilización tanto a 116° C y a 118° C respectivamente como temperaturas de esterilización.

**Tabla 18.** Resultados de las condiciones de operación de la autoclave en la prueba de penetración de calor

Columna1	Autoclave	Repetición	Temperatura de esterilización (°C)	Tiempo de esterilización (min)	Hora de inicio del proceso	Hora de inicio de Venteo	Hora de fin de Venteo	Hora de inicio de esterilización	Hora de fin de esterilización	Hora de fin de enfriado	Tiempo de calentamiento (CUT)	Tiempo de Venteo	Tiempo de enfriado
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	1	116°C	50	8:07:00	8:13:00	8:21:00	8:30:00	9:20:00	9:58:00	23 min	8 min	37 min
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	2	116°C	60	12:32:00	12:32:00	12:41:00	12:53:00	13:53:00	14:41:00	21 min	9 min	47 min
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	3	116°C	70	16:12:00	16:12:00	16:23:00	16:35:00	17:45:00	18:36:00	23 min	11 min	51 min

**Tabla 19.** Resultados de las condiciones de operación de la autoclave en la prueba de penetración de calor

Columna1	Autoclave	Repetición	Temperatura de esterilización (°C)	Tiempo de esterilización (min)	Hora de inicio del proceso	Hora de inicio de Venteo	Hora de fin de Venteo	Hora de inicio de esterilización	Hora de fin de esterilización	Hora de fin de enfriado	Tiempo de calentamiento (CUT)	Tiempo de Venteo	Tiempo de enfriado
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	1	118°C	50	8:27:00	8:32:00	8:41:00	8:53:00	9:43:00	10:25:00	26 min	9 min	41 min
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	2	118°C	60	12:45:00	12:50:00	12:59:00	13:11:00	14:11:00	14:54:00	26 min	9 min	41 min
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	3	118°C	70	16:30:00	16:30:00	16:41:00	16:53:00	18:03:00	18:55:00	23 min	11 min	51 min

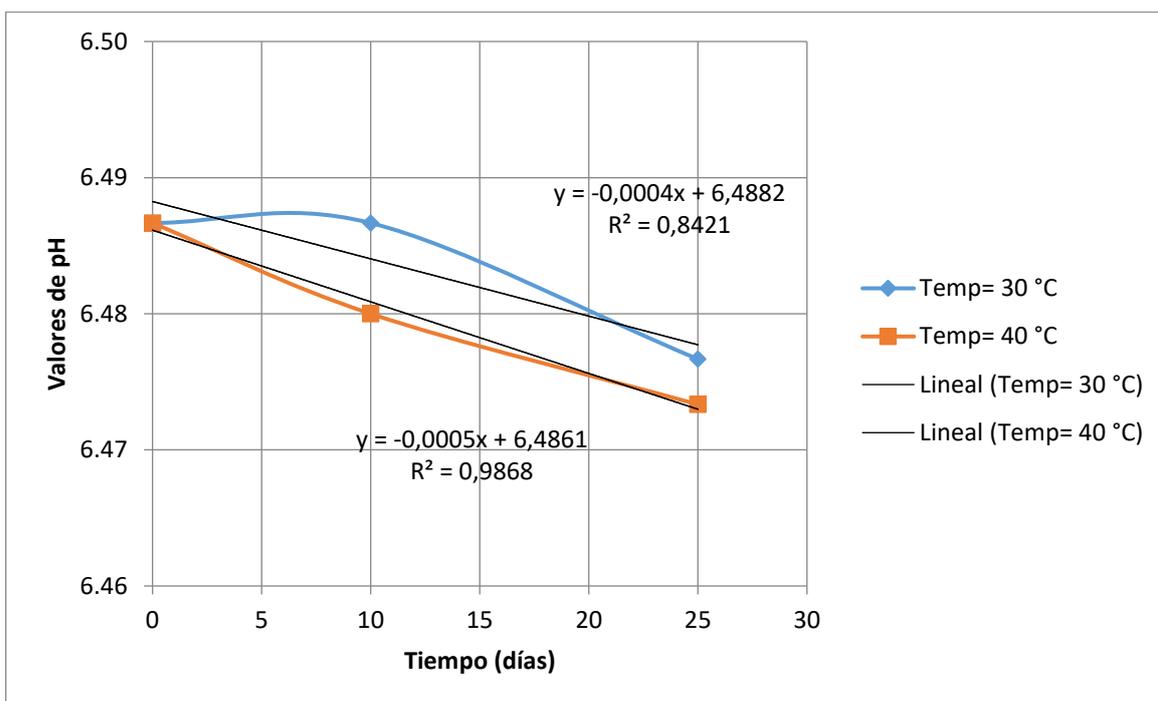
En la Tabla 20 se muestra la comparación de  $F_0$  alcanzados a 50, 60 y 70 min respectivamente tanto a 116° y 118°C. A 50 min con 116° C se alcanzó sólo  $F_0$  de 5,3 no llegando al valor mínimo objetivo, mientras que a 60 y 70 min se alcanzó un  $F_0$  de 8,14 y 11,55 respectivamente. A 118° C se superó el valor de  $F_0$  objetivo en los 3 tratamientos. Para alcanzar el valor  $F_0$  mínimo objetivo se necesitan 60 min a 116° C como mínimo y 50 min a 118° C. Luego del enfriado a 116° y 118° C alcanzan valores de  $F_0$  de 11,2 y 16,4 respectivamente.

**Tabla 20.** Valores obtenidos de la prueba de penetración de calor en la jamonada de pollo esterilizada en envase flexible

Columna1	Autoclave	Temperatura de esterilización (°C)	Mínima temperatura inicial del producto (°C)	$F_0$ para 50 minutos de esterilización	$F_0$ para 60 minutos de esterilización	$F_0$ para 70 minutos de esterilización
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	116°C	13,8	5,31	8,14	11,55
Molde de Jamonada de pollo x 300 g en pouch	B	118°C	13,6	8,3	11,5	16,04

### 4.3. DETERMINACIÓN DE LA VIDA EN ANAQUEL

Las muestras de jamonada de pollo se evaluaron al día 0, 10 y 25 respectivamente. Los resultados fisicoquímicos de los promedios de las muestras triplicadas se muestran en la Figura 23 y en la Tabla 21.



**Figura 23:** Evolución del pH a 30° C y 40° C de almacenamiento

Los resultados de pH tanto para las muestras almacenadas a 30 y 40° C, no sufrieron una variación notoria con el paso de los días, sólo se observó una disminución de 0,02 unidades de pH en el caso de las muestras almacenadas a 40°C (Figura 23).

**Tabla 21.** Valores de peróxido a 30° C y 40° C de almacenamiento

Panelistas	Valores de peróxido (meqO <sub>2</sub> /kg)					
	Temp= 30 °C			Temp= 40 °C		
	Día 0	Día 10	Día 25	Día 0	Día 10	Día 25
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Los resultados de peróxido medidos en (meq O<sub>2</sub>/kg) de las muestras evaluadas por triplicado obtuvieron valores muy pequeños y a su vez no variaron en el tiempo tanto para las muestras almacenadas a 30 y 40° C, lo cual indica que a nivel de rancidez el producto es muy estable a temperatura ambiente (Tabla 21).

Por otro lado, en la formulación se empleó un antioxidante natural a base de extracto de romero y té verde para ayudar contra la oxidación y rancidez, como se puede apreciar en los resultados el valor de peróxido obtenido fue de 0,1 (meqO<sub>2</sub>/kg), el cual es considerablemente inferior a los 10 (meqO<sub>2</sub>/kg) que señala el CODEX (1999) y que a su vez no sufrió cambios en el tiempo ni por la exposición a altas temperaturas lo cual puede evidenciar efectividad y estabilidad del antioxidante.

Fennema (1993) expone las propiedades antioxidantes de las diferentes sustancias extractivas de especias naturales, principalmente de salvia y romero, que protegen de la auto oxidación a los triglicéridos insaturados. En el caso del romero que también ha tenido éxito como antioxidante natural. El gosispol de las semillas del algodón es también un antioxidante, si bien presenta propiedades tóxicas. Otros antioxidantes naturales son el alcohol conifenlico (presente en plantas) y los ácidos guayacónico y guayáquico (de la goma de guayaco). Estas propiedades antioxidantes corroboran la efectividad del antioxidante a base de té verde y romero empleado en la jamonada de pollo esterilizada.

Por otro lado, el tipo de grasa empleada también influye en la rancidez del producto, lo cual coincide con lo expuesto por Vargas (2017) quien hizo un ensayo comparativo entre la jamonada de cerdo convencional y la jamonada de cerdo con 100% reemplazo de grasa de cerdo por aceite de soya, y obtuvo 1,37 y 3,08 (meq O<sub>2</sub>/kg) respectivamente, siendo éste último de mayor valor debido a la mayor composición de ácidos grasos poliinsaturados que el aceite de soya tiene respecto a la grasa de cerdo, siendo el aceite de soya más susceptible al proceso oxidativo del producto. Lo cual nos muestra que la estabilidad de la jamonada de pollo esterilizada pudo haber sido también influenciada por el tipo de grasa empleada.

Otro ensayo con antioxidantes naturales nos muestra Hernández et al. (2008) quienes incorporaron 3 antioxidantes de forma independiente en una pasta cárnica a base de carne,

grasa de cerdo, fosfato y emulsificante, añadió extracto de romero, extracto de salvia y extracto de orégano seco en concentración de 0,02%, las almacenó junto a la muestra patrón a 4° C durante 72 horas y realizó la cuantificación de fenoles y sustancias reactivas con el método TBARS cada 24 horas, se evidenció que después de las 24 h cada muestra tuvo diferente concentración de fenoles, en los 3 casos de pasta cárnica con antioxidantes las 3 tuvieron mejor comportamiento que la muestra patrón, sin embargo fue la pasta cárnica con extracto de romero el de menor valor, seguido por el de orégano y en último lugar la salvia. Lo cual refuerza la teoría del experimento con la Jamonada en el cual se empleó un antioxidante natural a base de romero y se obtuvo también bajos niveles de concentración de fenoles.

También se validó la efectividad del aceite esencial de romero como antioxidante y anti fúngico, Soncu et al. (2019) demostraron en sus experimentos realizados que el aceite esencial de quitosano solo o en combinación con el aceite esencial de romero o tomillo ayuda a mantener las características sensoriales de las salchichas fermentadas durante los 3 meses de almacenamiento en refrigeración. Además, que en combinación son un buen protector en términos de actividad antifúngica superficial y calidad oxidativa y una buena alternativa para ayudar a extender su vida en anaquel.

Otros ensayos de la aplicación de extractos de romero con té verde en embutidos lo realizaron Schilling et al. (2018) hicieron ensayos de salchicha de cerdo frescas y evidenciaron que esta adición suprimió la oxidación lipídica, mejoró los atributos sensoriales con relación al patrón y retrasó la decoloración, pero no necesariamente ayudó a inhibir la pérdida de color rojo durante un almacenamiento prolongado.

Por otro lado, Alirezalu et al. (2017) investigaron los efectos del té verde (ETV), extractos de ortiga (EEO) y hojas de olivo (EHO) sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, texturales y sensoriales de la salchicha tipo Frankfurter durante 45 días de almacenamiento a 4°C, y demostraron la eficacia de ETV, EEO y EHO para inhibir el crecimiento microbiano, la oxidación de lípidos y la mejora de la textura en niveles de dureza, los atributos sensoriales y la extensión de la vida en anaquel de las salchichas tipo Frankfurter. La salchicha con ETV agregado tuvo los compuestos fenólicos más altos (25,28 mg GA / 100 g), capacidad antioxidante y vida en anaquel, mientras que la salchicha con EEO agregado tuvo la calidad

microbiológica más alta (total viable y recuento de hongos; 5,77 y 2,02 log ufc / g, respectivamente) y puntuaciones sensoriales (4,24 sobre 5) y la salchicha con EHO añadido tenía la dureza adecuada (37,85 N). Por lo tanto, se puede sugerir el uso de extractos vegetales mixtos para mejorar la calidad de las salchichas tipo Frankfurter y proporcionar productos cárnicos más seguros y funcionales. Esta investigación sobre los efectos del té verde, ortiga y hojas de olivo muestra los otros beneficios del aceite esencial de romero en los embutidos.

#### 4.4. PRUEBA DE ESTERILIDAD

Los resultados de la Prueba de Esterilidad comercial se muestran en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Resultados de Pruebas de Esterilidad comercial realizadas a las muestras de jamonada de pollo esterilizada almacenadas a 30° C y 40° C

<b>Lecturas de Esterilidad comercial</b>		<b>Aerobios Mesófilos Incubación 35° C</b>	<b>Anaerobios Mesófilos Incubación 35° C</b>	<b>Aerobios Termófilos Incubación 55° C</b>	<b>Anaerobios Termófilos Incubación 55° C</b>
28° C (T° ambiente)	Día 0	0/5	0/5	0/5	0/5
30° C	Día 10	0/5	0/5	0/5	0/5
	Día 25	0/5	0/5	0/5	0/5
40° C	Día 10	0/5	0/5	0/5	0/5
	Día 25	0/5	0/5	0/5	0/5

(P/T) = Número de tubos positivos / Total de tubos incubados con la muestra.

Cantidad de muestra ensayada: 2 g aprox.

Medios de cultivo usados:

(DTB) = Dextrose tryptone broth

(PE-2) medium or cooked meat medium

Temperatura de incubación de Mesófilos: 30-35° C

Tiempo de incubación de Mesófilos: 10 días

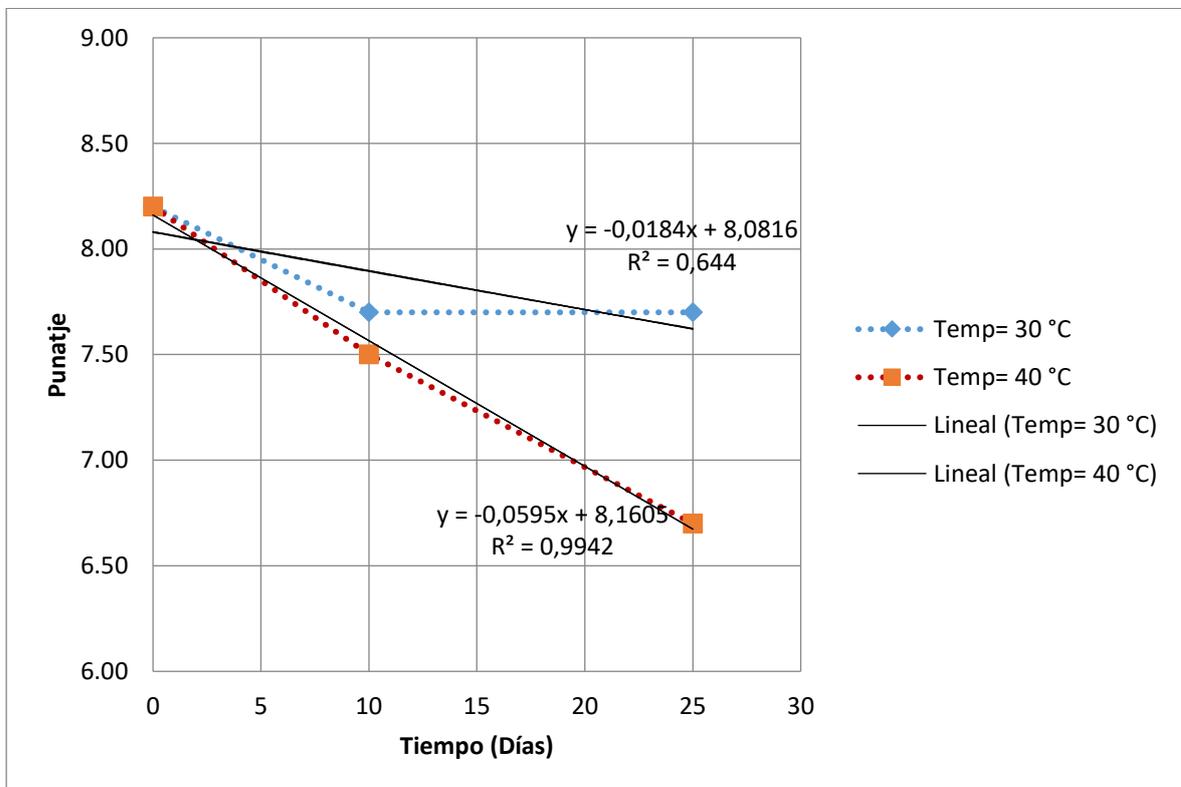
Temperatura de incubación de Termófilos: 55° C

Tiempo de incubación de Termófilos: 7 días

Estos resultados muestran que el tratamiento fue suficiente tanto para controlar el *C. botulinum* como para controlar la flora alterante.

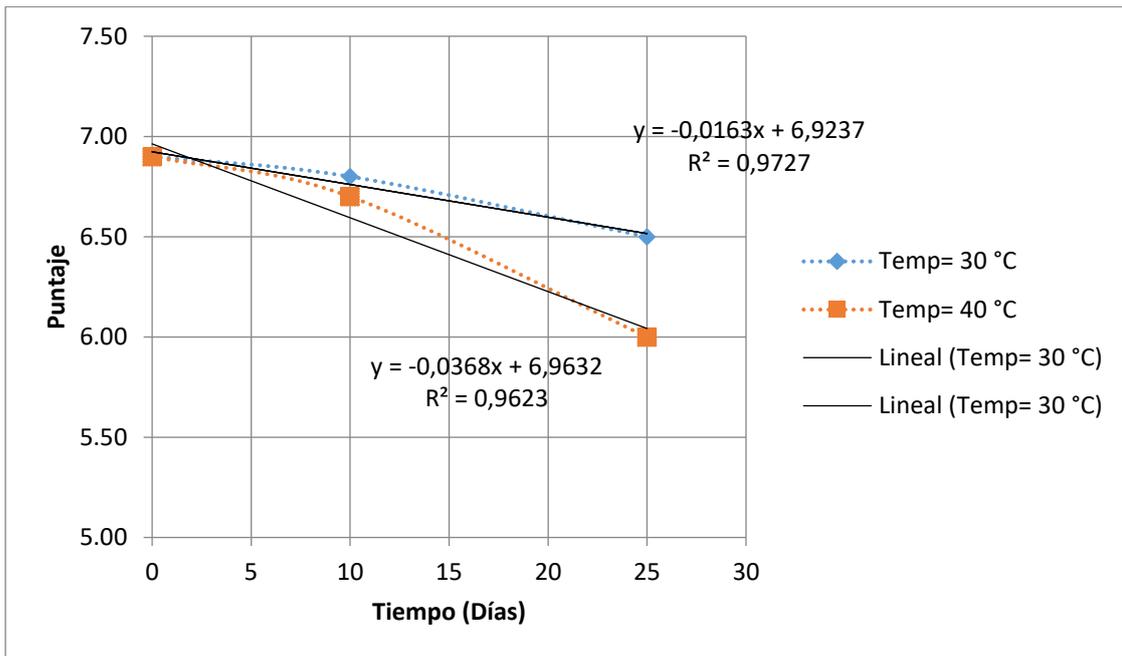
#### 4.5. EVALUACIÓN SENSORIAL

Los resultados promedio de los análisis sensoriales, realizados por 10 panelistas entrenados de la Empresa San Fernando se muestran a continuación en las Figuras 24 a 27, para los atributos de Flavor, Color, Textura y Aceptabilidad General.



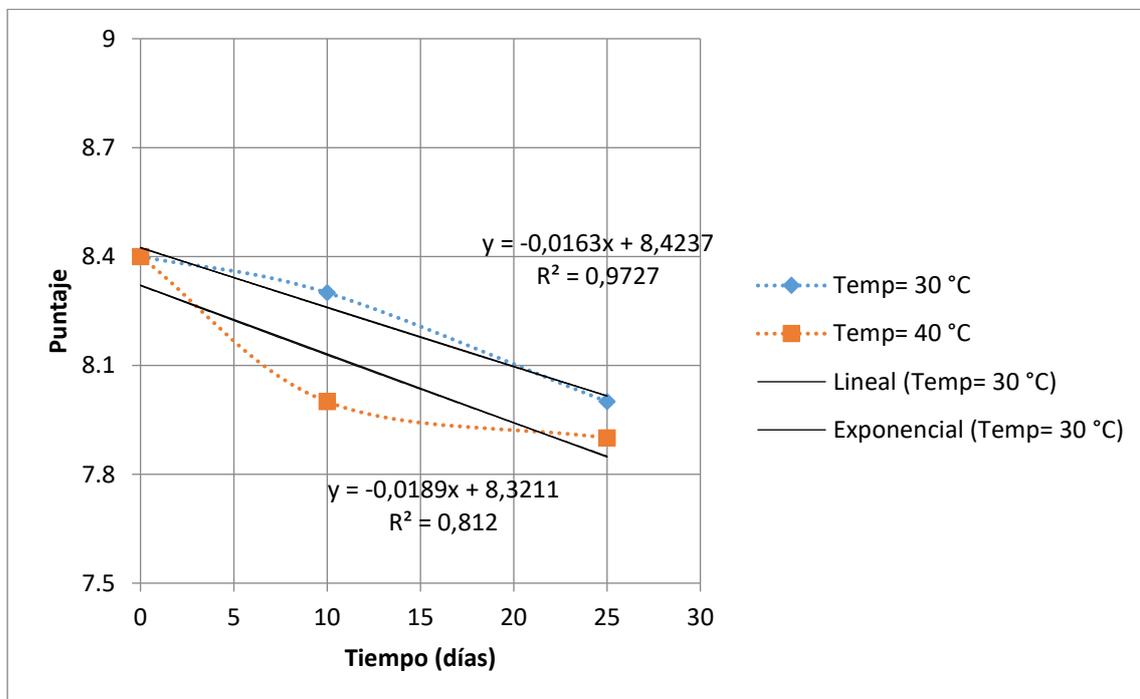
**Figura 24:** Evolución del Flavor de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C

El flavor (olor-sabor) no cambió significativamente en las muestras almacenadas a 30°C, pero sí se evidenció un cambio mayor en las muestras almacenadas a 40°C, sobre todo al día 25, se evidenció pérdida de aroma y el perfil de sabor cambió respecto al inicial, tornándose menos intenso (Figura 24).



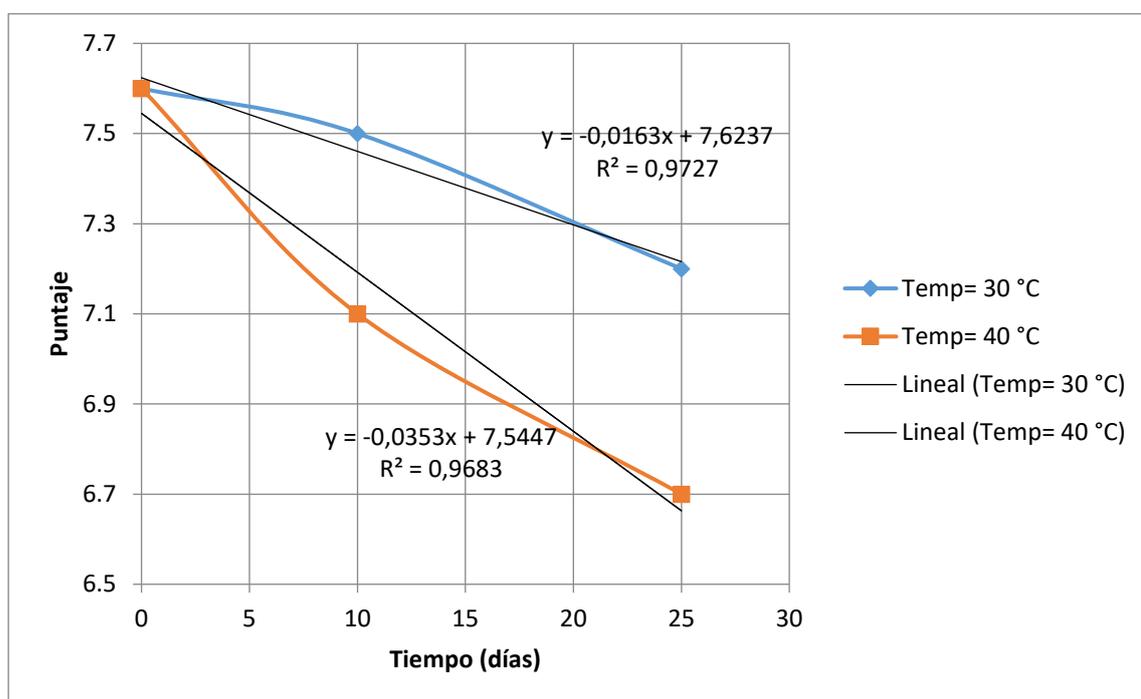
**Figura 25:** Evolución del color de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C

Tanto para las muestras almacenadas a 30 y 40° C, con el paso de los días el color se tornó ligeramente opaco respecto al color inicial (Figura 25).



**Figura 26:** Evolución de la textura de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C

Tanto para las muestras almacenadas a 30 y 40° C, la textura no cambió con el paso de los días, tampoco hubo separación de fases (Figura 26).



**Figura 27:** Evolución de la aceptabilidad de los resultados promedio de la evaluación sensorial de las muestras almacenadas a 30° C y 40° C

La aceptabilidad general tuvo un ligero decrecimiento con el paso de los días, tanto para las muestras almacenadas a 30° y 40° C, pero sí se evidenció un cambio mayor en las muestras almacenadas a 40°C, sobre todo al día 25, por la pérdida de aroma y color respecto al inicial, tornándose menos intenso (Figura 27).

Ki Chang et al. (2017) estudiaron la irradiación de los productos cárnicos como una opción para garantizar la inocuidad de sus alimentos envasados, debido a las características sensoriales que los alimentos de China tienen, no podían aplicar altas temperaturas o altas presiones. Evaluaron la irradiación de sus productos a 6 y 8 KGy y lo almacenaron a temperaturas menores a 10° C obteniendo una vida en anaquel de 10 y 15 días respectivamente validaron con paneles sensoriales que el color y sabor se mantuvo estable en ese tiempo.

Bindu et al. (2004) evaluaron el proceso de esterilización para la carne de mejillón en bolsa retortable, los parámetros de penetración de calor se determinaron mediante el método general

obteniendo un  $F_0$  de 9,8 y tiempo total de proceso de 35 min a  $121^\circ\text{C}$ . Sus atributos sensoriales fueron calificados como excelente por el panel sensorial manteniendo esas condiciones incluso después de 1 año a temperatura ambiente.

Guillou et al. (2017) evaluaron el efecto de las altas presiones en los perfiles de aroma de las carnes crudas de pollo y res y del jamón curado, y no hubo cambio significativo en el aroma del producto envasado al vacío por debajo de 600 MPa en comparación con las carnes frescas sin tratamiento pero si lo hubo a nivel de color. Lo mismo para el caso del jamón curado solo la sensación de salado que se incrementó.

Ponce-Alquicira (2004) menciona que el calentamiento de los enlatados durante la esterilización también promueve cambios en el sabor del producto cárnico, generando compuestos de carbonilo y pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno que pueden liberarse. Estos compuestos participan en varias reacciones (incluidas reacciones de Maillard y oxidación de lípidos), creando una mezcla compleja de químicos que proporcionan el sabor tostado, asado, graso, afrutado y aroma a carne sulfurada.

Thomas et al. (2008) evaluaron la estabilidad de salchichas de cerdo a temperatura ambiente ( $37 \pm 1^\circ\text{C}$ ) con y sin la aplicación de tecnología de barreras, las barreras empleadas fueron bajo pH, baja actividad de agua, envasado al vacío y pasteurización post empacado, uno de los tratamientos tuvo adicionalmente inmersión en sorbato de potasio al 1% previo al envasado, de los 3 tratamientos, los que tenían tecnología de barreras alcanzaron hasta 6 días de vida en anaquel mientras que el patrón sólo duró 3 días teniendo mal olor y viscosidad. Si bien es cierto que la tecnología de barreras retrasó la oxidación de lípidos y las características microbiológicas, la calidad sensorial a nivel de textura y apariencia se vio afectada por la incorporación de la tecnología de barreras.

### **Obtención de los valores de K**

De los 4 atributos sensoriales evaluados, la característica flavor fue la que tuvo mayores cambios con el paso del tiempo, lo cual se evidenció con el valor de las constantes de reacción determinadas en cada caso. Es por eso que se trabajó con los valores de K ( $\text{días}^{-1}$ ) del atributo flavor, para ambas temperaturas:

K <sub>30</sub>	0,0184
K <sub>40</sub>	0,0595

La dependencia de la constante de velocidad de reacción tradicionalmente ha sido expresada en la industria alimentaria y en la bibliografía científica mediante el factor Q<sub>10</sub>, que expresa la relación de las constantes de velocidad de reacción producidas a temperaturas que difieren en 10° C ( $Q_{10} = \exp(10 E_a / (R T (T + 10)))$ ); (Fennema 1993; citado por Ciappini *et. al* 2008).

El factor Q<sub>10</sub> no es constante, depende de la E<sub>a</sub> y la Temperatura absoluta T. La energía de activación (E<sub>a</sub>) y el factor Q<sub>10</sub> se determinaron sobre la base de los datos cinéticos.

K<sub>30</sub> y K<sub>40</sub> son las constantes de velocidad de las curvas de 30 y 40, se obtuvieron de las pendientes de las curvas en la Figura 24, considerando son reacciones de orden cero al ser ecuaciones lineales. Con los valores de K<sub>40</sub> y K<sub>30</sub>, reemplazamos en las fórmulas de la gráfica, considerando como valor de punto de corte el valor de 6 (escala de 1 a 9) se determinó la vida en anaquel a 30° C y 40° C respectivamente. Como se indicó anteriormente en el Capítulo de Métodos, se consideró 6 como valor crítico, ya que este valor se tomó en otros trabajos similares, y sirvió como indicador para saber que el producto ya había iniciado cambios sensoriales y lo encontraban “Regular” o con mínimo agrado.

Muñoz et al. (1992); citados por Giménez et al. (2012) coinciden que la vida útil sensorial es el tiempo necesario para que las puntuaciones generales de gusto del producto caigan por debajo de un valor predeterminado. Además, indican que en la literatura se han considerado diferentes criterios, en este caso ellos consideraron una puntuación de gusto general de 6,5 como límite de aceptabilidad para las especificaciones de control de calidad.

Por otro lado, Gámbaro et al. (2006), Giménez et al. (2007) y Giménez et al. (2008a), citados por Giménez et al. (2012) utilizaron un valor promedio de 6 (como levemente) en una escala hedónica de 9 puntos como límite de aceptabilidad considerando que es la primera puntuación que indica que al consumidor le gusta el producto. Este enfoque estima la vida útil sensorial como el período de tiempo durante el cual a los consumidores les gusta el producto y, por lo tanto, no solo aceptan consumirlo, sino que también lo disfrutan.

Se determina que a 30° C se obtiene una vida en anaquel de 113 días y a 40° C se obtiene una vida en anaquel de 36 días.

Como se ha trabajado con temperaturas que se diferencian en 10° C, se determina el factor  $Q_{10}$  dividiendo  $K_{40}/K_{30}$ , el cual es 3,2337.

$$Q_{10} = \frac{K(T^{\circ} \text{ mayor})}{K(T^{\circ} \text{ menor})}, \Delta T = 10^{\circ} \text{ C}$$

$$Q_{10} = 3,2337$$

Como se busca determinar la vida en anaquel a 28°C y según la Ley de Van't Hoff, el aumento de la velocidad de reacción para una diferencia de temperatura diferente a 10° C, se cumple bajo la siguiente fórmula:

$$Q_{10}^{\frac{T^{\circ} \text{ mayor} - T^{\circ} \text{ menor}}{10^{\circ} \text{ C}}} = \frac{\text{TVA a menor } T^{\circ}}{\text{TVA a mayor } T^{\circ}}, \Delta T \neq 10^{\circ} \text{ C}$$

$$Q_{10}^{\left(\frac{30^{\circ} \text{ C} - 28^{\circ} \text{ C}}{10^{\circ} \text{ C}}\right)} = \frac{\text{tiempo de vida en anaquel a } 28^{\circ} \text{ C}}{\text{tiempo de vida en anaquel a } 30^{\circ} \text{ C}}$$

Reemplazando los datos, tenemos:

$$3,2337^{(0,2)} = \frac{\text{tiempo a } (28^{\circ} \text{ C})}{113,13}$$

Tiempo de vida en anaquel = 143 días = 4,8 meses

Para esos valores del factor  $Q_{10}$ , la vida en anaquel estimada para la jamonada de pollo molde de 300 g empacada al vacío en bolsa *pouche* fue de 143 días a temperatura ambiente de 28° C.

Guzmán et al. (2016) informan valores de vida en anaquel para un jamón de cerdo cocido a 70° C en su centro, rebanado y empacado al vacío, almacenado en 5, 15 y 30° C alcanzan una vida en anaquel de 20, 17 y 14 días aproximadamente.

Considerando los resultados de Guzmán et al. (2016) se compararon los resultados obtenidos por el tratamiento térmico de esterilización y por pasteurización, la vida en anaquel mejoró 10 veces más en condiciones similares de almacenamiento.

Giménez et al. (2012) concuerdan con que la vida en anaquel de la mayoría de los productos alimenticios está determinada por los cambios en sus características sensoriales, por lo tanto, para extender tiempos de comercialización al máximo mientras se garantiza la calidad de los productos, se tienen como alternativas las metodologías para la estimación sensorial de la vida en anaquel, en este caso ellos citan la metodología de punto de corte y el análisis de supervivencia.

Vidaurre - Ruiz (2016) menciona que los métodos más sencillos y comunes como son el Modelo de Arrhenius y el factor  $Q_{10}$  para las pruebas aceleradas de vida en anaquel (ASLT) se basan en la temperatura con el fin de acelerar los procesos de deterioro, si bien no todos los modelos son perfectos, si se aplican correctamente generan resultados confiables. A su vez indica que una vez que se ha hecho la relación entre ASLT y vida en anaquel real para un producto en particular, entonces la ASLT se puede utilizar para ese producto cuando se quiera variar, ingredientes, empaques o procesos.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinaron las condiciones para la esterilización de la jamonada de pollo, que aseguren la esterilidad comercial del producto. Encontrando que los parámetros de proceso a 116°C para alcanzar un valor de Fo mayor a 6 es un tiempo mayor a 60 minutos, y para 118°C puede trabajarse a 50 minutos, tomando en cuenta las condiciones del producto consideradas en el experimento.
- La jamonada de pollo molde esterilizada, se mantuvo microbiológicamente estable durante el estudio, lo cual se validó a través de las pruebas de esterilidad comercial realizadas. Se considera que es un producto estable, debido al tratamiento térmico aplicado luego del envasado y al cierre hermético del envase.
- La jamonada de pollo esterilizada tuvo baja acidez ( $\text{pH} > 4,6$ ) y durante su almacenamiento a 30° C y 40° C no sufrió una variación notable en el valor de pH del producto.
- Durante la vida en anaquel del producto en las condiciones antes descritas, no se evidenciaron cambios en el índice de peróxido manteniéndose en 0,1 meqO<sub>2</sub>/Kg (indicador de rancidez de la grasa del producto).
- La vida de anaquel de la jamonada de pollo esterilizada, almacenada a una temperatura de 28°C y 75% HR, está limitado por el factor sensorial que involucra la aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor. La vida en anaquel de la jamonada de pollo molde de 300 g esterilizada con un Fo de 16, empacada al vacío en funda plástica a base de PA / PE / PA y embolsada en bolsa pouch a base de PET / Nylon / PP, almacenada a temperatura de 28°C y 75% HR tiene una vida en anaquel de 143 días (4 meses con 21 días) .

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios de penetración de calor con un tiempo menor a 55 minutos a 116°C, a fin de tener un tiempo exacto mínimo necesario para alcanzar un Fo mayor a 6.
- Estudiar la penetración de calor con un tiempo menor a 50 minutos a 118°C, a fin de tener un tiempo exacto mínimo necesario para alcanzar un Fo mayor a 6.
- Realizar estudios de vida en anaquel de las muestras de jamonada de pollo con un Fo mayor a 6, y evaluar el comportamiento de los atributos sensoriales durante su vida en anaquel.
- Determinar el índice de peróxidos usando el Método de Ácido tiobarbitúrico y compararlo Vs. Los resultados obtenidos a través del método empleado en este estudio.
- Se recomienda realizar la evaluación del nivel de agrado con un Panel de consumidores habituales del producto, un mínimo de 50 consumidores.
- Como otra prueba para determinar la vida en anaquel sensorial del producto en esta investigación, se recomienda emplear el Método de Punto de Corte, para así cruzar los puntajes de los consumidores Vs los puntajes del panel entrenado respecto a una característica sensorial a evaluar en específico.
- Realizar una calibración frecuente de los termopares a usar para el estudio de penetración de calor, de esta manera aseguramos una menor desviación de las lecturas de temperatura y valores de Fo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo D. Montero P. Martelo R. 2018. Determination of the Shelf-life of Arepa with Egg through Accelerated Testing. Contemporary Engineering Sciences. Colombia. Vol 11. 35: 1713 – 1725.
- Anne Vercaammen, Kristof G.A. Vanoirbeek, Ine Lurquin, Liselot Steen, Olivier Goemaere, Slawomir Szczepaniak, Hubert Paelinck, Marc E.G. Hendrickx, Chris W. Michiels. 2011. Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives, Innovative Food Science and Emerging Technologies. Belgium.
- AAPPA (Academia Del Área De Plantas Pilotos De Alimentos). 2004. Introducción A La Tecnología De Alimentos. Limusa Noriega Editores, 2° Ed. Mexico. Disponible en: <https://Books.Google.Com.Pe/Books?Id=V2iqmvapjwkc&Pg=PA58&Dq=Enlatado+Temperatura&Hl=Es&Sa=X&Ved=0ahukewjkmqam07znahxe7iykhagcavaq6aeimjaf#V=Onepage&Q=Enlatado%20temperatura&F=True>
- Adepoju, M.; Omitoyin, B.; Mohan, C.; Zynudheen, A. 2016. Heat penetration attributes of milkfish (Chanos chanos) thermal processed in flexible pouches: a comparative study between steam application and water immersion. Lagos , Nigeria: Revista Food Science & Nutrition Wiley, 1-4.
- A.O.A.C. 2007. Association of Official Analytical Chemists. Washington, USA: 18th.
- Asenjo, C. 2014. Formulación de una salsa a Base de Almidón de Maíz y Pasta de Tomate para Conservas en bolsas esterilizables de Salmón Atlántico. Memoria para optar al Título de Ingeniería de Alimentos. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile.
- B.A.M. 1998. Clostridium botulinum. 8th.
- Bailon, R. 1994. Evaluación de las condiciones de proceso para el enlatado de olluco (*Ullucus tuberosus* L.) con charqui. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú: UNALM.
- Ball, C; Olson, F. 1957. Sterilization in Food Technology. New york: Mcgraw Hill book Co.

- Barbosa, G.; Medina, I.; Candogan, K.; Bermúdez – Aguirre, D. 2014. Advanced retorting, microwave assisted thermal sterilization (mats) and pressure assisted thermal sterilization (pats) to process meat products. *Journal Meat Science*, 98:, 420 - 434.
- Bindu, B. Srinivasa, T. Unnikrishnan, T. 2004. Ready-to-eat Mussel Meat Processed in Retort Pouches for the Retail and Export Market. *Packaging Technology and Science*. 17: 113-117. India.
- Bingól, E.; Bostan, K. 2007. Effect of sodium lactate on the microbiological quality and shelf life of sausages. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 31( 5), 333 – 339.
- Canales, M. 2000. Elaboración de un producto cárnico esterilizado tipo salchichón. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, 44 - 45. La Molina, Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Castro, R. 1997. Procesamiento de alimentos de Retorta. XIII Curso Internacional de Tecnología de Procesamiento de productos pesqueros. Callao, Perú: ITP/JICA.
- Castañeda, D. 2018. Tratamiento térmico de espárragos. Trabajo monográfico para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, 44 pp. La Molina, Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chau, A. 2003. Utilización del método escalonado y la distribución de Weibull en la determinación de la vida en anaquel del chorizo parrillero. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ciappini, M. Bernardita, M. Navarro, S. 2008. Influencia de la Humedad del Grano de maní de confitería en su calidad sensorial y vida útil. *Invenio. Rosario - Argentina*. Vol. 11: 20.
- Cichoski, A.; Rampelotto, C.; Stefanello, M.; Cristina De Moura, H.; Nascimento, N.; Wagner, R.; Ragagnin De Menezes, C.; Moraes, E.; Smanioto, J. 2015. Ultrasound-Assisted post-packaging pasteurization of sausages. *Journal Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 30, 132–137.
- Comettant, R. 2017. Extensión del tiempo de vida útil de rosquitas en empaques tr laminados y su vida en anaquel por pruebas aceleradas. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. La Molina, Perú: UNALM.
- Condori, M; Obregón, A; Guevara, A. 2012. Evaluación y Optimización del Tratamiento térmico de conservas de habas verdes (*Vicia faba L.*) en salmuera. *Ciencia e Investigación*. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú: UNMSM.

- Datta, A. 1990. On the Theoretical basis of the asymptotic semilogarithmic heat penetration curves used in food processing. *Journal of Food Engineering*, 12(3), 177–190.
- Downing, D. 1996. *A complete course in canning and related processes*. New York.
- Eissen, F. 2003. *Fabricación de embutidos: principios y práctica*. Zaragoza: Acribia.
- Eulogio, L. Matos, A. 2010. *Evaluación de la esterilidad térmica en el enlatado de filetes de trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss) en aceite vegetal, sal y especias*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Featherstone, S. 2015. *Heat penetration determinations and thermal process calculations*. A complete course in canning and related processes, 43–58.
- Fennema, O. 1992. *Química de los alimentos (Vol. 1)*. Zaragoza. España: Edit Acribia.
- Fennema, O. 1993. *Química de los alimentos*. 2º Edición. Zaragoza –España. Ed. ACRIBIA. 1095 pp.
- García, E.; Gago, L. 2006. *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. *Círculo de innovación en Biotecnología*, 12-35.
- García, C. Molina, M. 2008. *Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante Pruebas Aceleradas*. *Revista Ingeniería* 18: 57 – 64. San José – Costa Rica.
- García, C. Molina, M. Chacón, G. 2011. *Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante Pruebas Aceleradas por Temperatura*. *Revista Ingeniería* 21(2): 31 – 38. San José – Costa Rica.
- Giannoni, E. 1977. *Evaluación y optimización del tratamiento térmico de alimentos enlatados*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. La Molina, Perú: UNALM.
- Giménez, A. Ares, F. Ares, G. 2012. *Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches*. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República, General Flores. 49: 311 – 325. Montevideo, Uruguay.
- Guardia, C. Vera, E. Mora, J. Vega M. Torres, J. 2013. *Estimación de la Vida Útil de una Bebida Gasificada utilizando el Factor de Aceleración Q10*. Universidad Nacional Agraria La Molina. 1 – 9. Lima – Perú.

- Guillou, S. Lerasle, M. Simonin, H. Federighi, M. 2017. Emerging Technologies in Meat Processing: Production – Chapter 3, Processing and Technology, First Edition. 37 – 101. France.
- Guzman, L. Martinez, D. Martínez, D. Acevedo, D. Montero, P. 2016. Estudio de la Vida útil de Jamón de cerdo mediante Pruebas Aceleradas. Asociación Interciencia, Caracas - Venezuela. Vol. 41, (7), 488-491 p.
- Hernandez, E.; 2017. Diseño y fabricación de embutidos escaldados sustituyendo grasa porcina por aceite de soya. Tesis para Optar el Grado Académico de Magíster en Bromatología. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Hernández, E. Ponce, E. Jaramillo, M. Guerrero, I. 2008. Efecto antioxidante de los extractos de romero (*Rosmarinus officinalis* L.), de salvia de bolita (*Buddleia perfoliata* kunth) y de orégano mexicano (*Lippia* spp) en pastas cárnicas. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. México. 1-3 pp.
- INDECOPI. 1999. Norma Técnica Peruana - NTP 201.006. 1999. Carne y productos cárnicos. Embutidos con tratamiento térmico después de embutir o enmoldar. Definiciones, clasificación y requisitos. Lima, Perú: 2° edición. Instituto nacional de defensa de la competencia de la protección de la propiedad intelectual.
- ISO 2017. Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Iodometric (visual) *endpoint determination*. 5th.
- Jimbo, N. 2008. Estudio de Procesos térmicos en conservas de atún en envase flexible. Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Manabi, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi.
- Jimenez, A. 2018. Determinación del factor Q para establecer la vida útil de un concentrado de fruto. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Kazem A, Javad H, Mohammad H, Hadi V, Mohammad S. 2017. Effect of Green Tea, Stinging Nettle and Olive leaves Extracts on the quality and shelf life stability of frankfurter type sausage. Iran. Journal of Food Processing and Preservation. 41: e13100. 11 p.
- Kennedy, C.; Buckley, D.; Kerry, J. 2004. Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. Meat science, 68, 649-658.

- Ki Chang, N. Cheorun, J. Dong U. 2017. Irradiation of meat and meat products. *Emerging Technologies in Meat Processing: Production, Processing and Technology*, First Edition. Novel processing techniques Part 1- Chapter 2, 2-29. Korea.
- Lopez, L.; Braña, D.; Hernández, I. 2013. Estimación de la vida en anaquel de la carne. (1° Ed.) Mexico: Centro Nacional de Investigación disciplinaria en fisiología y mejoramiento animal.
- Mantis, .F; Tsachev, I.; Sabatakou, O.; Burriel, A.; Vacalopoulos, A.; Ramantanis, S. 2005. Safety and shelf-life of widely distributed vacuum packed, heat treated sausages. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8, 245 – 254.
- Martínez, L; Djenane, D; Cilla, I; Beltrán, J.; Roncalés, P. 2005. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 71, 563.
- Martínez, L; Djenane, D; Cilla, I; Beltrán, J.; Roncalés, P. 2006. Effect of varying oxygen concentrations on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Martínez, L; Djenane, D; Cilla, I; Beltrán, J; Roncalés, P. 2006. Effect of varying oxygen conc Food Chemistry*, 94, 219 – 225.
- Martinez, Y.; Viana, B. 2012. Elaboración de chorizos de carne de res y de cerdo con adición de proteasas (bromelina). Tesis para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Mendoza, F. 1993. Optimización Del Tratamiento Térmico En Una Crema A Base De Olluco. Tesis Para Optar El Título De Ingeniero En Industrias Alimentarias. Universidad Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Mercado-Flores, J. Lopez-Orozco, M. Martínez- Soto G. Abraham-Juarez M. R. 2016. Estimación de la vida de anaquel mediante pruebas aceleradas en Fresa Entera en bolsa de polietileno y Pulpa de Fresa congelada. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Universidad de Guanajuato. Mexico. Vol. 1:1. 636 - 640.
- McMillin, K. 2017. Advancements in meat packaging. *Journal Meat Science*, 153 – 162.
- MINSA (Ministerio de Salud, Perú). 2007. Norma sanitaria aplicable a la fabricación de alimentos envasados de baja acidez y acidificados destinados a consumo humano. RM N° 704 / DIGESA.

- Mohammed M. Abdul Ghani A. 2006. Sterilization of Food in Retort Pouches. The University of Auckland. New Zealand. Springer Science. 205 p.
- Nishino, H. 1998. Production & packaging of retort-sterilized sausage. Preservation Techniques of meat and meat products. Kureha Chemical Industry Co. Ltd., 48-55.
- Olivares, W. 1998. Procesamiento de Alimentos con el Sistema de Alta Temperatura – Corto Tiempo (HTST). XIV Curso Internacional de Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros. Callao, Perú.: ITP/JICA.
- Paternina – Sierra, K. Acevedo – Correa, D. Montero – Castillo, P. 2018. Evaluación de la Vida Útil de una Pasta de Ajonjolí Azucarada mediante Pruebas Aceleradas. Vol. 29(4), 3-12. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación en Innovación y Desarrollo.
- Ponce – Alquicira, E. 2004. Poultry: Canned Turkey Ham. Food Processing: Principles and Applications. California. 417 – 431.
- QALI WARMA. 2014. Fichas técnicas de alimentos: Servicio del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma (en línea). Consultado 10 oct. 2020. Disponible en <ftp://ftpqw.qw.gob.pe/3PC/FICTECALIMPR.pdf>
- Ramos, M. 2016. Comparación entre los métodos General y de Ball para el cálculo de procesos de esterilización comercial. Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Civil Químico. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso - Chile.
- Rees, J; Bettison, J. 1994. Procesado térmico y envasado de alimentos. Zaragoza, España: Acribia.
- Rhee, K. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. J. Food Sci, 43, 1776-1781.
- Ravi C. Srinivasa T. Vijayan P. 2002. Studies on Heat Processing and Storage of Seer fish curry in Retort Pouches. India. Packaging Technology and Science. 15: 3-7
- Reynaga, W. 2014. Estudio del Tratamiento térmico de enlatado de Pechuga de pollo (*Gallus gallus*) en trozos y desmenuzado. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. La Molina, Perú: UNALM.
- Rivera, J. 2016. Estimación del tiempo de vida útil del café verde y pergamino (*coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. Tesis para optar el

título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

San Fernando, S. 1990. Perú Patente N° R.S.037-2002.

Salas, A. 2011. Utilización de bolsas esterilizables para productos pesqueros en conserva como una alternativa a los envases rígidos de hojalata. Instituto tecnológico Pesquero del Perú. Callao, Perú.

Sánchez, C. 1995. Esterilización de espárragos (*Asparagus officinalis*) en trozos en bolsas flexibles esterilizables. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Savic, Z. 2012. Advances in meat, poultry and seafood packaging: Advances in the manufacture of sausage casings. *Journal Technology and Nutrition*, 14, 377 – 405.

Sharma, S. 2003. Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. (Primera, Ed.) México: Limusa Liwey.

Schillinga, M. Phama, A. Williamsa, J. Xiongb, Y. Dhowlaghara, N. Tolentinoa, A. Kina, S. 2018. Changes in the physiochemical, microbial, and sensory characteristics of fresh pork sausage containing rosemary and green tea extracts during retail display. *Meat Science* 143, 199-209. USA.

Simpson, R. Holdsworth, S. 2016. *Thermal Processing of Packaged Foods*. 3th Edition. Springer International Publishing. Switzerland.

Soncu, E. Özdemir, N. Arslan, B. Küçükkaya, S. Soyer A. 2019. Contribution of surface application of chitosan–thyme and chitosan–rosemary essential oils to the volatile composition, microbial profile, and physicochemical and sensory quality of dry-fermented sausages during storage. *Meat Science Turkey*.

Spinak, S.; Wiley, R. 1982. Comparisons of the general and the ball formulæ methods for retort pouch process calculations. *Journal of food Science*, 47(3), 880.

Tabuenca, L. 1999. Esterilización F2-60. Dpto. de Asistencia Técnica. Viscofan S.A. Pamplona. España .

Tandon, S; Bhowmik, S. 1986. Evaluation of termal processing of retortable pouches filled with conduction heated foods considering their actual shapes. *Journal of Food Science*, 51(3), 709.

- Tarladgis, B.; Watts, B.; Younathan, .M.; Dugan, L. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am.Oil Chem.*, 37, 44-48.
- Tejada, O. 1994. Sustitución parcial del almidón por harinas de quinua y kiwicha en la elaboración de hot dog y mortadela. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Thomas, R.; Anjaneyulu, A.; Kondaiah, N. 2008. Development of Shelf stable pork sausages using hurdle technology and their quality at ambient temperature ( $37 \pm 1^\circ\text{C}$ ) storage. *Meat Science. India.*, 79, 1-12.
- Torres, Z. 1985. Utilización de diferentes porcentajes de piel (pellejo) de porcino en la elaboración de hot dog y mortadela. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Varas, M. 2019. Efecto antioxidante del extracto de licopeno de tomate (*Solanum lycopersicum*) sobre la vida útil del aceite de linaza (*Linum usitatissimum* L.). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Viuda-Martos, M. Ruiz-Navajas, Y. Fernández-López, J. Pérez-Álvarez J. 2010. Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control. Spain.* 21: 436–443
- Vidaurre – Ruiz J. 2016. Aplicación de Software's en Tecnología e Ingeniería de Alimentos: Determinación del tiempo de vida útil de alimentos mediante Pruebas Aceleradas.
- VISCOFAN, S. 1998. Tripas utilizadas en la Elaboración de Productos Cocidos. IV Seminario Internacional de Elaboración de Embutidos Cocidos: Jamones y Pastas Finas. Pamplona, España.
- Vito, J. 2019. Determinación de la vida útil mediante pruebas aceleradas (ASLT) de un Producto Extruido enriquecido con Concentrado proteico de Pota (*Dosidicus gigas*). Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Wagner, J. 2016. Multilayer flexible packaging. (2, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Weinling, H. 1973. Tecnología práctica de la carne; Materias primas, procedimiento de despiece y métodos de fabricación de productos cárnicos. (2º, Ed.) Zaragoza: Acribia.

Xiong, Y. 2017. The storage and preservation of Meat: I-thermal technologies. University of Kentucky. Meat Science, 52.

## VIII. ANEXOS

### Anexo A: Terminología

- $T_1$ : Temperatura procesamiento de la autoclave en grados Fahrenheit.
- $T_0$ : Temperatura inicial del producto en grados Fahrenheit.
- $T$ : Temperatura del producto a cualquier tiempo en grados Fahrenheit.
- $T_{ref}$ : Temperatura de referencia en grados Fahrenheit, normalmente 250°F.
- $f$ : tiempo, en minutos, requeridos para que la porción lineal de la curva semilogarítmica de calentamiento o enfriamiento atraviese un ciclo logarítmico.
- $f_h$ :  $f$  de la curva de calentamiento cuando esta puede ser representada por una sola línea. También,  $f$  de la primera porción recta de una curva de calentamiento quebrada.
- $f_c$ : tiempo, en minutos, requeridos para que la porción lineal de la curva semilogarítmica de enfriamiento atraviese un ciclo logarítmico.
- $g$ : Diferencia, en grados Fahrenheit (en su defecto en grados Celsius), entre la temperatura de la retorta y la máxima temperatura alcanzada por el alimento en el punto de medición.
- $j$ : Factor de retraso.
- $j_h$ :  $j$  de la curva de calentamiento.
- $j_c$ :  $j$  de la curva de enfriamiento.
- $L$ : Velocidad letal. Recíproco del tiempo, a cualquier temperatura letal, equivalente a 1 minuto a 250° F., o  $1/F_i$ .
- $t_p$ : Tiempo de proceso. Tiempo, en minutos, desde el instante en que la autoclave alcanza la temperatura de procesamiento hasta que se cierra la llave de vapor.
- $t_B$ : Tiempo de Ball. Equivalente a  $t_p + 0,42CUT$ .
- $a$ : tiempo inicial del proceso (minutos)
- $b$ : tiempo final del proceso (minutos)

- z: valor de incremento de temperatura que mide el cambio en la tasa de muerte del microorganismo con respecto a un cambio de temperatura.
- m + g: m es la diferencia entre la temperatura del agua de enfriamiento y la temperatura máxima alcanzada en el punto frío de la lata para alcanzar la esterilización comercial; g es la diferencia entre la temperatura de la retorta y la temperatura máxima que debe alcanzarse en el punto frío de la lata para efectuar la esterilización comercial.
- F: equivalente, en minutos a 250° F, de todo el calor considerado, con respecto a su capacidad de destruir esporas o células vegetativas de un organismo en particular.
- Fo: F para el *Clostridium botulinum*.
- U: el equivalente en minutos a temperatura de autoclave, de todo el calor letal recibido por algún punto designado en el envase, durante el proceso.
- m: Pendiente de la fase recta de las curvas.

**Anexo B: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 116°C por 50 min**

	Hora	M3T13044 -T	M3T25199 -T	M3T34315 -T	M3T34322 -T	M3T39787 -T	M3T39808 -T	M3T39811 -T	M3T40255 -T	M3T40257 -T	M3T42353 -T	T° Retort a
28/11/2018	08:07:00	14,6	15,7	14,7	13,8	17,3	14,0	15,4	15,6	15,4	15,4	25,7
28/11/2018	08:08:00	14,7	15,8	14,8	14,0	17,4	14,2	15,6	15,7	15,7	15,5	27,4
28/11/2018	08:09:00	14,9	16,0	14,9	14,1	17,5	14,4	15,8	15,8	16,0	15,6	30,7
28/11/2018	08:10:00	17,2	16,5	15,0	14,2	17,6	15,3	16,0	15,9	16,3	15,9	38,3
28/11/2018	08:11:00	18,0	16,7	16,4	14,8	17,8	16,9	16,4	16,3	16,6	16,3	42,0
28/11/2018	08:12:00	18,4	17,0	16,8	15,5	18,2	18,3	16,6	16,8	17,8	16,9	57,4
28/11/2018	08:13:00	18,8	17,3	17,0	15,7	18,6	20,4	16,8	17,0	18,2	17,2	62,6
28/11/2018	08:14:00	19,0	17,6	17,5	16,2	19,2	20,8	17,6	17,3	18,6	17,4	75,3
28/11/2018	08:15:00	19,4	17,7	17,9	16,5	19,4	21,4	19,5	19,4	20,1	18,1	79,2
28/11/2018	08:16:00	19,6	18,2	18,3	16,8	19,7	21,6	21,9	21,6	22,2	18,5	83,1
28/11/2018	08:17:00	20,5	18,6	19,5	17,5	20,3	22,0	24,7	24,4	24,7	21,0	88,2
28/11/2018	08:18:00	22,0	19,4	20,2	18,9	20,7	22,3	27,7	27,3	27,5	23,9	91,6
28/11/2018	08:19:00	23,6	20,5	20,6	20,6	21,6	22,5	30,9	30,5	30,6	27,2	95,6
28/11/2018	08:20:00	24,4	21,3	22,4	22,6	25,3	28,4	34,2	33,8	33,9	30,7	96,9
28/11/2018	08:21:00	25,0	22,9	24,4	24,8	29,2	32,7	37,5	37,1	37,2	34,1	98,9
28/11/2018	08:22:00	25,8	24,5	26,7	27,3	33,0	34,5	40,8	40,3	40,5	37,5	101,0

28/11/2018 08:23	08:23:00	28,0	27,9	29,2	30,0	36,8	39,7	43,9	43,5	44,0	40,8	105,1
28/11/2018 08:24	08:24:00	33,2	31,5	31,8	32,9	38,4	43,3	47,1	46,6	47,4	44,0	109,1
28/11/2018 08:25	08:25:00	38,4	35,2	34,5	35,9	39,3	45,0	50,1	49,6	50,7	47,2	112,5
28/11/2018 08:26	08:26:00	42,5	38,9	37,3	39,0	40,4	46,9	53,2	52,6	54,0	50,4	114,9
28/11/2018 08:27	08:27:00	49,6	42,4	40,1	42,0	44,1	50,2	56,2	55,6	57,1	53,6	115,8
28/11/2018 08:28	08:28:00	53,1	45,8	42,9	45,1	47,5	53,4	59,2	58,5	60,2	56,7	116,0
28/11/2018 08:29	08:29:00	54,0	47,0	45,7	48,1	50,7	56,4	62,2	61,4	63,2	59,7	115,9
28/11/2018 08:30	08:30:00	56,3	49,1	48,6	51,1	53,7	59,4	65,0	63,6	66,1	62,6	116,0
28/11/2018 08:31	08:31:00	59,6	52,4	51,5	54,0	56,7	62,5	67,7	64,2	68,9	65,4	116,1
28/11/2018 08:32	08:32:00	63,0	55,6	54,3	57,0	59,8	65,7	70,3	65,2	71,6	68,0	116,1
28/11/2018 08:33	08:33:00	66,4	58,9	59,8	62,7	63,0	68,9	75,0	66,9	76,5	72,9	116,0
28/11/2018 08:34	08:34:00	69,7	62,2	62,5	65,4	66,2	71,9	77,2	67,8	78,8	75,2	116,2
28/11/2018 08:35	08:35:00	72,7	65,3	65,0	67,9	69,2	74,7	79,3	69,5	79,3	77,4	116,0
28/11/2018 08:36	08:36:00	75,5	68,2	67,5	70,5	72,0	77,2	81,3	74,3	79,6	79,5	116,0
28/11/2018 08:37	08:37:00	78,1	71,0	69,9	72,9	74,7	79,4	83,2	76,5	81,0	81,4	116,1
28/11/2018 08:38	08:38:00	80,4	73,6	72,2	75,2	77,1	81,5	84,9	78,6	83,0	83,3	116,1
28/11/2018 08:39	08:39:00	82,5	76,1	74,4	77,5	79,4	83,4	86,6	80,6	84,9	85,0	116,0
28/11/2018 08:40	08:40:00	86,2	80,5	76,6	79,6	83,4	86,8	88,2	82,4	86,7	86,7	116,1
28/11/2018 08:41	08:41:00	87,9	82,5	78,7	81,6	85,3	88,3	89,7	84,2	88,4	88,3	115,9

28/11/2018 08:42	08:42:00	89,5	84,4	80,6	83,6	87,0	89,8	91,1	85,9	90,0	89,8	116,2
28/11/2018 08:43	08:43:00	91,0	86,1	82,5	85,4	88,6	91,2	92,5	87,5	91,6	91,2	115,9
28/11/2018 08:44	08:44:00	92,3	87,8	84,3	87,1	90,2	92,5	93,8	89,0	93,0	92,6	116,1
28/11/2018 08:45	08:45:00	93,6	89,4	89,2	91,8	91,6	93,8	97,2	90,5	94,4	93,4	116,2
28/11/2018 08:46	08:46:00	94,9	90,8	92,0	94,5	93,0	95,0	99,2	91,9	95,7	94,6	116,2
28/11/2018 08:47	08:47:00	96,0	92,2	93,3	95,7	94,3	96,1	100,2	93,2	96,3	95,0	116,2
28/11/2018 08:48	08:48:00	97,2	93,5	94,5	96,9	95,5	97,2	101,0	96,7	96,8	96,2	116,2
28/11/2018 08:49	08:49:00	98,2	94,8	95,7	98,0	96,6	98,2	101,9	98,7	97,4	98,3	116,2
28/11/2018 08:50	08:50:00	99,2	95,9	96,8	99,0	97,7	99,1	102,7	99,7	98,2	99,3	116,0
28/11/2018 08:51	08:51:00	100,1	97,0	97,9	100,0	98,7	100,0	103,4	100,6	99,1	100,2	116,2
28/11/2018 08:52	08:52:00	102,6	100,0	98,9	101,0	101,5	102,5	104,1	101,4	101,0	101,1	116,0
28/11/2018 08:53	08:53:00	104,1	101,7	99,9	101,9	103,1	104,0	104,8	102,2	101,9	102,0	116,3
28/11/2018 08:54	08:54:00	104,8	102,5	100,3	102,7	103,8	104,6	106,0	103,0	102,8	102,8	116,2
28/11/2018 08:55	08:55:00	105,4	103,2	101,6	103,2	104,5	105,3	106,6	103,7	103,6	103,5	116,2
28/11/2018 08:56	08:56:00	106,0	103,9	102,4	104,8	105,1	105,9	107,7	104,4	104,4	104,2	116,2
28/11/2018 08:57	08:57:00	106,6	104,6	103,1	105,1	105,8	106,5	108,1	105,1	105,7	105,5	116,2
28/11/2018 08:58	08:58:00	107,1	105,2	104,0	106,0	106,3	107,0	109,8	106,6	106,4	107,9	116,1
28/11/2018 08:59	08:59:00	107,6	105,8	104,2	106,5	106,9	107,6	110,2	107,4	107,4	108,8	116,1
28/11/2018 09:00	09:00:00	108,1	106,4	105,6	106,1	107,4	108,0	110,5	108,2	107,9	109,2	116,1

28/11/2018 09:01	09:01:00	108,5	106,8	106,3	107,2	108,8	108,4	111,5	109,1	109,7	110,6	116,1
28/11/2018 09:02	09:02:00	109,3	108,8	108,4	107,7	108,1	109,4	111,7	110,2	110,1	110,9	116,1
28/11/2018 09:03	09:03:00	110,1	109,6	108,9	109,5	109,0	110,1	112,2	111,5	110,4	111,2	116,0
28/11/2018 09:04	09:04:00	110,4	110,0	109,4	109,9	109,5	110,5	112,9	112,0	111,4	112,0	116,0
28/11/2018 09:05	09:05:00	111,6	111,3	110,5	110,2	111,0	111,6	113,3	112,3	111,7	112,3	116,0
28/11/2018 09:06	09:06:00	112,2	111,6	110,9	111,2	111,3	111,9	113,8	112,7	112,2	112,7	116,0
28/11/2018 09:07	09:07:00	112,8	111,9	111,5	111,5	111,6	112,1	114,5	113,4	112,9	113,3	116,0
28/11/2018 09:08	09:08:00	113,0	112,6	112,4	112,0	112,5	112,8	114,6	113,8	113,2	113,6	116,0
28/11/2018 09:09	09:09:00	113,4	112,8	112,8	112,7	112,7	113,0	114,9	114,0	113,7	114,0	116,0
28/11/2018 09:10	09:10:00	113,9	113,2	113,4	113,1	113,1	113,4	115,0	114,4	114,5	114,7	116,0
28/11/2018 09:11	09:11:00	114,1	113,7	114,4	113,6	113,7	113,8	115,3	114,5	114,6	114,8	116,0
28/11/2018 09:12	09:12:00	114,5	114,0	114,5	114,4	114,0	114,1	115,4	115,0	114,9	115,1	116,0
28/11/2018 09:13	09:13:00	115,0	114,3	114,8	114,6	114,4	114,5	115,5	115,0	115,0	115,1	116,0
28/11/2018 09:14	09:14:00	115,1	114,9	114,9	114,8	115,0	115,0	115,5	115,1	115,3	115,4	116,0
28/11/2018 09:15	09:15:00	115,4	115,0	115,3	114,9	115,6	115,6	115,6	115,2	115,4	115,5	116,0
28/11/2018 09:16	09:16:00	115,6	115,2	115,3	115,3	115,6	115,6	115,6	115,3	115,4	115,5	115,8
28/11/2018 09:17	09:17:00	115,7	115,3	115,4	115,3	115,7	115,6	115,6	115,3	115,5	115,6	115,8
28/11/2018 09:18	09:18:00	115,8	115,5	115,4	115,4	115,8	115,8	115,7	115,4	115,5	115,6	115,8
28/11/2018 09:19	09:19:00	115,8	115,6	115,5	115,4	115,9	115,8	115,7	115,4	115,6	115,6	115,8

28/11/2018 09:20	09:20:00	115,9	115,6	115,5	115,4	115,9	115,8	115,7	115,5	115,6	115,7	115,6
28/11/2018 09:21	09:21:00	115,9	115,4	115,5	115,4	115,7	115,6	115,7	115,5	115,5	115,7	114,5
28/11/2018 09:22	09:22:00	115,8	115,2	115,5	115,2	115,3	115,2	115,5	115,3	115,1	115,3	113,5
28/11/2018 09:23	09:23:00	115,6	115,0	115,1	115,0	114,6	114,8	115,3	115,0	114,2	114,7	112,2
28/11/2018 09:24	09:24:00	115,2	114,7	114,8	114,8	114,2	114,6	115,0	114,2	113,7	114,1	111,7
28/11/2018 09:25	09:25:00	115,1	114,1	114,3	114,3	113,7	113,1	114,6	113,8	112,4	113,0	110,3
28/11/2018 09:26	09:26:00	114,2	113,0	113,8	113,8	112,5	111,8	113,8	112,5	112,0	111,0	109,5
28/11/2018 09:27	09:27:00	113,7	111,0	112,5	112,2	111,1	110,2	112,0	111,7	111,8	109,5	106,3
28/11/2018 09:28	09:28:00	112,4	109,5	111,7	110,6	109,4	109,5	110,6	109,5	109,4	107,3	103,4
28/11/2018 09:29	09:29:00	111,8	107,3	110,2	108,4	108,3	107,7	108,4	108,3	108,3	105,2	102,8
28/11/2018 09:30	09:30:00	109,4	105,6	108,3	106,3	107,2	106,8	106,2	106,4	107,1	103,9	99,3
28/11/2018 09:31	09:31:00	108,0	104,7	107,1	105,4	106,8	105,8	105,7	104,9	105,7	102,6	96,5
28/11/2018 09:32	09:32:00	107,2	102,0	105,4	103,9	105,3	104,7	104,2	103,3	104,0	101,1	93,1
28/11/2018 09:33	09:33:00	105,4	100,6	103,6	101,9	103,8	103,4	102,5	101,5	102,2	99,6	90,7
28/11/2018 09:34	09:34:00	103,8	98,1	101,1	99,8	100,4	100,4	100,6	99,5	100,2	98,3	85,3
28/11/2018 09:35	09:35:00	102,3	96,4	100,0	97,8	98,3	98,8	98,5	97,3	98,0	97,0	81,0
28/11/2018 09:36	09:36:00	100,7	94,3	99,0	95,9	95,9	97,2	96,2	95,6	95,5	95,7	80,2
28/11/2018 09:37	09:37:00	98,8	92,5	97,0	94,2	90,6	95,7	93,8	92,1	93,0	94,4	75,3
28/11/2018 09:38	09:38:00	96,8	88,6	95,1	92,5	87,3	93,5	91,7	90,4	90,8	92,0	73,1

28/11/2018 09:39	09:39:00	94,5	85,3	93,0	91,0	84,7	90,1	89,8	87,2	88,9	89,2	72,6
28/11/2018 09:40	09:40:00	89,6	84,7	90,0	89,7	79,6	87,3	88,1	84,2	85,6	83,5	70,3
28/11/2018 09:41	09:41:00	82,6	82,4	88,1	87,1	77,0	82,5	86,7	82,7	82,7	80,7	69,3
28/11/2018 09:42	09:42:00	79,8	79,0	84,6	84,8	75,4	80,3	85,4	80,4	80,1	78,0	65,0
28/11/2018 09:43	09:43:00	74,9	76,6	79,4	82,4	73,5	77,6	84,2	78,3	78,8	75,5	60,6
28/11/2018 09:44	09:44:00	68,8	74,0	72,2	79,2	70,7	73,9	80,6	76,4	73,9	72,1	58,4
28/11/2018 09:45	09:45:00	65,6	71,6	68,9	72,5	67,8	70,8	77,2	71,8	68,4	68,5	57,1
28/11/2018 09:46	09:46:00	63,0	66,4	64,3	68,4	65,3	63,1	73,0	68,3	62,7	62,7	47,8
28/11/2018 09:47	09:47:00	60,7	63,6	60,5	64,8	63,1	60,7	70,8	65,7	59,1	58,2	43,5
28/11/2018 09:48	09:48:00	59,4	61,2	56,3	60,5	61,9	58,3	68,7	62,8	54,8	52,6	39,8
28/11/2018 09:49	09:49:00	57,0	60,7	52,8	56,9	58,7	55,6	65,3	59,6	49,9	48,3	37,3
28/11/2018 09:50	09:50:00	55,8	57,3	48,4	54,1	55,3	53,2	61,2	56,1	42,8	41,9	37,1
28/11/2018 09:51	09:51:00	53,6	52,8	48,2	52,5	51,5	51,8	58,5	53,7	40,0	37,5	36,8
28/11/2018 09:52	09:52:00	50,3	48,4	48,0	51,3	49,7	49,5	55,9	51,4	38,6	36,4	36,6
28/11/2018 09:53	09:53:00	47,9	45,7	46,8	49,3	49,5	47,3	53,2	49,6	38,4	36,2	36,3
28/11/2018 09:54	09:54:00	45,6	42,3	46,6	47,7	49,3	47,0	50,7	47,3	38,2	36,0	36,0
28/11/2018 09:55	09:55:00	43,8	40,1	46,4	47,5	49,1	46,6	48,3	47,1	37,9	35,7	35,7
28/11/2018 09:56	09:56:00	43,6	39,8	46,2	47,3	48,3	45,8	48,0	46,8	37,7	35,5	35,4
28/11/2018 09:57	09:57:00	43,4	39,6	46,0	47,0	47,8	45,2	47,8	46,4	37,4	35,0	35,1
28/11/2018 09:58	09:58:00	43,2	39,4	45,8	46,8	47,2	45,0	47,5	45,3	37,0	34,5	34,7

**Anexo C: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 116°C por 60 min**

	Hora	M3T1081 0	M3T1173 3	M3T1304 6	M3T1721 7	M3T3105 6	M3T3981 0	M3T4021 8	M3T4023 3	M3T4026 2	M3T4879 1	T° Retorta
28/11/2018 12:32	12:32:00	20,1	17,9	15,9	14,8	18,3	19	16,7	17,2	16,9	16,5	28,3
28/11/2018 12:33	12:33:00	20,6	18,6	16,2	16,1	21,6	20,5	18,6	17,5	17,3	17,6	30,2
28/11/2018 12:34	12:34:00	21,3	19,2	17,4	17	22,5	21,3	19,1	18,3	17,9	18,3	32,5
28/11/2018 12:35	12:35:00	21,7	20,5	18	17,3	23,1	22,5	19,6	18,9	20,4	18,7	35,1
28/11/2018 12:36	12:36:00	22,4	21,6	19,3	18,5	23,4	23,7	20,2	19,4	20,8	19,7	40,6
28/11/2018 12:37	12:37:00	22,5	22,4	20,2	19,7	23,8	24,2	20,7	20,1	21,5	20,1	43,8
28/11/2018 12:38	12:38:00	22,8	23	21,5	20,3	24,3	24,6	21,4	20,4	22,5	20,6	52,6
28/11/2018 12:39	12:39:00	23,3	24,7	22,2	21	24,7	25	22,6	20,6	22,7	21,5	65,1
28/11/2018 12:40	12:40:00	23,6	25,3	22,6	22,5	24,9	25,3	23,7	21	23,1	21,9	76,7
28/11/2018 12:41	12:41:00	23,9	26,6	23,5	23,2	25,1	26,8	24,5	21,3	23,8	22,6	80,3
28/11/2018 12:42	12:42:00	24,5	27	24,1	23,9	25,3	28	27,9	22,8	24,4	24,7	83,1
28/11/2018 12:43	12:43:00	25,2	27,5	25,4	25,6	25,8	29,4	31,5	23,5	27,3	27,7	85
28/11/2018 12:44	12:44:00	26,7	30,6	26,8	27,2	26,2	30,2	32,3	24	30,5	30,9	88,2
28/11/2018 12:45	12:45:00	27,3	33,9	28,8	30,7	26,6	31,7	33,6	26,7	33,8	34,2	91,6
28/11/2018 12:46	12:46:00	28,4	37,2	30	34,1	29,2	32,3	34,2	29,2	37,1	37,5	95,6

28/11/2018 12:47	12:47:00	32,7	40,5	32,9	37,5	33	32,8	34,9	31,8	40,3	40,8	96,9
28/11/2018 12:48	12:48:00	39,7	44	35,9	40,8	36,8	33	37,4	34,5	43,5	43,9	98,9
28/11/2018 12:49	12:49:00	43,3	47,4	39	44	40,4	35,6	38,9	37,3	46,6	47,1	101
28/11/2018 12:50	12:50:00	46,9	50,7	42	47,2	44,1	38,4	42,4	40,1	49,6	50,1	105,1
28/11/2018 12:51	12:51:00	50,2	54	45,1	50,4	46,8	42,5	45,8	42,9	52,6	53,2	109,1
28/11/2018 12:52	12:52:00	53,4	57,1	48,1	53,6	47,5	49,6	49,1	45,7	55,6	56,2	112,5
28/11/2018 12:53	12:53:00	56,4	60,2	51,1	56,7	50,7	53,1	52,4	48,6	58,5	59,2	115,9
28/11/2018 12:54	12:54:00	59,4	63,2	54	59,7	53,7	56,3	55,6	51,5	61,4	62,2	116
28/11/2018 12:55	12:55:00	62,5	66,1	57	62,6	56,7	59,6	58,9	54,3	64,2	65	115,9
28/11/2018 12:56	12:56:00	65,7	68,9	59,9	65,4	59,8	63	62,2	57,1	66,9	67,7	116
28/11/2018 12:57	12:57:00	68,9	71,6	62,7	68	63	66,4	65,3	59,8	69,5	70,3	116,1
28/11/2018 12:58	12:58:00	71,9	74,1	65,4	70,5	66,2	69,7	68,2	62,5	71,9	72,7	116,1
28/11/2018 12:59	12:59:00	74,7	76,5	67,9	72,9	69,2	72,7	71	65	74,3	75	116
28/11/2018 13:00	13:00:00	77,2	78,8	70,5	75,2	72	75,5	73,6	67,5	76,5	77,2	116,2
28/11/2018 13:01	13:01:00	79,4	81	72,9	77,4	74,7	78,1	76,1	69,9	78,6	79,3	116
28/11/2018 13:02	13:02:00	81,5	83	75,2	79,5	77,1	80,4	78,3	72,2	80,6	81,3	116
28/11/2018 13:03	13:03:00	83,4	84,9	77,5	81,4	79,4	82,5	80,5	74,4	82,4	83,2	116,1
28/11/2018 13:04	13:04:00	85,1	86,7	79,6	83,3	81,5	84,5	82,5	76,6	84,2	84,9	116,1
28/11/2018 13:05	13:05:00	86,8	88,4	81,6	85	83,4	86,2	84,4	78,7	85,9	86,6	116

28/11/2018 13:06	13:06:00	88,3	90	83,6	86,7	85,3	87,9	86,1	80,6	87,5	88,2	116,1
28/11/2018 13:07	13:07:00	89,8	91,6	85,4	88,3	87	89,5	87,8	82,5	89	89,7	115,9
28/11/2018 13:08	13:08:00	91,2	93	87,1	89,8	88,6	91	89,4	84,3	90,5	91,1	116,2
28/11/2018 13:09	13:09:00	92,5	94,4	90,3	91,2	90,2	92,3	90,8	87,6	91,9	92,5	115,9
28/11/2018 13:10	13:10:00	93,8	95,7	91,8	92,6	91,6	93,6	92,2	89,2	93,2	93,8	116,1
28/11/2018 13:11	13:11:00	95	98	93,2	95,1	93	94,9	93,5	90,6	95,6	96,1	116,2
28/11/2018 13:12	13:12:00	96,1	99,1	94,5	96,2	94,3	96	94,8	92	96,7	97,2	116,2
28/11/2018 13:13	13:13:00	97,2	100,1	96,9	97,3	95,5	97,2	95,9	94,5	97,7	98,3	116,2
28/11/2018 13:14	13:14:00	98,2	101	99	98,3	96,6	98,2	97	96,8	98,7	99,2	116,2
28/11/2018 13:15	13:15:00	99,1	101,4	101	100,2	97,7	99,2	99	98,9	100,6	101	116,2
28/11/2018 13:16	13:16:00	100	101,7	101,9	102	98,7	100,1	100	99,9	102,2	102,7	116
28/11/2018 13:17	13:17:00	101,7	102,3	102,4	102,6	100,6	101,9	100,8	100,4	103,7	104,1	116,2
28/11/2018 13:18	13:18:00	102,5	102,8	102,7	103,3	101,5	102,6	101,7	100,9	104,4	104,8	116
28/11/2018 13:19	13:19:00	103,3	103,7	103,5	103,5	102,3	103,4	103,2	101,6	105,7	106	116,3
28/11/2018 13:20	13:20:00	104	104,1	104,6	104,2	103,1	104,1	104,6	102,5	106,9	107,1	116,2
28/11/2018 13:21	13:21:00	105,3	104,4	105	105,5	104,5	105,4	105,8	103,2	107,9	108,1	116,2
28/11/2018 13:22	13:22:00	106,5	105,7	106,3	106,7	105,8	106,6	106,4	104,6	108,9	109	116,2
28/11/2018 13:23	13:23:00	107,6	106,4	107,4	107,7	106,9	107,6	107,4	105,9	110,1	110,2	116,4
28/11/2018 13:24	13:24:00	108	107,6	108,9	108,7	107,4	108,1	108,4	107,5	111,1	111,2	116

28/11/2018 13:25	13:25:00	108,9	108,6	110,2	109,9	108,4	109	109,2	109	111,1	111,5	116,2
28/11/2018 13:26	13:26:00	109,7	109,5	110,5	110,9	109,3	109,7	110	109,4	112,6	112,5	116
28/11/2018 13:27	13:27:00	110,4	110,3	111	111,2	110	110,5	110,9	112,1	112,7	112,5	116,2
28/11/2018 13:28	13:28:00	111,1	111,3	112,3	111,7	110,7	111,1	111,8	112,5	112,9	112,7	116,3
28/11/2018 13:29	13:29:00	111,9	112,2	112,5	112,4	111,6	111,9	112	112,7	113	112,9	116,2
28/11/2018 13:30	13:30:00	112,3	112,5	112,7	112,7	112,3	112,6	112,3	112,9	113,2	113	116
28/11/2018 13:31	13:31:00	112,6	113,1	112,9	113,2	112,6	112,6	112,5	113	113,4	113,3	116,4
28/11/2018 13:32	13:32:00	112,8	113,7	113	113,5	113,2	113,2	112,6	113,3	113,6	113,5	116,2
28/11/2018 13:33	13:33:00	113,2	114,2	113,5	113,7	113,6	113,5	112,7	113,5	113,8	113,8	116,1
28/11/2018 13:34	13:34:00	113,5	114,4	113,9	113,9	114,1	113,7	112,9	113,7	114	113,9	116,1
28/11/2018 13:35	13:35:00	113,7	114,5	114,1	114,2	114,3	113,9	113	113,9	114,2	114,1	116,2
28/11/2018 13:36	13:36:00	113,9	114,7	114,3	114,4	114,5	114,2	113,2	114,1	114,4	114,2	116,3
28/11/2018 13:37	13:37:00	114	114,9	114,5	114,6	114,7	114,5	113,4	114,3	114,6	114,3	116,2
28/11/2018 13:38	13:38:00	114,3	115,2	114,7	114,8	114,9	114,6	113,6	114,4	114,8	114,4	116,1
28/11/2018 13:39	13:39:00	114,5	115,4	114,9	115	115,2	114,8	113,8	114,5	115	114,5	116
28/11/2018 13:40	13:40:00	114,7	114,6	115	115	115,4	115	114,1	114,6	115,2	114,7	116,1
28/11/2018 13:41	13:41:00	115	114,8	115,2	115,1	114,6	115	114,5	114,8	115,3	114,9	116,1
28/11/2018 13:42	13:42:00	115,2	115	115,3	115,2	114,8	115,1	114,7	115	115,3	115,1	105,9
28/11/2018 13:43	13:43:00	115,4	115,2	115,4	115,4	115,1	115,2	114,9	115,3	115,4	115,2	106

28/11/2018 13:44	13:44:00	115,6	115,3	115,4	115,4	115,3	115,2	115	115,5	115,5	115,3	116
28/11/2018 13:45	13:45:00	115,6	115,4	115,6	115,5	115,4	115,2	115,2	115,7	115,6	115,3	116
28/11/2018 13:46	13:46:00	115,7	115,6	115,7	115,6	115,6	115,3	115,3	115,8	115,7	115,4	116,1
28/11/2018 13:47	13:47:00	115,8	115,6	115,7	115,7	115,7	115,3	115,4	115,9	115,7	115,4	116,1
28/11/2018 13:48	13:48:00	116	115,7	115,8	115,9	115,7	115,4	115,4	116	115,8	115,5	116,1
28/11/2018 13:49	13:49:00	116	115,7	115,8	116	115,7	115,4	115,5	116	115,8	115,5	116,1
28/11/2018 13:50	13:50:00	116,1	115,8	115,8	116	115,8	115,5	115,5	116,1	115,9	115,6	116,1
28/11/2018 13:51	13:51:00	116,1	115,8	115,9	116,1	115,8	115,6	115,6	116,1	115,9	115,6	116
28/11/2018 13:52	13:52:00	116,2	115,9	115,9	116,1	115,9	115,7	115,6	116,1	116	115,7	116
28/11/2018 13:53	13:53:00	116,3	115,9	116	116,2	115,9	115,9	115,7	116,1	116	115,7	116
28/11/2018 13:54	13:54:00	116,1	116	116	116	115,9	116	115,8	116	116	115,8	115,6
28/11/2018 13:55	13:55:00	116	115,9	115,8	115,8	115,7	115,7	115,6	115,8	115,6	115,4	115,2
28/11/2018 13:56	13:56:00	115,8	115,7	115,6	115,6	115,5	115,5	115,4	115,3	115,1	115,2	114,8
28/11/2018 13:57	13:57:00	115,6	115,5	115,4	115,4	115,3	115,2	115,2	114,8	114,8	115	113,5
28/11/2018 13:58	13:58:00	115,4	115,3	115,1	115,2	115,1	114,9	115	114,2	114,2	114,7	111
28/11/2018 13:59	13:59:00	115,1	115,1	114,8	115	114,7	114,7	114,7	113	113,1	114,2	107,4
28/11/2018 14:00	14:00:00	114,8	114,9	114,6	114,8	113,4	114,5	114,5	112,6	112,5	113,6	105,6
28/11/2018 14:01	14:01:00	114,2	114,7	114,2	114,6	113,1	114,3	113,8	111,5	110,4	113,2	103,7
28/11/2018 14:02	14:02:00	113	114,5	114	114,2	112,8	114,1	111,4	110	109,1	112	101,2

28/11/2018 14:03	14:03:00	112,6	114,1	113,8	113,8	111,6	113,7	109,7	109,4	107,8	110,7	98,5
28/11/2018 14:04	14:04:00	112,5	112	113,5	112	111	111	106,2	109,2	106,4	110,1	93,6
28/11/2018 14:05	14:05:00	112,3	110	113,2	110,5	110,6	109,6	104,8	109	104,9	108,6	89,1
28/11/2018 14:06	14:06:00	112	108,6	111,5	109,6	109	107,2	103,2	108,7	103,3	107,1	85,3
28/11/2018 14:07	14:07:00	110,6	107,1	110	108,6	108,5	105,4	101,4	106,5	101,5	105,7	81
28/11/2018 14:08	14:08:00	108,8	105,7	109,5	107,5	106,8	103,8	99,2	105	99,5	104,2	80,2
28/11/2018 14:09	14:09:00	107,7	104	108,2	106,4	105,3	102,3	96,9	103,6	97,3	102,5	81,2
28/11/2018 14:10	14:10:00	106,8	102,2	106,9	105,2	103,8	100,7	94,3	102,3	95,6	100,6	82
28/11/2018 14:11	14:11:00	105,8	100,2	105,4	103,9	102,3	98,8	91,6	101,1	94	98,5	79,7
28/11/2018 14:12	14:12:00	104,7	98	103,9	102,6	100,4	96,8	89,6	100	92,1	96,2	75,3
28/11/2018 14:13	14:13:00	103,4	95,5	101,9	101,1	98,3	94,5	88	99	90,4	93,8	67
28/11/2018 14:14	14:14:00	102	93	99,8	99,6	95,9	92,1	86,8	98	88,8	91,7	59,7
28/11/2018 14:15	14:15:00	100,4	90,8	97,8	98,3	93,3	89,6	86	97	87,2	89,8	54,2
28/11/2018 14:16	14:16:00	98,8	88,9	95,9	97	90,6	87,6	85,3	95,1	85,8	88,1	47,8
28/11/2018 14:17	14:17:00	97,2	87,2	94,2	95,7	88,7	85,7	84,7	93	84,2	86,7	43,5
28/11/2018 14:18	14:18:00	95,7	85,6	92,5	94,4	87,3	84,1	84	91,6	82,7	85,4	46,7
28/11/2018 14:19	14:19:00	94,5	84,1	91	93,3	85,9	82,6	83,2	90	80,4	84,2	45,8
28/11/2018 14:20	14:20:00	93,5	82,7	89,7	92	84,7	79,8	82,4	88,1	78,3	83	39,4
28/11/2018 14:21	14:21:00	92,4	81,3	88,4	89,2	82,2	77,1	80,2	85,3	76,4	81,7	35,5

28/11/2018 14:22	14:22:00	88,8	78,8	85,9	86	79,6	76	76,6	83,4	74,1	79,5	33,1
28/11/2018 14:23	14:23:00	87,3	71,6	83,6	83,5	78,4	74,9	74	80,6	71,8	77,2	30,4
28/11/2018 14:24	14:24:00	86	69,4	82,4	80,7	77	74	71,6	75,3	70,7	75,2	30,4
28/11/2018 14:25	14:25:00	82,5	67,5	81	78	75,4	72,2	66,4	61,9	67,8	73	30,2
28/11/2018 14:26	14:26:00	80,3	65,2	79,2	75,5	73,5	68,8	62,5	59,1	65,3	70,8	30,2
28/11/2018 14:27	14:27:00	77,6	62,8	73,6	71,8	70,7	65,6	58,2	56,4	63,1	68,7	30,2
28/11/2018 14:28	14:28:00	73,9	59,1	68,2	68,4	67,8	63	53,7	52,7	59,2	61,7	30,1
28/11/2018 14:29	14:29:00	70,8	56,4	61,7	63,2	65,3	60,7	51,4	49,9	56,1	55	30,1
28/11/2018 14:30	14:30:00	68,2	52,7	55	61,6	63,1	58,2	49,6	47,2	52,8	51,8	30
28/11/2018 14:31	14:31:00	65,9	49,9	51,8	58,3	59,2	55,3	46,1	45,8	48,4	49,6	30
28/11/2018 14:32	14:32:00	60,4	47,2	49,6	55,5	56,1	51,8	44,4	43,1	45,3	47,3	30
28/11/2018 14:33	14:33:00	56,3	45,8	47,3	51,3	52,8	48,5	42,7	42,7	45,1	45,7	29,9
28/11/2018 14:34	14:34:00	52,1	43,1	45,7	48,1	48,4	48,3	40,3	42,5	45	41,8	29,7
28/11/2018 14:35	14:35:00	49,1	42,7	41,8	48	48,2	48,1	39,8	42,3	44,8	38,2	29,6
28/11/2018 14:36	14:36:00	48,8	42,5	41,6	47,8	48	48	39,6	42,1	44,6	38,1	29,6
28/11/2018 14:37	14:37:00	48,6	42,3	41,4	47,6	47,8	47,8	39,4	42	44,4	37,8	29,6
28/11/2018 14:38	14:38:00	48,4	42,1	41,2	46,4	47,6	47,6	39,2	41,8	44,1	37,6	29,6
28/11/2018 14:39	14:39:00	48,2	42	41	46,2	47,4	47,4	39	41,6	43,8	37,4	29,6
28/11/2018 14:40	14:40:00	48	41,8	40,8	46,1	47,2	47,1	38,8	41,2	43,4	37,1	29,6
28/11/2018 14:41	14:41:00	46,8	41,6	40,6	45,8	46,6	46,7	38,5	39,8	43,1	37	29,6

**Anexo D: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 116°C por 70 min**

	Hora	M3T2088 9 T	M3T3980 9 T	M4T1065 0 T	M4T1657 8 T	M4T1085 0 T	M4T1085 1 T	M4T1063 4 T	M4T1063 5 T	M4T1063 7 T	M4T1063 8 T	T° Retort a
28/11/2018	16:12:00	21,9	18,3	15,1	14,5	17,9	18	16,5	16	16,7	16,7	30,2
28/11/2018	16:13:00	27,1	21,6	15,3	15,1	18,6	22	17,6	17	17,8	18,6	33
28/11/2018	16:14:00	31,6	25,3	15,7	16,5	20,1	26,1	19,5	19	19,5	21,3	35,6
28/11/2018	16:15:00	35,8	29,2	16,4	18,5	22,2	30,2	21,9	20,6	21,8	24,5	37,3
28/11/2018	16:16:00	39,7	33	17,5	21	24,7	34,3	24,7	22,4	24,4	27,9	41
28/11/2018	16:17:00	43,3	36,8	18,9	23,9	27,5	38,3	27,7	24,4	27,3	31,5	42,6
28/11/2018	16:18:00	46,9	40,4	20,6	27,2	30,6	42,2	30,9	26,7	30,5	35,2	45,8
28/11/2018	16:19:00	50,2	44,1	22,6	30,7	33,9	46	34,2	29,2	33,8	38,9	53,4
28/11/2018	16:20:00	53,4	47,5	24,8	34,1	37,2	49,6	37,5	31,8	37,1	42,4	60,2
28/11/2018	16:21:00	56,4	50,7	27,3	37,5	40,5	53,1	40,8	34,5	40,3	45,8	66,3
28/11/2018	16:22:00	59,4	53,7	30	40,8	44	56,3	43,9	37,3	43,5	49,1	71,6
28/11/2018	16:23:00	62,5	56,7	32,9	44	47,4	59,6	47,1	40,1	46,6	52,4	77,2
28/11/2018	16:24:00	65,7	59,8	35,9	47,2	50,7	63	50,1	42,9	49,6	55,6	81,8
28/11/2018	16:25:00	68,9	63	39	50,4	54	66,4	53,2	45,7	52,6	58,9	85
28/11/2018	16:26:00	71,9	66,2	42	53,6	57,1	69,7	56,2	48,6	55,6	62,2	88,2
28/11/2018	16:27:00	74,7	69,2	45,1	56,7	60,2	72,7	59,2	51,5	58,5	65,3	91,6

28/11/2018 16:28	16:28:00	77,2	72	48,1	59,7	63,2	75,5	62,2	54,3	61,4	68,2	95,6
28/11/2018 16:29	16:29:00	79,4	74,7	51,1	62,6	66,1	78,1	65	57,1	64,2	71	96,9
28/11/2018 16:30	16:30:00	81,5	77,1	54	65,4	68,9	80,4	67,7	59,8	66,9	73,6	98,9
28/11/2018 16:31	16:31:00	83,4	79,4	57	68	71,6	82,5	70,3	62,5	69,5	76,1	101
28/11/2018 16:32	16:32:00	85,1	81,5	59,9	70,5	74,1	84,5	72,7	65	71,9	78,3	105,1
28/11/2018 16:33	16:33:00	86,8	83,4	62,7	72,9	76,5	86,2	75	67,5	74,3	80,5	109,1
28/11/2018 16:34	16:34:00	88,3	85,3	65,4	75,2	78,8	87,9	77,2	69,9	76,5	82,5	112,5
28/11/2018 16:35	16:35:00	89,8	87	67,9	77,4	81	89,5	79,3	72,2	78,6	84,4	114,9
28/11/2018 16:36	16:36:00	91,2	88,6	70,5	79,5	83	91	81,3	74,4	80,6	86,1	115,8
28/11/2018 16:37	16:37:00	92,5	90,2	72,9	81,4	84,9	92,3	83,2	76,6	82,4	87,8	116
28/11/2018 16:38	16:38:00	93,8	91,6	75,2	83,3	86,7	93,6	84,9	78,7	84,2	89,4	115,9
28/11/2018 16:39	16:39:00	95	93	77,5	85	88,4	94,9	86,6	80,6	85,9	90,8	116
28/11/2018 16:40	16:40:00	96,1	94,3	79,6	86,7	90	96	88,2	82,5	87,5	92,2	116,1
28/11/2018 16:41	16:41:00	97,2	95,5	81,6	88,3	91,6	97,2	89,7	84,3	89	93,5	116,1
28/11/2018 16:42	16:42:00	98,2	96,6	83,6	89,8	93	98,2	91,1	86	90,5	94,8	116
28/11/2018 16:43	16:43:00	99,1	97,7	85,4	91,2	94,4	99,2	92,5	87,6	91,9	95,9	116,2
28/11/2018 16:44	16:44:00	100	98,7	87,1	92,6	95,7	100,1	93,8	89,2	93,2	97	116
28/11/2018 16:45	16:45:00	100,9	99,7	88,8	93,8	96,9	101	95	90,6	94,4	98,1	116
28/11/2018 16:46	16:46:00	101,7	100,6	90,3	95,1	98	101,9	96,1	92	95,6	99	116,1

28/11/2018 16:47	16:47:00	102,5	101,5	91,8	96,2	99,1	102,6	97,2	93,3	96,7	100	116,1
28/11/2018 16:48	16:48:00	103,3	102,3	93,2	97,3	100,1	103,4	98,3	94,5	97,7	100,8	116
28/11/2018 16:49	16:49:00	104	103,1	94,5	98,3	101	104,1	99,2	95,7	98,7	101,7	116,1
28/11/2018 16:50	16:50:00	104,6	103,8	95,7	99,3	101,9	104,8	100,2	96,8	99,7	102,5	115,9
28/11/2018 16:51	16:51:00	105,3	104,5	96,9	100,2	102,8	105,4	101	97,9	100,6	103,2	116,2
28/11/2018 16:52	16:52:00	105,9	105,1	98	101,1	103,6	106	101,9	98,9	101,4	103,9	115,9
28/11/2018 16:53	16:53:00	106,5	105,8	99	102	104,4	106,6	102,7	99,9	102,2	104,6	116,1
28/11/2018 16:54	16:54:00	107	106,3	100	102,8	105,1	107,1	103,4	100,8	103	105,2	116,2
28/11/2018 16:55	16:55:00	107,6	106,9	101	103,5	105,7	107,6	104,1	101,6	103,7	105,8	116,2
28/11/2018 16:56	16:56:00	108	107,4	101,9	104,2	106,4	108,1	104,8	102,4	104,4	106,4	116,2
28/11/2018 16:57	16:57:00	108,5	107,9	102,7	104,9	107	108,5	105,4	103,2	105,1	106,9	116,2
28/11/2018 16:58	16:58:00	108,9	108,4	103,5	105,5	107,6	109	106	103,9	105,7	107,4	116,2
28/11/2018 16:59	16:59:00	109,3	108,8	104,2	106,1	108,1	109,4	106,6	104,6	106,3	107,9	116
28/11/2018 17:00	17:00:00	109,7	109,3	105	106,7	108,6	109,7	107,1	105,3	106,9	108,4	116,2
28/11/2018 17:01	17:01:00	110,1	109,6	105,6	107,2	109	110,1	107,7	105,9	107,4	108,8	116
28/11/2018 17:02	17:02:00	110,4	110	106,3	107,7	109,5	110,5	108,1	106,5	107,9	109,2	116,3
28/11/2018 17:03	17:03:00	110,8	110,4	106,8	108,2	109,9	110,8	108,6	107	108,4	109,6	116,2
28/11/2018 17:04	17:04:00	111,1	110,7	107,4	108,7	110,3	111,1	109	107,5	108,9	110	116,2
28/11/2018 17:05	17:05:00	111,4	111	107,9	109,1	110,7	111,4	109,4	108	109,3	110,3	116,2

28/11/2018 17:06	17:06:00	111,6	111,3	108,4	109,5	111	111,6	109,8	108,5	109,7	110,6	116,4
28/11/2018 17:07	17:07:00	111,9	111,6	108,9	109,9	111,3	111,9	110,2	109	110,1	110,9	116
28/11/2018 17:08	17:08:00	112,2	111,9	109,4	110,2	111,6	112,1	110,5	109,4	110,4	111,2	116,2
28/11/2018 17:09	17:09:00	112,4	112,1	109,8	110,6	111,9	112,4	110,9	109,8	110,8	111,5	116
28/11/2018 17:10	17:10:00	112,6	112,3	110,2	110,9	112,2	112,6	111,2	110,2	111,1	111,8	116,2
28/11/2018 17:11	17:11:00	112,8	112,6	110,5	111,2	112,5	112,8	111,5	110,5	111,4	112	116,3
28/11/2018 17:12	17:12:00	113	112,8	110,9	111,5	112,7	113	111,7	110,8	111,7	112,3	116,2
28/11/2018 17:13	17:13:00	113,2	113	111,2	111,8	112,9	113,2	112	111,2	111,9	112,5	116
28/11/2018 17:14	17:14:00	113,4	113,2	111,5	112	113,1	113,4	112,2	111,5	112,2	112,7	116,4
28/11/2018 17:15	17:15:00	113,5	113,3	111,8	112,3	113,3	113,5	112,5	111,7	112,4	112,9	116,2
28/11/2018 17:16	17:16:00	113,7	113,5	112,1	112,5	113,5	113,7	112,7	112	112,6	113,1	116,1
28/11/2018 17:17	17:17:00	113,9	113,7	112,4	112,7	113,7	113,8	112,9	112,3	112,9	113,3	116
28/11/2018 17:18	17:18:00	114	113,8	112,6	112,9	113,9	114	113,1	112,5	113,1	113,4	116,3
28/11/2018 17:19	17:19:00	114,1	114	112,8	113,1	114	114,1	113,3	112,7	113,2	113,6	116,2
28/11/2018 17:20	17:20:00	114,3	114,1	113,1	113,3	114,2	114,2	113,5	112,9	113,4	113,7	116,2
28/11/2018 17:21	17:21:00	114,4	114,2	113,3	113,5	114,3	114,3	113,6	113,1	113,6	113,9	116,1
28/11/2018 17:22	17:22:00	114,5	114,3	113,4	113,6	114,4	114,5	113,8	113,3	113,7	114	116,1
28/11/2018 17:23	17:23:00	114,6	114,4	113,6	113,8	114,6	114,6	113,9	113,5	113,9	114,2	116,1
28/11/2018 17:24	17:24:00	114,7	114,5	113,8	113,9	114,7	114,7	114,1	113,7	114	114,3	116,1

28/11/2018 17:25	17:25:00	114,8	114,6	113,9	114,1	114,8	114,7	114,2	113,8	114,2	114,4	116,1
28/11/2018 17:26	17:26:00	114,9	114,7	114,1	114,2	114,9	114,8	114,3	114	114,3	114,5	116,1
28/11/2018 17:27	17:27:00	115	114,8	114,2	114,3	114,9	114,9	114,4	114,1	114,4	114,6	116,1
28/11/2018 17:28	17:28:00	115	114,9	114,4	114,4	115	115	114,5	114,2	114,5	114,7	116,2
28/11/2018 17:29	17:29:00	115,1	115	114,5	114,6	115,1	115,1	114,6	114,4	114,6	114,8	116,3
28/11/2018 17:30	17:30:00	115,2	115,1	114,6	114,7	115,2	115,1	114,7	114,5	114,7	114,9	116,3
28/11/2018 17:31	17:31:00	115,3	115,1	114,7	114,7	115,2	115,2	114,8	114,6	114,8	115	116,5
28/11/2018 17:32	17:32:00	115,3	115,2	114,8	114,8	115,3	115,3	114,9	114,7	114,9	115,1	116
28/11/2018 17:33	17:33:00	115,4	115,3	114,9	114,9	115,4	115,3	115	114,8	115	115,1	116,1
28/11/2018 17:34	17:34:00	115,4	115,4	115	115	115,4	115,4	115,1	114,9	115,1	115,2	116,2
28/11/2018 17:35	17:35:00	115,5	115,5	115,1	115,1	115,5	115,4	115,1	115	115,1	115,3	116,3
28/11/2018 17:36	17:36:00	115,6	115,5	115,1	115,1	115,5	115,5	115,2	115	115,2	115,3	116,4
28/11/2018 17:37	17:37:00	115,6	115,6	115,2	115,2	115,6	115,5	115,3	115,1	115,3	115,4	116
28/11/2018 17:38	17:38:00	115,7	115,6	115,3	115,3	115,6	115,6	115,3	115,2	115,3	115,4	116,2
28/11/2018 17:39	17:39:00	115,7	115,6	115,3	115,3	115,6	115,6	115,4	115,3	115,4	115,5	116,3
28/11/2018 17:40	17:40:00	115,8	115,7	115,4	115,4	115,7	115,6	115,5	115,3	115,4	115,5	116
28/11/2018 17:41	17:41:00	115,8	115,7	115,4	115,4	115,7	115,7	115,5	115,4	115,5	115,6	116,1
28/11/2018 17:42	17:42:00	115,8	115,7	115,5	115,5	115,8	115,7	115,6	115,4	115,5	115,6	116,3
28/11/2018 17:43	17:43:00	115,9	115,8	115,6	115,5	115,8	115,7	115,6	115,5	115,6	115,6	116,5

28/11/2018 17:44	17:44:00	116	115,9	115,6	115,6	115,9	115,8	115,6	115,5	115,6	115,7	116,1
28/11/2018 17:45	17:45:00	116	116	115,6	115,6	115,9	115,8	115,7	115,5	115,7	115,7	116,3
28/11/2018 17:46	17:46:00	116	116	115,7	115,7	116	115,8	115,7	115,6	115,7	115,7	116
28/11/2018 17:47	17:47:00	116	115,8	115,7	115,7	116	115,8	115,7	115,4	115,7	115,7	116,2
28/11/2018 17:48	17:48:00	115,9	115,8	115,8	115,7	115,9	115,7	115,7	115,2	115,7	115,5	116,1
28/11/2018 17:49	17:49:00	115,9	115,7	115,8	115,2	115,9	115,6	115,7	115,1	115,5	115,3	116,1
28/11/2018 17:50	17:50:00	115,8	115,4	115,7	115	115,6	115,5	115,5	114,8	115,3	115,1	116
28/11/2018 17:51	17:51:00	115,6	115	115,6	114,6	115,4	115,1	115,3	114,6	115,1	114,8	115,7
28/11/2018 17:51	17:51:59	115	114,5	115,4	114,3	115,2	114,8	115	114,2	114,8	114,5	115,5
28/11/2018 17:52	17:52:59	114,6	114,1	115,2	114	114,8	114,4	114,8	114	114,6	114,1	115,2
28/11/2018 17:53	17:53:59	114,4	113,8	115	113,8	114,6	114,2	114,6	113,7	114,4	113,8	115
28/11/2018 17:54	17:54:59	114	113,6	114,5	113,6	114,4	113,8	114,5	113,5	114,2	113,6	114,8
28/11/2018 17:55	17:55:59	113,8	113,4	114,1	113,4	114,1	113,3	114,3	113,3	114	113,4	114,6
28/11/2018 17:56	17:56:59	112,7	113,2	113,8	113,2	113,8	112,9	114,1	113,1	113,7	113,2	114,3
28/11/2018 17:57	17:57:59	111,3	112	113,6	113	113,6	111,2	113,7	112,8	113,5	113,1	114,1
28/11/2018 17:58	17:58:59	109,9	110,3	113,4	112,8	113,2	109,3	113,2	112,7	112,8	111,4	113,5
28/11/2018 17:59	17:59:59	108,8	108,5	113,2	112,6	112,5	107,2	111,7	112,6	112	109,5	85,3
28/11/2018 18:00	18:00:59	107,7	106,8	113	112,3	111,3	105,4	110,1	112,4	110,6	107,8	81
28/11/2018 18:01	18:01:59	106,8	105,3	112,8	111,4	110	103,8	108,6	112	109,1	106,2	80,2

28/11/2018 18:02	18:02:59	105,8	103,8	111,8	110,5	108,6	102,3	107,1	111,8	107,8	104,8	81,2
28/11/2018 18:03	18:03:59	104,7	102,3	110,7	109,6	107,1	100,7	105,7	111,5	106,4	103,2	82
28/11/2018 18:04	18:04:59	103,4	100,4	109,5	108,6	105,7	98,8	104,2	111,2	104,9	101,4	79,7
28/11/2018 18:05	18:05:59	102	98,3	108,2	107,5	104	96,8	102,5	110,3	103,3	99,2	75,3
28/11/2018 18:06	18:06:59	100,4	95,9	106,9	106,4	102,2	94,5	100,6	109,4	101,5	96,9	67
28/11/2018 18:07	18:07:59	98,8	93,3	105,4	105,2	100,2	92,1	98,5	108,3	99,5	94,3	59,7
28/11/2018 18:08	18:08:59	97,2	90,6	103,9	103,9	98	89,6	96,2	106,5	97,3	91,6	54,2
28/11/2018 18:09	18:09:59	95,7	88,7	101,9	102,6	95,5	87,6	93,8	105	95,6	89,6	47,8
28/11/2018 18:10	18:10:59	94,5	87,3	99,8	101,1	93	85,7	91,7	103,6	94	88	43,5
28/11/2018 18:11	18:11:59	93,5	85,9	97,8	99,6	90,8	84,1	89,8	102,3	92,1	86,8	46,7
28/11/2018 18:12	18:12:59	92,4	84,7	95,9	98,3	88,9	82,6	88,1	101,1	90,4	86	54,6
28/11/2018 18:13	18:13:59	91,2	83,4	94,2	97	87,2	81,2	86,7	100	88,8	85,3	45,8
28/11/2018 18:14	18:14:59	90,1	82,2	92,5	95,7	85,6	79,8	85,4	99	87,2	84,7	39,4
28/11/2018 18:15	18:15:59	88,8	80,8	91	94,4	84,1	78,4	84,2	98	85,8	84	35,5
28/11/2018 18:16	18:16:59	87,3	79,6	89,7	93,3	82,7	77,1	83	97	84,2	83,2	30,2
28/11/2018 18:17	18:17:59	86	78,4	88,4	92	81,3	76	81,7	96,1	82,7	82,4	30,1
28/11/2018 18:18	18:18:59	82,5	77	87,1	90,5	80,1	74,9	80,6	95,1	81,4	81,4	30,2
28/11/2018 18:19	18:19:59	80,3	75,4	85,9	89,2	78,8	74	79,5	94,1	80,4	80,2	30,3
28/11/2018 18:20	18:20:59	77,6	73,5	84,8	88	73,9	72,2	78,6	93	79,6	79	30,3

28/11/2018 18:21	18:21:59	73,9	70,7	83,6	86	59,1	68,8	77,2	91,6	78,3	76,6	30,4
28/11/2018 18:22	18:22:59	70,8	67,8	82,4	83,5	49,9	65,6	75,2	90	76,4	74	30,4
28/11/2018 18:23	18:23:59	68,2	65,3	81	80,7	42,8	63	73	88,1	74,1	71,6	29,3
28/11/2018 18:24	18:24:59	65,9	63,1	79,2	78	39	60,7	70,8	61,9	71,8	66,4	29,6
28/11/2018 18:25	18:25:59	49,1	34,9	55	75,5	36,6	60,8	68,7	27,1	44,9	40,7	29,8
28/11/2018 18:26	18:26:59	25,5	26,5	25,5	25,8	26,4	26,7	26,9	26	27,3	26,6	29,9
28/11/2018 18:27	18:27:59	24,8	24,9	26,7	26,5	28,7	26,3	25	24,9	25,3	24,9	28,1
28/11/2018 18:28	18:28:59	24,8	24,8	26,5	24,7	26,9	28,9	25	24,7	24,5	24,7	28,1
28/11/2018 18:29	18:29:59	24,7	24,7	26	25	26,2	26,2	27,9	24,6	25	25,6	28,2
28/11/2018 18:30	18:30:59	24,7	25,3	27,6	30,5	25,7	26,4	25,1	24,4	24,9	24,7	28,7
28/11/2018 18:31	18:31:59	24,6	27,5	27,6	27,8	24,7	31,5	24,8	24,8	24,8	24,5	27,9
28/11/2018 18:32	18:32:59	25,6	24,8	26,5	28,2	28,1	29,2	27,6	24,8	24,9	24,7	27,9
28/11/2018 18:33	18:33:59	31,2	24,8	24,5	24,8	24,5	28,7	24,6	25,3	24,7	28,1	27,9
28/11/2018 18:34	18:34:59	25,2	25,3	24,5	24,3	24,4	26,5	25,2	25,4	24,6	25	27,9
28/11/2018 18:35	18:35:59	25	25,6	24,8	24,9	24,7	27,4	25,7	25,5	24,7	23,8	27,9
28/11/2018 18:36	18:36:59	25,8	25,8	25,2	25,3	25,4	28,1	25,9	25	24,9	32,1	27,9

**Anexo E: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 118°C por 50 min**

	Hora	M3T1081 0	M3T1173 3	M3T1304 6	M3T1721 7	M3T3105 6	M3T3981 0	M3T4021 8	M3T4023 3	M3T4026 2	M3T4879 1	T° Retorta
29/11/2018	08:27:00	16,1	14,2	16,7	14,2	14,2	13,5	14,9	13,2	17,0	14,1	27,2
29/11/2018	08:28:00	16,6	14,8	17,2	14,9	14,6	14,3	15,5	13,8	17,4	14,9	29,0
29/11/2018	08:29:00	16,8	15,0	17,4	15,4	15,4	14,7	16,2	14,0	17,6	15,2	32,5
29/11/2018	08:30:00	17,0	15,4	17,6	15,8	15,9	15,5	16,5	14,2	17,8	15,8	36,9
29/11/2018	08:31:00	17,5	16,6	17,8	16,6	16,3	16,2	16,9	15,6	18,0	16,6	42,1
29/11/2018	08:32:00	17,9	17,2	17,9	17,2	17,0	16,9	17,2	16,8	18,1	17,0	50,0
29/11/2018	08:33:00	18,0	17,4	18,0	17,2	17,1	17,0	17,3	16,9	18,2	17,3	58,0
29/11/2018	08:34:00	18,0	17,5	18,0	17,3	17,2	17,3	17,4	17,1	18,3	17,4	62,7
29/11/2018	08:35:00	18,1	17,6	18,1	17,3	17,3	17,4	17,4	17,2	18,3	17,5	69,0
29/11/2018	08:36:00	18,1	17,6	18,1	17,4	17,4	17,4	17,5	17,3	18,4	17,5	72,2
29/11/2018	08:37:00	18,2	17,7	18,2	17,5	17,4	17,5	17,7	17,4	18,6	17,6	82,4
29/11/2018	08:38:00	18,2	17,8	18,2	17,5	17,5	17,7	18,4	17,4	18,8	17,6	86,2
29/11/2018	08:39:00	18,3	17,8	18,3	17,6	17,6	17,8	18,6	17,6	19,0	17,7	89,4
29/11/2018	08:40:00	18,6	17,9	18,6	17,7	17,8	18,0	19,2	18,1	19,2	18,2	93,0
29/11/2018	08:41:00	19,2	18,0	19,2	18,0	17,9	18,2	19,6	19,2	20,7	19,0	96,3
29/11/2018	08:42:00	20,4	18,2	20,4	18,3	18,4	18,6	21,3	20,8	23,0	20,5	97,2
29/11/2018	08:43:00	22,1	19,1	22,1	19,5	19,3	19,2	23,5	23,8	25,8	22,4	99,7

29/11/2018 08:44:00	24,1	20,1	24,1	21,1	20,5	20,4	25,7	25,3	28,9	24,7	103,0
29/11/2018 08:45:00	26,4	23,1	26,4	22,8	22,0	21,9	28,3	27,9	32,2	27,3	107,0
29/11/2018 08:46:00	29,0	25,1	29,0	24,8	23,7	23,6	28,5	30,7	35,5	30,1	110,7
29/11/2018 08:47:00	31,7	27,3	31,7	27,1	25,2	26,3	31,3	34,2	38,9	33,1	113,8
29/11/2018 08:48:00	34,5	29,8	34,5	29,5	28,0	28,0	34,2	36,5	42,2	36,0	116,0
29/11/2018 08:49:00	37,4	30,5	37,4	32,1	30,5	30,4	37,1	39,4	45,4	39,0	117,9
29/11/2018 08:50:00	38,3	32,4	38,2	33,5	31,6	31,6	38,4	40,2	46,3	40,2	118,1
29/11/2018 08:51:00	39,6	35,1	39,5	34,7	32,3	32,7	39,2	41,7	47,8	41,3	118,0
29/11/2018 08:52:00	40,2	37,9	40,2	35,8	33,1	33,1	40,0	42,3	48,5	41,9	118,0
29/11/2018 08:53:00	43,1	40,8	43,1	37,5	35,9	35,8	42,9	45,2	51,5	44,9	117,9
29/11/2018 08:54:00	46,1	43,7	46,1	40,3	38,7	38,6	45,8	48,1	54,5	47,8	118,2
29/11/2018 08:55:00	49,0	46,6	49,0	43,2	41,5	41,4	48,8	51,0	57,5	50,7	118,1
29/11/2018 08:56:00	52,0	49,6	52,0	46,2	44,4	44,3	51,7	53,9	60,4	53,7	118,1
29/11/2018 08:57:00	55,0	52,5	55,0	49,1	47,3	47,1	54,6	56,9	63,4	56,7	118,3
29/11/2018 08:58:00	58,0	55,5	58,0	52,1	50,4	50,1	57,5	59,8	66,3	59,6	117,9
29/11/2018 08:59:00	61,0	58,4	61,0	55,1	53,4	53,0	60,4	62,7	69,1	62,6	118,4
29/11/2018 09:00:00	63,9	61,2	63,9	58,1	57,1	56,0	63,3	66,4	71,8	65,4	118,0
29/11/2018 09:01:00	66,7	63,9	66,7	61,1	59,5	58,9	66,1	68,3	74,3	68,1	118,1
29/11/2018 09:02:00	69,3	66,6	69,3	63,9	62,5	61,8	68,8	71,0	76,7	70,8	118,1

29/11/2018 09:03:00	71,9	69,1	71,9	66,7	65,4	64,6	71,4	73,5	79,0	73,3	118,2
29/11/2018 09:04:00	74,4	71,7	74,4	69,4	68,2	67,2	73,9	75,9	81,1	75,7	118,3
29/11/2018 09:05:00	76,8	74,1	76,8	72,0	70,8	69,8	76,3	78,2	83,2	78,0	118,1
29/11/2018 09:06:00	79,0	76,4	79,0	74,5	73,4	72,3	78,6	80,4	85,1	80,1	118,0
29/11/2018 09:07:00	81,1	78,7	81,1	76,9	75,8	74,8	80,8	82,5	86,9	82,2	118,4
29/11/2018 09:08:00	83,1	80,9	83,1	79,3	78,2	77,1	82,8	84,4	88,6	84,1	118,3
29/11/2018 09:09:00	85,0	82,9	85,0	81,5	80,4	79,3	84,8	86,3	90,2	86,0	118,1
29/11/2018 09:10:00	86,8	84,9	86,8	83,6	82,6	81,4	86,7	88,0	91,7	87,7	118,2
29/11/2018 09:11:00	88,5	86,7	88,5	85,5	84,6	83,4	88,4	89,7	93,1	89,4	118,4
29/11/2018 09:12:00	90,2	88,5	90,2	87,4	86,5	85,3	90,1	91,3	94,4	90,9	118,2
29/11/2018 09:13:00	91,7	90,1	91,7	89,1	88,3	87,1	91,6	92,8	95,7	92,4	118,4
29/11/2018 09:14:00	93,2	91,7	93,2	90,7	89,9	88,8	93,1	94,2	96,9	93,8	118,2
29/11/2018 09:15:00	94,5	93,2	94,5	92,3	91,5	90,5	94,5	95,5	98,0	95,2	118,1
29/11/2018 09:16:00	95,9	94,6	95,9	93,7	93,0	92,0	95,9	96,8	99,1	96,4	118,0
29/11/2018 09:17:00	97,1	95,9	97,1	95,1	94,5	93,4	97,1	98,0	100,3	97,6	118,4
29/11/2018 09:18:00	98,3	97,1	98,3	96,4	95,8	94,8	98,3	99,1	101,3	98,7	118,4
29/11/2018 09:19:00	99,4	99,4	99,4	97,7	97,1	96,1	99,4	100,2	102,2	99,8	118,3
29/11/2018 09:20:00	100,4	101,5	100,4	98,8	98,3	97,3	100,5	101,2	103,1	100,8	118,4
29/11/2018 09:21:00	102,3	103,3	102,3	100,9	100,5	99,6	102,4	103,1	105,5	102,7	118,4

29/11/2018 09:22:00	104,0	104,2	104,0	102,8	102,4	101,6	104,1	104,8	106,8	104,3	118,0
29/11/2018 09:23:00	105,6	105,0	105,6	104,5	104,1	103,5	105,7	106,3	108,0	105,8	118,1
29/11/2018 09:24:00	106,9	107,1	106,9	106,0	105,7	105,1	107,0	107,6	109,1	107,2	118,2
29/11/2018 09:25:00	108,7	108,4	108,7	108,0	107,7	107,2	108,8	109,4	110,6	108,9	118,2
29/11/2018 09:26:00	110,7	109,5	110,7	110,2	109,9	109,6	110,8	111,3	112,5	110,8	118,4
29/11/2018 09:27:00	111,6	110,5	112,6	112,9	112,8	112,6	113,3	113,7	114,5	113,3	118,0
29/11/2018 09:28:00	114,3	112,6	114,1	114,4	115,3	114,2	116,5	115,8	116,3	115,9	118,2
29/11/2018 09:29:00	116,4	113,7	116,6	115,7	116,0	115,3	116,7	116,0	116,5	116,2	118,3
29/11/2018 09:30:00	116,6	115,5	116,8	116,2	116,3	116,3	116,9	116,2	116,7	116,4	118,1
29/11/2018 09:31:00	116,8	116,0	117,0	116,4	116,5	116,5	117,1	116,4	116,9	116,6	118,2
29/11/2018 09:32:00	116,9	116,2	117,0	116,6	116,7	116,7	117,2	116,6	117,0	116,8	118,4
29/11/2018 09:33:00	117,0	116,4	117,1	116,8	117,0	116,9	117,2	116,8	117,1	117,0	118,1
29/11/2018 09:34:00	117,1	116,8	117,2	116,9	117,0	117,0	117,3	117,0	117,1	117,0	118,3
29/11/2018 09:35:00	117,2	117,1	117,2	117,0	117,1	117,1	117,3	117,0	117,2	117,0	118,1
29/11/2018 09:36:00	117,4	117,1	117,3	117,1	117,1	117,2	117,4	117,1	117,2	117,1	118,3
29/11/2018 09:37:00	117,4	117,2	117,3	117,2	117,1	117,3	117,4	117,1	117,2	117,1	118,3
29/11/2018 09:38:00	117,5	117,2	117,4	117,4	117,2	117,4	117,5	117,2	117,3	117,2	118,3
29/11/2018 09:39:00	117,5	117,3	117,4	117,4	117,2	117,4	117,5	117,2	117,3	117,2	118,1
29/11/2018 09:40:00	117,6	117,3	117,4	117,5	117,3	117,5	117,6	117,3	117,3	117,3	118,3

29/11/2018 09:41	09:41:00	117,6	117,4	117,6	117,5	117,3	117,5	117,6	117,3	117,4	117,3	118,1
29/11/2018 09:42	09:42:00	117,7	117,4	117,7	117,5	117,4	117,5	117,7	117,4	117,4	117,3	118,3
29/11/2018 09:43	09:43:00	117,7	117,4	117,8	117,6	117,4	117,6	117,8	117,4	117,5	117,4	118,3
29/11/2018 09:44	09:44:00	117,1	116,8	117,0	117,1	116,3	116,7	117,0	116,5	116,9	116,4	117,6
29/11/2018 09:45	09:45:00	116,9	116,2	116,8	116,9	116,1	116,5	116,8	116,3	116,7	116,4	116,5
29/11/2018 09:46	09:46:00	116,3	115,6	116,1	116,3	115,3	115,8	116,2	115,9	116,3	115,8	115,5
29/11/2018 09:47	09:47:00	116,1	115,4	115,8	116,1	115,1	115,6	116,0	115,7	116,1	115,6	113,8
29/11/2018 09:48	09:48:00	115,8	115,2	115,6	115,9	114,8	115,4	115,8	115,5	115,9	115,4	112,4
29/11/2018 09:49	09:49:00	115,2	114,4	114,8	115,1	114,2	114,6	114,8	114,9	115,3	114,6	111,1
29/11/2018 09:50	09:50:00	115,0	114,2	114,5	114,6	114,0	114,4	114,6	114,7	115,1	114,2	110,9
29/11/2018 09:51	09:51:00	114,4	113,8	114,1	114,2	113,8	114,1	114,3	114,5	114,8	114,0	106,9
29/11/2018 09:52	09:52:00	112,0	110,0	112,0	111,2	112,8	113,0	113,0	112,2	111,8	111,7	97,8
29/11/2018 09:53	09:53:00	109,9	107,2	109,9	108,9	112,0	112,0	110,9	110,4	111,1	109,4	101,6
29/11/2018 09:54	09:54:00	107,6	105,1	107,6	106,1	109,4	110,4	108,4	108,2	109,0	106,5	100,8
29/11/2018 09:55	09:55:00	104,8	103,8	104,8	102,8	106,3	107,4	105,5	105,7	106,6	103,1	88,5
29/11/2018 09:56	09:56:00	101,7	99,9	101,7	99,2	102,6	103,7	102,1	103,0	103,9	99,3	83,2
29/11/2018 09:57	09:57:00	98,5	97,3	98,5	95,5	98,3	99,5	98,3	100,1	100,8	95,1	82,0
29/11/2018 09:58	09:58:00	96,8	95,8	96,8	93,6	96,1	97,2	96,2	98,7	99,2	93,0	83,0
29/11/2018 09:59	09:59:00	95,1	93,2	95,1	91,7	93,8	94,9	94,2	97,3	97,6	90,9	79,7

29/11/2018 10:00:00	93,4	91,6	93,4	89,9	91,6	92,5	92,2	95,8	96,1	88,8	70,5
29/11/2018 10:01:00	91,7	89,5	91,7	88,0	89,3	90,1	90,1	94,4	94,5	86,7	65,3
29/11/2018 10:02:00	90,1	87,5	90,1	86,2	87,1	87,8	88,2	93,0	93,0	84,8	59,2
29/11/2018 10:03:00	88,6	85,5	88,6	84,5	84,9	85,4	86,2	91,6	91,5	82,8	52,9
29/11/2018 10:04:00	85,7	83,5	85,7	81,3	80,7	81,0	82,4	89,0	88,8	79,3	46,6
29/11/2018 10:05:00	84,2	81,6	84,2	79,8	78,3	79,2	81,7	87,5	87,3	77,4	42,5
29/11/2018 10:06:00	83,6	79,8	83,6	78,2	77,1	77,6	79,6	86,2	86,8	76,1	40,1
29/11/2018 10:07:00	82,1	76,5	82,1	77,3	75,1	74,8	77,5	85,5	85,1	74,8	38,1
29/11/2018 10:08:00	79,1	74,8	79,1	73,8	70,5	69,8	72,3	82,1	80,8	70,9	36,7
29/11/2018 10:09:00	65,4	73,5	75,4	71,4	67,9	67,0	68,4	78,6	78,7	68,7	35,3
29/11/2018 10:10:00	61,7	72,4	70,1	68,2	64,3	65,7	64,5	72,4	76,2	65,3	34,7
29/11/2018 10:11:00	58,3	61,9	68,4	65,7	61,8	61,5	62,0	69,3	72,3	61,8	34,2
29/11/2018 10:12:00	54,9	60,1	65,2	61,3	58,3	58,3	59,7	65,5	68,4	57,2	33,7
29/11/2018 10:13:00	51,1	58,4	63,0	58,2	52,9	55,4	56,3	60,1	63,1	53,1	33,3
29/11/2018 10:14:00	49,6	55,2	61,6	51,8	50,2	51,2	51,4	56,4	59,2	50,3	33,2
29/11/2018 10:15:00	45,2	53,7	57,5	45,2	48,7	46,4	48,7	51,2	55,3	47,5	32,1
29/11/2018 10:16:00	42,7	50,4	50,7	41,7	43,6	42,5	44,2	45,6	49,7	43,6	30,6
29/11/2018 10:17:00	38,2	47,8	42,7	36,1	38,2	39,4	35,6	43,2	42,2	38,3	30,3
29/11/2018 10:18:00	35,4	44,7	40,6	33,3	37,6	38,6	33,6	38,1	41,8	36,5	30,3

29/11/2018 10:19:00	33,7	38,4	38,5	30,2	36,7	37,2	31,4	36,7	39,6	34,7	30,2
29/11/2018 10:20:00	28,6	34,1	36,7	31,6	34,7	36,1	29,5	34,5	36,4	33,6	30,1
29/11/2018 10:21:00	26,1	32,3	31,8	29,3	31,5	34,3	28,6	33,2	34,5	30,1	30,1
29/11/2018 10:22:00	25,0	30,6	29,8	25,9	30,0	32,8	27,2	31,2	31,7	28,3	30,1
29/11/2018 10:23:00	24,6	28,2	28,6	25,3	28,4	28,4	26,3	27,6	29,0	26,4	30,1
29/11/2018 10:24:00	23,7	26,3	28,1	23,8	27,1	26,2	25,9	25,2	24,7	25,2	30,1
29/11/2018 10:25:00	22,5	23,8	25,6	23,0	26,0	25,5	25,1	22,0	23,4	24,1	30,1

**Anexo F: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 118°C por 60 min**

	Hora	M3T1304 4 T	M3T2519 9 T	M3T3431 5 T	M3T3432 2 T	M3T3978 7 T	M3T3980 8 T	M3T3981 1 T	M3T4025 5 T	M3T4025 7 T	M3T4235 3 T	T° Retorta
29/11/2018	12:45:00	16,5	14,3	17	14,5	14	13,8	15	13,6	17,2	14,7	25,2
29/11/2018	12:46:00	16,6	14,8	17,2	14,9	14,6	14,3	15,5	13,8	17,4	14,9	29
29/11/2018	12:47:00	16,8	15	17,4	15,4	15,4	14,7	16,2	14	17,6	15,2	32,5
29/11/2018	12:48:00	17	15,4	17,6	15,8	15,9	15,5	16,5	14,2	17,8	15,8	36,9
29/11/2018	12:49:00	17,5	16,6	17,8	16,6	16,3	16,2	16,9	15,6	18	16,6	42,1
29/11/2018	12:50:00	17,9	17,2	17,9	17,2	17	16,9	17,2	16,8	18,1	17	50
29/11/2018	12:51:00	18	17,4	18	17,2	17,1	17	17,3	16,9	18,2	17,3	58
29/11/2018	12:52:00	18	17,5	18	17,3	17,2	17,3	17,4	17,1	18,3	17,4	62,7
29/11/2018	12:53:00	18,1	17,6	18,1	17,3	17,3	17,4	17,4	17,2	18,3	17,5	69
29/11/2018	12:54:00	18,1	17,6	18,1	17,4	17,4	17,4	17,5	17,3	18,4	17,5	72,2
29/11/2018	12:55:00	18,2	17,7	18,2	17,5	17,4	17,5	17,7	17,4	18,6	17,6	82,4
29/11/2018	12:56:00	18,2	17,8	18,2	17,5	17,5	17,7	18,4	17,4	18,8	17,6	86,2
29/11/2018	12:57:00	18,3	17,8	18,3	17,6	17,6	17,8	18,6	17,6	19	17,7	89,4
29/11/2018	12:58:00	18,6	17,9	18,6	17,7	17,8	18	19,2	18,1	19,2	18,2	93
29/11/2018	12:59:00	19,2	18	19,2	18	17,9	18,2	19,6	19,2	20,7	19	96,3
29/11/2018	13:00:00	20,4	18,2	20,4	18,3	18,4	18,6	21,3	20,8	23	20,5	97,2

29/11/2018 13:01:00	22,1	19,1	22,1	19,5	19,3	19,2	23,5	23,8	25,8	22,4	99,7
29/11/2018 13:02:00	24,1	23,8	24,1	21,1	20,5	20,4	25,7	25,3	28,9	24,7	103
29/11/2018 13:03:00	26,4	25,3	26,4	22,8	22	21,9	28,3	27,9	32,2	27,3	107
29/11/2018 13:04:00	29	27,9	29	24,8	23,7	23,6	28,5	30,7	35,5	30,1	108,3
29/11/2018 13:05:00	31,7	30,7	31,7	27,1	25,2	26,3	31,3	34,2	38,9	33,1	109,1
29/11/2018 13:06:00	34,5	34,2	34,5	29,5	28	28	34,2	36,5	42,2	36	110,7
29/11/2018 13:07:00	37,4	36,5	37,4	32,1	30,5	30,4	37,1	39,4	45,4	39	112
29/11/2018 13:08:00	40,2	39,4	40,2	34,7	33,1	33,1	40	42,3	48,5	41,9	113,8
29/11/2018 13:09:00	43,1	42,3	43,1	37,5	35,9	35,8	42,9	45,2	51,5	44,9	116
29/11/2018 13:10:00	46,1	45,2	46,1	40,3	38,7	38,6	45,8	48,1	54,5	47,8	117,9
29/11/2018 13:11:00	49	46,6	49	43,2	41,5	41,4	48,8	51	57,5	50,7	118,1
29/11/2018 13:12:00	52	49,6	52	46,2	44,4	44,3	51,7	53,9	60,4	53,7	118
29/11/2018 13:13:00	55	52,5	55	49,1	47,3	47,1	54,6	56,9	63,4	56,7	118
29/11/2018 13:14:00	58	55,5	58	52,1	50,4	50,1	57,5	59,8	66,3	59,6	117,9
29/11/2018 13:15:00	61	58,4	61	55,1	53,4	53	60,4	62,7	69,1	62,6	118,2
29/11/2018 13:16:00	63,9	61,2	63,9	58,1	57,1	56	63,3	66,4	71,8	65,4	118,1
29/11/2018 13:17:00	66,7	63,9	66,7	61,1	59,5	58,9	66,1	68,3	74,3	68,1	118,1
29/11/2018 13:18:00	69,3	66,6	69,3	63,9	62,5	61,8	68,8	71	76,7	70,8	118,3
29/11/2018 13:19:00	71,9	69,1	71,9	66,7	65,4	64,6	71,4	73,5	79	73,3	117,9

29/11/2018 13:20:00	74,4	71,7	74,4	69,4	68,2	67,2	73,9	75,9	81,1	75,7	118,4
29/11/2018 13:21:00	76,8	74,1	76,8	72	70,8	69,8	76,3	78,2	83,2	78	118
29/11/2018 13:22:00	79	76,4	79	74,5	73,4	72,3	78,6	80,4	85,1	80,1	118,1
29/11/2018 13:23:00	81,1	78,7	81,1	76,9	75,8	74,8	80,8	82,5	86,9	82,2	118,1
29/11/2018 13:24:00	83,1	80,9	83,1	79,3	78,2	77,1	82,8	84,4	88,6	84,1	118,2
29/11/2018 13:25:00	85	82,9	85	81,5	80,4	79,3	84,8	86,3	90,2	86	118,3
29/11/2018 13:26:00	86,8	84,9	86,8	83,6	82,6	81,4	86,7	88	91,7	87,7	118,1
29/11/2018 13:27:00	88,5	86,7	88,5	85,5	84,6	83,4	88,4	89,7	93,1	89,4	118
29/11/2018 13:28:00	90,2	88,5	90,2	87,4	86,5	85,3	90,1	91,3	94,4	90,9	118,4
29/11/2018 13:29:00	91,7	90,1	91,7	89,1	88,3	87,1	91,6	92,8	95,7	92,4	118,3
29/11/2018 13:30:00	93,2	91,7	93,2	90,7	89,9	88,8	93,1	94,2	96,9	93,8	118,1
29/11/2018 13:31:00	94,5	93,2	94,5	92,3	91,5	90,5	94,5	95,5	98	95,2	118,2
29/11/2018 13:32:00	95,9	94,6	95,9	93,7	93	92	95,9	96,8	99,1	96,4	118,4
29/11/2018 13:33:00	97,1	95,9	97,1	95,1	94,5	93,4	97,1	98	100,3	97,6	118,2
29/11/2018 13:34:00	98,3	97,1	98,3	96,4	95,8	94,8	98,3	99,1	101,3	98,7	118,4
29/11/2018 13:35:00	99,4	99,4	99,4	97,7	97,1	96,1	99,4	100,2	102,2	99,8	118,2
29/11/2018 13:36:00	100,4	101,5	100,4	98,8	98,3	97,3	100,5	101,2	103,1	100,8	118,1
29/11/2018 13:37:00	102,3	103,3	102,3	100,9	100,5	99,6	102,4	103,1	105,5	102,7	118
29/11/2018 13:38:00	104	105	104	101,5	102,4	101,6	104,1	104,8	106,8	104,3	118,4

29/11/2018 13:39:00	105,6	107,1	105,6	102,4	104,1	103,5	105,7	106,3	108	105,8	118,4
29/11/2018 13:40:00	106,9	108,4	106,9	102,8	105,7	105,1	107	107,6	109,1	107,2	118,3
29/11/2018 13:41:00	108,7	109,5	108,7	103,5	106,2	105,7	108,8	109,4	110,6	108,9	118,4
29/11/2018 13:42:00	110,7	109,8	109,2	103,8	106,5	106,2	109,2	110	112,5	109,2	118,4
29/11/2018 13:43:00	111,6	110	110,7	104,5	106,8	106,5	110,8	111,3	114,5	110,8	118
29/11/2018 13:44:00	112	110,2	111	106	107,2	107,2	112	111,6	114,7	112	118,1
29/11/2018 13:45:00	112,4	110,4	111,2	108	107,5	108	113,3	112,4	115	113,3	118,2
29/11/2018 13:46:00	112,6	110,7	111,4	110,2	107,7	109,2	113,8	113,5	115,3	113,9	118,2
29/11/2018 13:47:00	112,8	111	111,7	112,9	109,9	109,6	114	113,7	115,5	114,5	118,4
29/11/2018 13:48:00	113	111,3	112,1	114	110,4	110,2	114,7	114	115,6	115	118
29/11/2018 13:49:00	113,5	111,5	112,4	114,3	110,7	111	114,9	114,6	115,7	115,7	118,2
29/11/2018 13:50:00	113,7	112	112,8	114,6	112	112,6	115	115	115,8	115,9	118,3
29/11/2018 13:51:00	113,9	112,2	113,1	114,9	113,4	112,8	115,3	115,4	116	116,3	118,1
29/11/2018 13:52:00	114	112,6	113,5	115,2	115,3	113,1	115,9	115,6	116	116,6	118,2
29/11/2018 13:53:00	114,1	113,5	114	115,4	116	113,8	116,3	115,8	116,1	116,8	118,4
29/11/2018 13:54:00	115	113,7	114,1	115,6	116,3	114,2	116,5	115,8	116,3	117	118,1
29/11/2018 13:55:00	116,4	115,5	116,6	115,7	116,5	115,3	116,7	116	116,6	117	118,3
29/11/2018 13:56:00	116,6	115,8	116,8	116,2	116,7	116,3	116,9	116,2	116,9	117,1	118,1
29/11/2018 13:57:00	116,8	116	117	116,4	117	116,5	117,1	116,4	117,1	117,1	118,3

29/11/2018 13:58:00	13:58:00	116,9	116,2	117	116,6	117	116,7	117,2	116,6	117,1	117,1	118,3
29/11/2018 13:59:00	13:59:00	117	116,4	117,1	116,8	117,1	116,9	117,2	116,8	117,1	117,1	118,3
29/11/2018 14:00:00	14:00:00	117,1	116,8	117,2	116,9	117,1	117	117,3	117	117,1	117,1	118,1
29/11/2018 14:01:00	14:01:00	117,2	117,1	117,2	117	117,1	117,1	117,3	117	117,2	117,2	118,3
29/11/2018 14:02:00	14:02:00	117,4	117,3	117,3	117,1	117,2	117,2	117,4	117,1	117,2	117,2	118,1
29/11/2018 14:03:00	14:03:00	117,4	117,3	117,3	117,2	117,2	117,3	117,4	117,1	117,2	117,2	118,3
29/11/2018 14:04:00	14:04:00	117,5	117,3	117,4	117,4	117,3	117,4	117,5	117,2	117,3	117,2	118,3
29/11/2018 14:05:00	14:05:00	117,5	117,4	117,4	117,4	117,3	117,4	117,5	117,2	117,3	117,2	117,6
29/11/2018 14:06:00	14:06:00	117,6	117,4	117,4	117,5	117,4	117,5	117,6	117,3	117,3	117,3	117,1
29/11/2018 14:07:00	14:07:00	117,6	117,4	117,6	117,5	117,4	117,5	117,6	117,3	117,4	117,3	116,5
29/11/2018 14:08:00	14:08:00	117,7	117,5	117,7	117,5	117,5	117,5	117,7	117,4	117,4	117,3	116
29/11/2018 14:09:00	14:09:00	117,7	117,5	117,8	117,6	117,5	117,6	117,8	117,4	117,5	117,4	115,5
29/11/2018 14:10:00	14:10:00	117,8	117,5	118	117,6	117,6	117,6	117,9	117,5	117,5	117,4	114,2
29/11/2018 14:11:00	14:11:00	117,8	117,5	118	117,7	117,6	117,7	118	117,5	117,5	117,5	113,8
29/11/2018 14:12:00	14:12:00	117,1	117	117	117,1	117,4	116,7	117	116,5	116,9	116,4	112,4
29/11/2018 14:13:00	14:13:00	116,9	116,6	116,8	116,9	117,1	116,5	116,8	116,3	116,7	116,4	111,1
29/11/2018 14:14:00	14:14:00	116,7	115,6	116,6	116,7	116,5	116,3	116,6	116,1	116,6	116,2	110,9
29/11/2018 14:15:00	14:15:00	116,5	115,4	116,3	116,5	116,1	116,1	116,4	116	116,5	116	106,9
29/11/2018 14:16:00	14:16:00	116,3	115,2	116,1	116,3	115,8	115,8	116,2	115,9	116,3	115,8	97,8

29/11/2018 14:17:00	116,1	115	115,8	116,1	115,6	115,6	116	115,7	116,1	115,6	101,6
29/11/2018 14:18:00	115,8	114,8	115,6	115,9	115,3	115,4	115,8	115,5	115,9	115,4	100,8
29/11/2018 14:19:00	115,6	114,4	115,4	115,7	115,1	115,1	115,6	115,3	115,7	115,2	88,5
29/11/2018 14:20:00	115,4	114,2	115,1	115,5	114,8	114,8	115,2	115,1	115,5	114,8	83,2
29/11/2018 14:21:00	115,2	113,8	114,8	115,1	114,2	114,6	114,8	114,9	115,3	114,6	82
29/11/2018 14:22:00	115	113,1	114,5	114,6	114	114,4	114,6	114,7	115,1	114,2	83
29/11/2018 14:23:00	114,4	112,7	114,1	114,2	113,8	114,1	114,3	114,5	114,8	114	79,7
29/11/2018 14:24:00	112	111,4	112	111,2	112,8	113	113	112,2	111,8	111,7	70,5
29/11/2018 14:25:00	109,9	109,6	109,9	108,9	109,4	112	110,9	110,4	111,1	109,4	65,3
29/11/2018 14:26:00	107,6	107,2	107,6	106,1	106,3	110,4	108,4	108,2	109	106,5	59,2
29/11/2018 14:27:00	104,8	103,8	104,8	102,8	102,6	107,4	105,5	105,7	106,6	103,1	52,9
29/11/2018 14:28:00	101,7	101,6	101,7	99,2	98,3	103,7	102,1	103	103,9	99,3	46,6
29/11/2018 14:29:00	98,5	99,9	98,5	95,5	96,1	99,5	98,3	100,1	100,8	95,1	42,5
29/11/2018 14:30:00	96,8	95,8	96,8	93,6	93,8	97,2	96,2	98,7	99,2	93	40,1
29/11/2018 14:31:00	95,1	91,6	95,1	91,7	91,6	94,9	94,2	97,3	97,6	90,9	38,1
29/11/2018 14:32:00	93,4	89,5	93,4	89,9	89,3	92,5	92,2	95,8	96,1	88,8	36,7
29/11/2018 14:33:00	91,7	87,5	91,7	88	87,1	90,1	90,1	94,4	94,5	86,7	35,3
29/11/2018 14:34:00	90,1	85,5	90,1	86,2	84,9	87,8	88,2	93	93	84,8	34,7
29/11/2018 14:35:00	88,6	83,5	88,6	84,5	80,7	85,4	86,2	91,6	91,5	82,8	34,2

29/11/2018 14:36:00	85,7	81,6	85,7	81,3	75,1	81	82,4	89	88,8	79,3	33,7
29/11/2018 14:37:00	82,1	79,8	82,1	77,3	70,5	74,8	77,5	85,5	85,1	74,8	33,3
29/11/2018 14:38:00	79,1	76,5	79,1	73,8	67,9	69,8	72,3	82,1	80,8	70,9	33,2
29/11/2018 14:39:00	78,4	72,4	75,4	71,4	64,3	67	68,4	78,6	78,7	68,7	32,1
29/11/2018 14:40:00	76,2	61,9	70,1	68,2	61,8	65,7	64,5	72,4	76,2	67,1	30,6
29/11/2018 14:41:00	74,8	60,1	68,4	65,7	60,2	61,5	62	70,1	74,4	65,3	30,3
29/11/2018 14:42:00	73,6	59,5	65,2	61,3	58,3	58,3	59,7	69,3	74,1	63,6	30,3
29/11/2018 14:43:00	71,5	58,2	63	58,2	57,4	55,4	59	68,5	73,5	62,4	30,3
29/11/2018 14:44:00	68,2	58	61,6	57,4	56,2	54,1	58,3	68,1	72,7	61,8	30,3
29/11/2018 14:45:00	65,4	57,3	60,2	56,8	55,8	53,6	57,6	66,4	71,6	60,2	30,2
29/11/2018 14:46:00	61,7	55,7	59,5	56,1	55,4	52,5	57,1	65,2	70,3	58,3	30,2
29/11/2018 14:47:00	58,3	53,7	58,4	55,3	53,6	51,8	55	63,7	68,4	57,5	30,2
29/11/2018 14:48:00	54,9	51,8	57,5	54,7	52,9	51	52,5	61,6	65,3	55,4	30,2
29/11/2018 14:49:00	51,1	48,3	55,3	53,8	50,2	50,2	51,4	60,1	63,1	53,1	30,2
29/11/2018 14:50:00	49,6	44,7	54,8	51,8	48,7	48,5	48,7	56,4	59,2	50,3	30,1
29/11/2018 14:51:00	45,2	40,5	52,6	45,2	43,6	46,4	44,2	51,2	55,3	47,5	30,1
29/11/2018 14:52:00	42,7	38,4	50,7	41,7	38,2	42,5	40,3	45,6	49,7	43,6	30,1
29/11/2018 14:53:00	38,2	34,1	42,7	36,1	35,8	39,4	35,6	40,3	42,2	38,3	30,1

**Anexo G: Datos de la Curva de penetración de calor extraído de Data Trace 118°C por 70 min**

	Hora	M3T2088 9 T	M3T3980 9 T	M4T1065 0 T	M4T1657 8 T	M4T1085 0 T	M4T1085 1 T	M4T1063 4 T	M4T1063 5 T	M4T1063 7 T	M4T1063 8 T	T° Retorta
29/11/2018	16:30:00	17,9	17,4	17,3	17,1	17,1	17	17,1	17	17,4	18	29,9
29/11/2018	16:31:00	18	17,5	17,3	17,2	17,2	17	17,1	17,1	17,4	18	30
29/11/2018	16:32:00	18	17,6	17,4	17,2	17,2	17,1	17,2	17,2	17,5	18,1	30
29/11/2018	16:33:00	18,1	17,6	17,5	17,3	17,3	17,2	17,2	17,2	17,5	18,1	32,1
29/11/2018	16:34:00	18,1	17,7	17,5	17,4	17,4	17,2	17,3	17,3	17,6	18,2	31,9
29/11/2018	16:35:00	18,2	17,8	17,6	17,4	17,4	17,3	17,4	17,4	17,7	18,2	46,5
29/11/2018	16:36:00	18,2	17,8	17,6	17,5	17,5	17,4	17,4	17,4	17,7	18,3	49,8
29/11/2018	16:37:00	18,3	18	17,7	17,6	17,6	17,5	17,5	17,6	17,8	18,5	67,7
29/11/2018	16:38:00	18,6	18,2	18,2	17,7	17,7	17,7	17,7	18,1	17,9	19,2	74
29/11/2018	16:39:00	19,2	18,6	19	18	17,9	18	18,4	19,2	18,1	20,7	77,4
29/11/2018	16:40:00	20,4	19,3	20,5	18,5	18,4	18,7	19,6	20,8	18,4	23	81,7
29/11/2018	16:41:00	22,1	20,3	22,4	19,3	19,3	19,7	21,3	22,9	19,1	25,8	85,7
29/11/2018	16:42:00	24,1	21,5	24,7	20,5	20,4	21,1	23,5	25,3	20,1	28,9	89,4
29/11/2018	16:43:00	26,4	23,1	27,3	22	21,9	22,8	25,9	27,9	21,4	32,2	93
29/11/2018	16:44:00	29	25	30,1	23,7	23,6	24,8	28,5	30,7	23,1	35,5	96,3
29/11/2018	16:45:00	31,7	27,1	33,1	25,7	25,7	27,1	31,3	33,6	25,1	38,9	97,2

29/11/2018 16:46:00	34,5	29,5	36	28	28	29,5	34,2	36,5	27,3	42,2	99,7
29/11/2018 16:47:00	37,4	32	39	30,5	30,4	32,1	37,1	39,4	29,8	45,4	103
29/11/2018 16:48:00	40,2	34,7	41,9	33,1	33,1	34,7	40	42,3	32,4	48,5	107
29/11/2018 16:49:00	43,1	37,4	44,9	35,9	35,8	37,5	42,9	45,2	35,1	51,5	110,7
29/11/2018 16:50:00	46,1	40,3	47,8	38,7	38,6	40,3	45,8	48,1	37,9	54,5	113,8
29/11/2018 16:51:00	49	43,2	50,7	41,5	41,4	43,2	48,8	51	40,8	57,5	116
29/11/2018 16:52:00	52	46,1	53,7	44,4	44,3	46,2	51,7	53,9	43,7	60,4	117,9
29/11/2018 16:53:00	55	49,1	56,7	47,3	47,1	49,1	54,6	56,9	46,6	63,4	118,1
29/11/2018 16:54:00	58	52	59,6	50,4	50,1	52,1	57,5	59,8	49,6	66,3	118
29/11/2018 16:55:00	61	55	62,6	53,4	53	55,1	60,4	62,7	52,5	69,1	118
29/11/2018 16:56:00	63,9	57,9	65,4	56,5	56	58,1	63,3	65,6	55,5	71,8	117,9
29/11/2018 16:57:00	66,7	60,8	68,1	59,5	58,9	61,1	66,1	68,3	58,4	74,3	118,2
29/11/2018 16:58:00	69,3	63,6	70,8	62,5	61,8	63,9	68,8	71	61,2	76,7	118,1
29/11/2018 16:59:00	71,9	66,3	73,3	65,4	64,6	66,7	71,4	73,5	63,9	79	118,1
29/11/2018 17:00:00	74,4	68,9	75,7	68,2	67,2	69,4	73,9	75,9	66,6	81,1	118,3
29/11/2018 17:01:00	76,8	71,5	78	70,8	69,8	72	76,3	78,2	69,1	83,2	117,9
29/11/2018 17:02:00	79	73,9	80,1	73,4	72,3	74,5	78,6	80,4	71,7	85,1	118,4
29/11/2018 17:03:00	81,1	76,3	82,2	75,8	74,8	76,9	80,8	82,5	74,1	86,9	118
29/11/2018 17:04:00	83,1	78,6	84,1	78,2	77,1	79,3	82,8	84,4	76,4	88,6	118,1

29/11/2018 17:05:00	85	80,8	86	80,4	79,3	81,5	84,8	86,3	78,7	90,2	118,1
29/11/2018 17:06:00	86,8	82,9	87,7	82,6	81,4	83,6	86,7	88	80,9	91,7	118,2
29/11/2018 17:07:00	88,5	84,9	89,4	84,6	83,4	85,5	88,4	89,7	82,9	93,1	118,3
29/11/2018 17:08:00	90,2	86,8	90,9	86,5	85,3	87,4	90,1	91,3	84,9	94,4	118,1
29/11/2018 17:09:00	91,7	88,6	92,4	88,3	87,1	89,1	91,6	92,8	86,7	95,7	118
29/11/2018 17:10:00	93,2	90,3	93,8	89,9	88,8	90,7	93,1	94,2	88,5	96,9	118,4
29/11/2018 17:11:00	94,5	91,9	95,2	91,5	90,5	92,3	94,5	95,5	90,1	98	118,3
29/11/2018 17:12:00	95,9	93,4	96,4	93	92	93,7	95,9	96,8	91,7	99,1	118,1
29/11/2018 17:13:00	97,1	94,8	97,6	94,5	93,4	95,1	97,1	98	93,2	100,3	118,2
29/11/2018 17:14:00	98,3	96,1	98,7	95,8	94,8	96,4	98,3	99,1	94,6	101,3	118,4
29/11/2018 17:15:00	99,4	97,4	99,8	97,1	96,1	97,7	99,4	100,2	95,9	102,2	118,2
29/11/2018 17:16:00	100,4	98,6	100,8	98,3	97,3	98,8	100,5	101,2	97,1	103,1	118,4
29/11/2018 17:17:00	101,4	99,8	101,8	99,4	98,5	99,9	101,5	102,2	98,3	103,9	118,2
29/11/2018 17:18:00	102,3	100,8	102,7	100,5	99,6	100,9	102,4	103,1	99,4	104,7	118,1
29/11/2018 17:19:00	103,2	101,9	103,5	101,5	100,7	101,9	103,3	104	100,5	105,5	118
29/11/2018 17:20:00	104	102,8	104,3	102,4	101,6	102,8	104,1	104,8	101,5	106,2	118,4
29/11/2018 17:21:00	104,8	103,7	105,1	103,3	102,6	103,7	104,9	105,6	102,4	106,8	118,4
29/11/2018 17:22:00	105,6	104,6	105,8	104,1	103,5	104,5	105,7	106,3	103,3	107,4	118,3
29/11/2018 17:23:00	106,3	105,4	106,5	104,9	104,3	105,2	106,4	107	104,2	108	118,4

29/11/2018 17:24:00	106,9	106,1	107,2	105,7	105,1	106	107	107,6	105	108,6	118,4
29/11/2018 17:25:00	107,6	106,9	107,8	106,4	105,8	106,7	107,7	108,2	105,7	109,1	118
29/11/2018 17:26:00	108,2	107,5	108,4	107,1	106,6	107,4	108,3	108,8	106,4	109,7	118,1
29/11/2018 17:27:00	108,7	108,2	108,9	107,7	107,2	108	108,8	109,4	107,1	110,1	118,2
29/11/2018 17:28:00	109,3	108,8	109,4	108,3	107,9	108,6	109,4	109,9	107,8	110,6	118,2
29/11/2018 17:29:00	109,8	109,4	109,9	108,9	108,5	109,1	109,9	110,4	108,4	111	118,4
29/11/2018 17:30:00	110,3	109,9	110,4	109,4	109	109,7	110,3	110,8	109	111,4	118
29/11/2018 17:31:00	110,7	110,4	110,8	109,9	109,6	110,2	110,8	111,3	109,5	111,8	118,2
29/11/2018 17:32:00	111,1	110,9	111,2	110,4	110,1	110,6	111,2	111,7	110	112,2	118,3
29/11/2018 17:33:00	111,6	111,3	111,6	110,8	110,5	111,1	111,6	112,1	110,5	112,5	118,1
29/11/2018 17:34:00	111,9	111,7	112	111,3	111	111,5	112	112,4	111	112,8	118,2
29/11/2018 17:35:00	112,3	112,1	112,3	111,7	111,4	111,9	112,3	112,8	111,4	113,2	118,4
29/11/2018 17:36:00	112,6	112,5	112,7	112,1	111,8	112,2	112,7	113,1	111,8	113,4	118,1
29/11/2018 17:37:00	113	112,8	113	112,4	112,2	112,6	113	113,4	112,2	113,7	118,3
29/11/2018 17:38:00	113,3	113,2	113,3	112,8	112,6	112,9	113,3	113,7	112,6	114	118,1
29/11/2018 17:39:00	113,6	113,5	113,6	113,1	112,9	113,2	113,6	114	112,9	114,2	118,3
29/11/2018 17:40:00	113,8	113,8	113,8	113,4	113,2	113,5	113,8	114,2	113,3	114,5	118,3
29/11/2018 17:41:00	114,1	114,1	114,1	113,7	113,5	113,8	114,1	114,5	113,6	114,7	118,3
29/11/2018 17:42:00	114,3	114,3	114,3	114	113,8	114,1	114,3	114,7	113,9	114,9	118,1

29/11/2018 17:43:00	114,6	114,6	114,6	114,2	114,1	114,3	114,6	114,9	114,1	115,1	118,3
29/11/2018 17:44:00	114,8	114,8	114,8	114,5	114,3	114,6	114,8	115,1	114,4	115,3	118,1
29/11/2018 17:45:00	115	115	115	114,7	114,6	114,8	115	115,3	114,6	115,4	118,3
29/11/2018 17:46:00	115,2	115,2	115,2	114,9	114,8	115	115,2	115,5	114,9	115,6	118,1
29/11/2018 17:47:00	115,4	115,4	115,4	115,1	115	115,2	115,4	115,7	115,1	115,8	118,4
29/11/2018 17:48:00	115,5	115,6	115,5	115,3	115,2	115,4	115,5	115,8	115,3	115,9	118,2
29/11/2018 17:49:00	115,7	115,7	115,7	115,5	115,4	115,5	115,7	116	115,5	116	118,1
29/11/2018 17:50:00	115,8	115,9	115,8	115,7	115,6	115,7	115,8	116,1	115,6	116,2	118,4
29/11/2018 17:51:00	116	116,1	116	115,8	115,8	115,9	116	116,3	115,8	116,3	118,2
29/11/2018 17:52:00	116,1	116,2	116,1	116	115,9	116	116,1	116,4	116	116,4	118,6
29/11/2018 17:53:00	116,2	116,3	116,3	116,1	116,1	116,1	116,2	116,5	116,1	116,5	118,3
29/11/2018 17:54:00	116,4	116,5	116,4	116,3	116,2	116,3	116,4	116,6	116,2	116,6	118,1
29/11/2018 17:55:00	116,5	116,6	116,5	116,4	116,3	116,4	116,5	116,7	116,4	116,7	118,3
29/11/2018 17:56:00	116,6	116,7	116,6	116,5	116,5	116,5	116,6	116,8	116,5	116,8	118,1
29/11/2018 17:57:00	116,7	116,8	116,7	116,6	116,6	116,6	116,7	116,9	116,6	116,9	118,3
29/11/2018 17:58:00	116,8	116,9	116,8	116,7	116,7	116,7	116,8	117	116,7	117	118,1
29/11/2018 17:59:00	116,9	117	116,9	116,8	116,8	116,8	116,9	117,1	116,8	117,1	118,4
29/11/2018 18:00:00	116,9	117	116,9	116,9	116,9	116,9	117	117,2	116,9	117,2	118,2
29/11/2018 18:01:00	117	117,1	117	117	117	117	117	117,3	117	117,3	118,5

29/11/2018 18:02:00	117,1	117,2	117,1	117,1	117	117,1	117,1	117,4	117,1	117,4	118,2
29/11/2018 18:03:00	117,2	117,3	117,2	117,2	117,1	117,1	117,2	117,5	117,2	117,5	118,1
29/11/2018 18:04:00	117,3	117,4	117,3	117,3	117,3	117,3	117,3	117,5	117,3	117,5	117,1
29/11/2018 18:05:00	117,4	117,4	117,3	117,3	117,3	117,3	117,4	117,5	117,4	117,5	116,5
29/11/2018 18:06:00	117,4	117,5	117,4	117,4	117,4	117,4	117,4	117,6	117,4	117,4	116
29/11/2018 18:07:00	117,4	117,5	117,4	117,5	117,4	117,4	117,4	117,6	117,5	117,4	115,5
29/11/2018 18:08:00	117,4	117,5	117,4	117,5	117,5	117,5	117,5	117,6	117,5	117,4	114,2
29/11/2018 18:09:00	117,4	117,5	117,4	117,5	117,5	117,5	117,4	117,5	117,5	117,3	113,8
29/11/2018 18:10:00	117,4	117,5	117,3	117,5	117,5	117,5	117,4	117,4	117,5	117,2	112,4
29/11/2018 18:11:00	117,3	117,5	117,2	117,5	117,4	117,4	117,3	117,3	117,5	117	112,1
29/11/2018 18:12:00	117,1	117,4	117,1	117,4	117,4	117,4	117,2	117,2	117,4	116,8	111,1
29/11/2018 18:13:00	117	117,3	116,9	117,3	117,3	117,3	117	117	117,3	116,6	110,9
29/11/2018 18:14:00	116,8	117,1	116,7	117,2	117,2	117,1	116,8	116,8	117,2	116,3	106,9
29/11/2018 18:15:00	116,6	116,9	116,5	117	117	117	116,6	116,5	117,1	116	97,8
29/11/2018 18:16:00	116,4	116,7	116,3	116,8	116,9	116,7	116,4	116,2	116,9	115,6	101,6
29/11/2018 18:17:00	116,1	116,4	115,9	116,6	116,6	116,5	116,1	115,9	116,7	115,1	100,8
29/11/2018 18:18:00	115,7	116,1	115,5	116,3	116,4	116,2	115,7	115,5	116,4	114,5	88,5
29/11/2018 18:19:00	115,2	115,7	115	116	116	115,7	115,2	115	116	113,8	83,2
29/11/2018 18:20:00	114,6	115,2	114,4	115,5	115,4	115,3	114,6	114,4	115,6	113	82

29/11/2018 18:21:00	113,8	114,7	113,6	114,9	114,7	114,7	113,9	113,8	115	112,1	83
29/11/2018 18:22:00	113	114	112,7	114,1	113,9	114	113	113	114,2	111,1	79,7
29/11/2018 18:23:00	112	113,2	111,7	113,1	112,8	113,2	112	112,2	113,4	110,1	70,5
29/11/2018 18:24:00	111	112,4	110,6	112	111,7	112,2	110,9	111,4	112,4	109	65,3
29/11/2018 18:25:00	109,9	111,4	109,4	110,8	110,4	111,2	109,7	110,4	111,2	107,9	59,2
29/11/2018 18:26:00	108,8	110,3	108	109,4	108,9	110,1	108,4	109,4	110	106,6	52,9
29/11/2018 18:27:00	107,6	109,2	106,5	107,9	107,4	108,9	107	108,2	108,7	105,3	46,6
29/11/2018 18:28:00	106,2	108	104,9	106,3	105,6	107,5	105,5	107	107,2	103,9	42,5
29/11/2018 18:29:00	104,8	106,7	103,1	104,5	103,7	106,1	103,9	105,7	105,5	102,4	40,1
29/11/2018 18:30:00	103,3	105,3	101,2	102,6	101,7	104,5	102,1	104,3	103,8	100,8	38,1
29/11/2018 18:31:00	101,7	103,8	99,3	100,5	99,5	102,8	100,2	103	101,9	99,2	36,7
29/11/2018 18:32:00	100,1	102,3	97,2	98,3	97,2	101,1	98,3	101,6	99,9	97,6	35,3
29/11/2018 18:33:00	98,5	100,8	95,1	96,1	94,9	99,2	96,2	100,1	97,8	96,1	34,7
29/11/2018 18:34:00	96,8	99,3	93	93,8	92,5	97,4	94,2	98,7	95,8	94,5	34,2
29/11/2018 18:35:00	95,1	97,8	90,9	91,6	90,1	95,5	92,2	97,3	93,7	93	33,7
29/11/2018 18:36:00	93,4	96,3	88,8	89,3	87,8	93,6	90,1	95,8	91,6	91,5	33,3
29/11/2018 18:37:00	91,7	94,9	86,7	87,1	85,4	91,7	88,2	94,4	89,5	90,1	33,2
29/11/2018 18:38:00	90,1	93,4	84,8	84,9	83,2	89,9	86,2	93	87,5	88,8	34,9
29/11/2018 18:39:00	88,6	91,8	82,8	82,8	81	88	84,3	91,6	85,5	87,5	31,5

29/11/2018 18:40:0	87,1	90,3	81	80,7	78,8	86,2	82,4	90,2	83,5	86,2	24,9
29/11/2018 18:41:0	85,7	88,9	79,3	78,7	76,7	84,5	80,7	89	81,6	85,1	27,5
29/11/2018 18:42:0	84,4	87,5	77,7	76,8	74,8	82,8	79	87,8	79,8	84	32,1
29/11/2018 18:43:0	83,2	86,2	76,2	75,1	73	81,3	77,5	86,6	78,1	82,9	30,6
29/11/2018 18:44:0	82,1	85	74,8	73,5	71,3	79,8	76,1	85,5	76,5	81,8	30,3
29/11/2018 18:45:0	81,1	83,8	73,4	71,9	69,8	78,5	51,5	84,3	75	80,8	30,4
29/11/2018 18:46:0	80,1	48,7	72,1	70,5	68,3	77,3	35,6	83,2	73,7	79,7	30,2
29/11/2018 18:47:0	79,1	41,8	70,9	69,1	67	76,1	32,9	82,1	72,4	78,7	30,2
29/11/2018 18:48:0	78,1	37,6	69,8	67,9	65,7	74,9	31,3	55,5	71,2	77,9	30,1
29/11/2018 18:49:0	42,7	34,6	68,7	52,9	64,5	73,8	26,6	27,8	70,1	55,1	29,9
29/11/2018 18:50:0	28,6	26,3	40,6	45	37,6	37,3	25,5	24,6	61,9	39,4	30
29/11/2018 18:51:0	26,1	23,9	31,8	33,3	36,7	39,1	24,4	25,3	41,8	33,2	29,9
29/11/2018 18:52:0	25	23,9	29,8	25,9	34,7	36,1	26,3	25,2	36,4	28,3	29,9
29/11/2018 18:53:0	25,6	23,9	28,6	25,3	31,5	28,4	25,9	25,1	29	26,4	29,9
29/11/2018 18:54:0	23,3	23,7	28,1	23,8	30	26,2	25,1	25,2	24,7	25,2	29,7
29/11/2018 18:55:0	22,9	24,5	25,3	28,5	27	25,5	25	25,1	23,4	27,8	29,8

## Anexo H: Cálculos realizados por el Método General (usando Trapecio y Simpson) para alcanzar el $F_0 > 6$ a $116^\circ\text{C}$ durante 60 minutos, repetición 1

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Nitro Pro 10 ¿Qué desea hacer? Iniciar sesión Compartir												
Calibri 11 A A Ajustar texto Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar												
K27												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
2	<b>Cálculos realizados por el Método General (usando Trapecio y Simpson) para alcanzar el <math>F_0 &gt; 6</math> a <math>116^\circ\text{C}</math> durante 60 minutos, repetición 1</b>											
3												
4	<b>DATOS EXPERIMENTALES</b>											
5												
6	a	0	T° referencia (°C)	121.1	T° final (°C)	46.8						
7	b	128	Variación de incremento de tiempo (seg)	1	N° datos pares	63						
8	N° datos	129	z (°C)	10	N° datos impares	64						
9	N° intervalos	128	T° inicial (°C)	20.6								
10												
11	<b>LEYENDA</b>											
12												
13	a	tiempo inicial del proceso (minutos)										
14	b	tiempo final del proceso (minutos)										
15	T° referencia	temperatura de trabajo para destruir al Clostridium botulinum durante el tratamiento térmico (°C o °F)										
16	z	valor de incremento de temperatura que mide el cambio en la tasa de muerte del microorganismo con respecto a un cambio de temperatura (°C o °F)										
17												
18	tiempo (min)	T° producto (°C)	Letalidad (min)									
19												
20	0	20.60	0.0000000000000000									
21	1	21.30	0.000000000104713									
22	2	21.70	0.000000000114815									
23	3	22.40	0.000000000134896									
24	4	22.50	0.000000000138038									
25	5	22.80	0.000000000147911									
26	6	23.30	0.000000000165959									
27	7	23.60	0.000000000177828									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
21	8	23.60	0.000000000177828							
22	9	23.90	0.000000000190546							
23	10	24.50	0.000000000218776							
24	11	25.20	0.000000000257040							
25	12	26.70	0.000000000363078							
26	13	27.30	0.000000000416869							
27	14	28.40	0.000000000537032							
28	15	32.70	0.00000001445440							
29	16	39.70	0.00000007244360							
30	17	43.30	0.00000016595869							
31	18	46.90	0.00000038018940							
32	19	50.20	0.00000081283052							
33	20	53.40	0.000000169824365							
34	21	56.40	0.000000338844156							
35	22	59.40	0.000000676082975							
36	23	62.50	0.000001380384265							
37	24	65.70	0.000002884031503							
38	25	68.90	0.000006025595861							
39	26	71.90	0.000012022644346							
40	27	74.70	0.000022908676528							
41	28	77.20	0.000040738027780							
42	29	79.40	0.000067608297539							
43	30	81.50	0.000109647819614							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
44	31	83.40	0.000169824365246							
45	32	85.10	0.000251188643151							
46	33	86.80	0.000371535229097							
47	34	88.30	0.000524807460250							
48	35	89.80	0.000741310241301							
49	36	91.20	0.001023292992281							
50	37	92.50	0.001380384264603							
51	38	93.80	0.001862087136663							
52	39	95.00	0.002454708915685							
53	40	96.10	0.003162277660168							
54	41	97.20	0.004073802778041							
55	42	98.20	0.005128613839914							
56	43	99.10	0.006309573444802							
57	44	100.00	0.007762471166287							
58	45	101.70	0.011481536214969							
59	46	102.50	0.013803842646029							
60	47	103.30	0.016595869074376							
61	48	104.00	0.019498445997581							
62	49	105.30	0.026302679918954							
63	50	106.50	0.034673685045253							
64	51	107.60	0.044668359215096							
65	52	108.00	0.048977881936845							
66	53	108.90	0.060255958607436							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
67	54	109.70	0.072443596007499							
68	55	110.40	0.085113803820238							
69	56	111.10	0.100000000000000							
70	57	111.90	0.120226443461742							
71	58	112.30	0.131825673855641							
72	59	112.60	0.141253754462275							
73	60	112.80	0.147910838816821							
74	61	113.20	0.162181009735893							
75	62	113.50	0.173780082874938							
76	63	113.70	0.181970085860999							
77	64	113.90	0.190546071796325							
78	65	114.00	0.194984459975805							
79	66	114.30	0.208929613085404							
80	67	114.50	0.218776162394955							
81	68	114.70	0.229086765276778							
82	69	115.00	0.245470891568503							
83	70	115.20	0.257039578276887							
84	71	115.40	0.269153480392692							
85	72	115.60	0.281838293126445							
86	73	115.60	0.281838293126445							
87	74	115.70	0.288403150312661							
88	75	115.80	0.295120922666639							
89	76	116.00	0.309029543251359							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
90	77	116.00	0.309029543251359							
91	78	116.10	0.316227766016838							
92	79	116.10	0.316227766016838							
93	80	116.20	0.323593656929629							
94	81	116.30	0.331131121482591							
95	82	116.10	L0	0.31622777						
96	83	116.00	L1	0.30902954						
97	84	115.80	L2	0.29512092						
98	85	115.60	L3	0.28183829						
99	86	115.40	L4	0.26915348						
100	87	115.10	L5	0.25118864						
101	88	114.80	L6	0.23442288						
102	89	114.20	L7	0.20417379						
103	90	113.00	L8	0.15488166						
104	91	112.60	L9	0.14125375						
105	92	112.50	L10	0.13803843						
106	93	112.30	L11	0.13182567						
107	94	112.00	L12	0.12302688						
108	95	110.60	L13	0.08912509						
109	96	108.80	L14	0.05888437						
110	97	107.70	L15	0.04570882						
111	98	106.80	L16	0.03715352						
112	99	105.80	L17	0.02951209						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
113	100	104.70	L18	0.02290868						
114	101	103.40	L19	0.01698244						
115	102	102.00	L20	0.01230269						
116	103	100.40	L21	0.00851138						
117	104	98.80	L22	0.00588844						
118	105	97.20	L23	0.00407380						
119	106	95.70	L24	0.00288403						
120	107	94.50	L25	0.00218776						
121	108	93.50	L26	0.00173780						
122	109	92.40	L27	0.00134896						
123	110	88.80	L28	0.00058884						
124	111	87.30	L29	0.00041687						
125	112	86.00	L30	0.00030903						
126	113	82.50	L31	0.00013804						
127	114	80.30	L32	0.00008318						
128	115	77.60	L33	0.00004467						
129	116	73.90	L34	0.00001905						
130	117	70.80	L35	0.00000933						
131	118	68.20	L36	0.00000513						
132	119	65.90	L37	0.00000302						
133	120	60.40	L38	0.00000085						
134	121	56.30	L39	0.00000033						
135	122	52.10	L40	0.00000013						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
140	123	48.80	L43	0.00000006							
141	124	48.60	L44	0.00000006							
142	125	48.40	L45	0.00000005							
143	126	48.20	L46	0.00000005							
144	127	48.00	L47	0.00000005							
145	128	46.80	L48	0.00000004							
146											
147											
148											
149											
150											
151											
152											
153											
154											
155											
156											
157											
158											
159											
160											
161											
162											
163											
164											
165											
166											

### Cálculos por el método de Simpson:

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
12																	
13		CÁLCULOS	SIMPSON														
14																	
15																	
16		FASE CALENTAMIENTO															
17																	
18																	
19		IMPAR				3.1675											
20																	
21		PAR				3.3274											
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28		FASE ENFRIAMIENTO															
29																	
30		IMPAR				1.6736											
31																	
32		PAR				1.5174											
33																	
37																	
38		4 * (Σ DATOS IMPARES)				19.3645											
39		2 * (Σ DATOS PARES)				9.6895											
40																	
41																	
42		ÁREA				9.685											

## Método Simpson

Fase de Calentamiento

Par: 3,3274

Impar 3,1675

Fase de Enfriamiento

Par: 1,5174

Impar 1,6736

### Letalidad por Simpson:

$$F = \frac{t}{3} + (Y_0 + Y_n + 4(Y_1 + Y_3 + \dots + Y_{n-1}) + 2(Y_2 + Y_4 + \dots + Y_{n-2}))$$

$$F = 9,685$$

### Cálculos por el Método del Trapecio

$$F = t \left( \frac{1}{2} (Y_0 + Y_n) + (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{n-1}) \right)$$

$$\sum (L1+L2\dots+LN-1) = 9,6859$$

$$(L0 + LN) / 2 = 0,000000019$$

### Letalidad por Trapecio:

$$F = 9,686$$

**Tabla N° 24:** Valores de Log g Vs  $f_h/U$  para el Método Fórmula

**$f_h/U$  vs. Log g Values  
for the Ball Formula Method**

$f_h/U$	Log g	$f_h/U$	Log g
0.350	-2.147	4.000	0.655
0.400	-1.790	4.500	0.702
0.450	-1.512	5.000	0.742
0.500	-1.290	5.000	0.742
0.550	-1.108	6.000	0.805
0.600	-0.949	7.000	0.854
0.650	-0.843	8.000	0.894
0.700	-0.736	9.000	0.927
0.750	-0.635	10.00	0.955
0.800	-0.544	15.00	1.052
0.850	-0.463	20.00	1.112
0.900	-0.392	25.00	1.155
0.950	-0.328	30.00	1.187
1.000	-0.273	35.00	1.214
1.100	-0.173	40.00	1.235
1.200	-0.090	45.00	1.254
1.300	-0.019	50.00	1.270
1.400	0.042	60.00	1.296
1.500	0.097	70.00	1.318
1.600	0.146	80.00	1.336
1.700	0.183	90.00	1.352
1.800	0.229	100.0	1.365
1.900	0.265	120.0	1.388
2.000	0.298	140.0	1.406
2.500	0.430	160.0	1.422
3.000	0.525	180.0	1.435
3.500	0.598	200.0	1.447

---

**Anexo I: Cálculos realizados usando el Método Fórmula de Ball para alcanzar el Fo > 6 a 116°C durante 60 minutos, repetición 1**

fh	34,885 min
jh	1,3606
T1	240,8 °F
To	62,96 °F
tB	68,24 min
z	18 °F
Tref	250 °F
m+g	180 °F
L	0,3082
log g	0,4276

Con los datos de la Tabla de Ball, usando el valor de log g se interpola y se calcula fh/U

<b>fh/U</b>	<b>Log g</b>
2	0,298
<b>2,49</b>	<b>0,428</b>
2,5	0,43

Usando el valor de fh/U, el valor de Velocidad letal y fh se calcula el valor de Fo

<b>fh/U</b>	2,46
<b>Fo</b>	<b>4,4 min</b>

**Cuadro 10. Ecuaciones de fh/U en función de log g, g en °F**

Restricción de fh/U	Ecuación	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> )	Datos
log g ≤ 0	$f_h/U = 0,1295 (\log g)^3 + 0,6349 (\log g)^2 + 1,2227 (\log g) + 1,2991$	0,9993	388
0 < log g ≤ 0,798	$f_h/U = 10,003 (\log g)^3 - 4,5205 (\log g)^2 + 2,8852 (\log g) + 1,2716$	0,9996	407
0,798 < log g ≤ 1,208	$f_h/U = 432,13 (\log g)^3 - 1121,7 (\log g)^2 + 995,71 (\log g) - 294,33$	0,9997	153
1,208 < log g ≤ 1,408	$f_h/U = 7950,8 (\log g)^3 - 28947 (\log g)^2 + 35378 (\log g) - 14478$	0,9999	59
log g > 1,408	$f_h/U = 48229 (\log g)^3 - 199209 (\log g)^2 + 275388 (\log g) - 127301$	1	34

**Anexo J: Resultados de la evaluación de Flavor**

Panelistas	Temp= 30 °C			Temp= 40 °C		
	Día 0	Día 10	Día 25	Día 0	Día 10	Día 25
1	8	7	7	8	7	6
2	7	7	7	7	6	6
3	9	8	8	9	8	7
4	7	7	7	7	7	6
5	9	9	8	9	8	7
6	8	7	8	8	7	7
7	8	8	8	8	8	7
8	9	8	8	9	8	7
9	8	8	8	8	8	7
10	9	8	8	9	8	7
prom	8,20	7,70	7,70	8,20	7,50	6,70
desv	0,79	0,67	0,48	0,79	0,71	0,48

**Anexo K: Resultados de la evaluación de Textura**

Panelistas	Temp= 30 °C			Temp= 40 °C		
	Día 0	Día 10	Día 25	Día 0	Día 10	Día 25
1	8	8	8	8	8	8
2	9	8	8	9	8	9
3	8	8	8	8	8	8
4	8	8	8	8	8	8
5	9	8	8	9	8	8
6	8	9	8	8	8	7
7	9	9	8	9	8	8
8	9	9	9	9	8	8
9	8	8	8	8	8	8
10	8	8	7	8	8	7
promedio	8,40	8,30	8,00	8,40	8,00	7,90
desv	0,52	0,48	0,47	0,52	0,00	0,57

**Anexo L: Resultados de la evaluación de Color**

Panelistas	Temp= 30 °C			Temp= 40 °C		
	Día 0	Día 10	Día 25	Día 0	Día 10	Día 25
1	6	6	6	6	6	6
2	8	8	8	8	8	7
3	8	8	7	8	8	7
4	6	6	6	6	6	5
5	8	8	8	8	8	7
6	7	7	6	7	7	6
7	7	7	7	7	7	5
8	7	6	6	7	6	6
9	7	6	6	7	6	6
10	5	6	5	5	5	5
promedio	6,90	6,80	6,50	6,90	6,70	6,00
desv	0,99	0,92	0,97	0,99	1,06	0,82

**Anexo M: Resultados de la evaluación de Aceptabilidad general**

Panelistas	Temp= 30 °C			Temp= 40 °C		
	Día 0	Día 10	Día 25	Día 0	Día 10	Día 25
1	8	8	8	8	7	7
2	8	8	7	8	8	7
3	8	7	7	8	7	6
4	7	7	7	7	7	6
5	7	7	7	7	7	7
6	7	7	7	7	7	7
7	8	8	8	8	7	7
8	8	8	7	8	7	7
9	8	8	8	8	8	7
10	7	7	6	7	6	6
promedio	7,60	7,50	7,20	7,60	7,10	6,70
desv	0,52	0,53	0,63	0,52	0,57	0,48

**Anexo N: Resultados de la evaluación de pH**

	<b>Temp= 30 °C</b>			<b>Temp= 40 °C</b>		
<b>Panelistas</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 25</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 25</b>
1	6,49	6,49	6,48	6,49	6,48	6,47
2	6,48	6,48	6,48	6,48	6,48	6,47
3	6,49	6,49	6,47	6,49	6,48	6,48
prom	6,49	6,49	6,48	6,49	6,48	6,47
desv	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01