

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“ESTUDIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE ENLATADO DE
PECHUGA DE POLLO (*Gallus gallus*) EN TROZOS Y
DESMENUZADO”**

Presentado por:

WIMAR REYNAGA NAVARRO

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Lima – Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“ESTUDIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE ENLATADO DE PECHUGA
DE POLLO (*Gallus gallus*) EN TROZOS Y DESMENUZADO”**

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

WIMAR REYNAGA NAVARRO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente Jurado:

Dra. Carmen E. Velezmoro Sánchez
PRESIDENTA

Dr. Milber O. Ureña Peralta
MIEMBRO

Dra. Bettit K. Salvá Ruiz
MIEMBRO

Dr. Luis F. Vargas Delgado
ASESOR

... A mi familia

AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar agradezco profundamente a mi familia, en especial a mi madre Ana y a mi padre Wilfredo, por el apoyo y la motivación brindada a lo largo de la elaboración de este trabajo de investigación. Son parte de este logro.
- Al Dr. Fernando Vargas, quien como asesor supo guiarme para llevar a cabo la presente tesis.
- A mis jurados, la Dra. Carmen Velezmoro, la Dra. Bettit Salvá y el Dr. Milber Ureña, por sus significativas contribuciones para la mejora de esta investigación.
- A la empresa San Fernando S.A. por su gran apoyo brindando la materia prima e insumos.
- A la empresa Suministros de Laboratorio S.A. por el apoyo con implementos e información.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. EL POLLO.....	3
2.1.1. GENERALIDADES	3
2.1.2. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE POLLO	3
2.1.3. MICROBIOLOGÍA DE LA CARNE DE POLLO	5
2.1.4. CONSUMO DE POLLO	6
2.2. TRATAMIENTO TÉRMICO.....	8
2.2.1. PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.....	8
2.2.2. VELOCIDAD DE INACTIVACIÓN MICROBIANA: TIEMPO DE REDUCCIÓN DECIMAL O VALOR <i>D</i>	9
2.2.3. NÚMERO DE REDUCCIONES DECIMALES (<i>N</i>)	11
2.2.4. VALOR <i>Z</i>	11
2.2.5. EFICACIA O VELOCIDAD LETAL.....	12
2.2.6. VALOR <i>F</i>	13
2.2.7. ESTERILIDAD COMERCIAL.....	14
2.2.8. ENLATADOS	15
a. Clasificación de los enlatados según su pH.....	16
b. Cocción botulínica	17
c. Requisitos de tratamientos térmicos para productos enlatados (alimentos de baja acidez).....	18
d. Procedimiento de esterilización según el producto	21
e. Transferencia de calor en alimentos enlatados	22
2.2.9. EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	24
a. Determinación del punto más frío del envase.....	25
b. Penetración de calor.....	27

c.	Cálculo del Procesamiento	32
	Método General	32
	Métodos matemáticos	33
	<i>Método de Ball</i>	33
	<i>Método de Stumbo</i>	37
d.	Productos que exhiben curvas de calentamiento quebradas	38
2.2.10. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LAS		
CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS Y SENSORIALES.		40
a.	Calidad Sensorial	41
	Textura y Jugosidad	41
	Sabor y Sustancias Aromáticas	42
b.	Nutrientes	43
	Proteínas: pérdida de agua y proteína	44
	Carbohidratos	45
	Lípidos	46
	Vitaminas	47
	Minerales	47
2.3.	EVALUACIÓN SENSORIAL	48
2.3.1.	CONCEPTOS GENERALES	48
2.3.2.	PRUEBAS AFECTIVAS	48
2.3.3.	PRUEBA DE PREFERENCIA	49
a.	Prueba de medición del grado de satisfacción	49
b.	Prueba de aceptación	50
2.3.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	51
a.	Análisis no paramétricos	51
b.	Análisis paramétricos	51
2.3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO: ANÁLISIS DE LA VARIANZA	51
III. METODOLOGÍA		53
3.1.	LUGAR DE REALIZACIÓN	53
3.2.	MATERIA PRIMA E INSUMOS	53
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS	53
3.3.1.	MATERIALES	53
3.3.2.	EQUIPOS	54

3.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	55
3.4.1.	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO	55
3.4.2.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	56
3.4.3.	ANÁLISIS SENSORIAL	56
3.5.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	56
3.5.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	58
a.	Análisis Fiscoquímico	58
b.	Análisis Microbiológico	58
3.5.2.	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PENETRACIÓN DE CALOR Y DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	58
a.	Determinación del punto más frío de la autoclave (Distribución de calor).....	58
b.	Determinación del punto más frío del envase.....	59
c.	Establecimiento del F_0 requerido.....	59
d.	Determinación de los parámetros de proceso – prueba de penetración de calor	60
e.	Cálculo del tiempo de procesamiento	62
f.	Validación del F_0	63
3.5.3.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL ENLATADO DE PECHUGA DE POLLO	63
a.	Recpción de la materia prima	63
b.	Precocido y Cortado	64
c.	Envasado.....	64
d.	Adición del líquido de gobierno	64
e.	Evacuado.....	64
f.	Sellado	65
g.	Tratamiento térmico.....	65
h.	Enfriado	65
i.	Almacenamiento	65
3.5.4.	EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO	67
3.5.5.	EVALUACIÓN DEL PRODUCTO FINAL	67
a.	Controles Físicos	67
b.	Análisis Fiscoquímico	67
c.	Evaluación de la Esterilidad Comercial.....	67

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	69
4.1.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	69
4.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	70
4.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PENETRACIÓN DE CALOR Y DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	72
4.2.1. DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO DE LA AUTOCLAVE (DISTRIBUCIÓN TÉRMICA)	72
4.2.2. DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO DEL ENVASE CON PRODUCTO	75
a. Pechuga de pollo desmenuzada	75
b. Pechuga de pollo en trozos	82
4.2.3. ESTABLECIMIENTO DEL VALOR F_0 OBJETIVO	86
4.2.4. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE PENETRACIÓN DE CALOR Y DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO	87
a. Pechuga de pollo desmenuzada	87
b. Pechuga de pollo en trozos	94
4.2.5. CÁLCULO DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO	104
a. Pechuga de pollo desmenuzada	104
b. Pechuga de pollo en trozos	105
4.2.6. VERIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS	106
a. Pechuga de pollo desmenuzada	106
b. Pechuga de pollo en trozos	107
4.3. ANÁLISIS SENSORIAL	107
4.3.1. PECHUGA DE POLLO DESMENUZADA	107
4.3.2. PECHUGA DE POLLO EN TROZOS	108
4.4. ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL	110
4.4.1. CONTROLES FÍSICOS	110
a. Control del Peso	110
4.4.2. EVALUACIÓN DEL CIERRE	111
4.4.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	112
4.4.4. EVALUACIÓN DE LA ESTERILIDAD COMERCIAL	113

V. CONCLUSIONES.....	115
VI. RECOMENDACIONES.....	117
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
VIII. ANEXOS	129

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Distribución de diversos tejidos en pollos parrilleros.....	4
Cuadro 2: Composición química por 100 g pulpa de carne de pollo y carne de res.	5
Cuadro 3: Importancia del sector Avícola en la economía.....	7
Cuadro 4: Valores F_0 para algunos procesos comerciales.....	15
Cuadro 5: Termorresistencia de esporos de <i>C. botulinum</i>	17
Cuadro 6: Tiempos de reducción decimal (valores D_7) para las esporas bacterianas de importancia en la fabricación de pescado en conserva.	19
Cuadro 7: Factores que condicionan la penetración de calor.	23
Cuadro 8: Características de la autoclave utilizada.	54
Cuadro 9: Tratamientos evaluados en la investigación.	58
Cuadro 10: Análisis Fisicoquímico de la carne de pollo (pechuga de pollo).	69
Cuadro 11: Características microbiológicas de la pechuga de pollo fresca.	70
Cuadro 12: Límites de población de algunas especies patógenas.	72
Cuadro 13: Etapas y tiempos en la prueba de determinación de punto más frío de la autoclave (Distribución Térmica).	73
Cuadro 14: Valores de letalidad al final de la fase de esterilización. Repetición 1.....	77
Cuadro 15: Valores de letalidad al final de la fase de esterilización. Repetición 2.....	77
Cuadro 16: Valores de f_h y f_{h2} obtenidos de las curvas semilogarítmicas de calentamiento. Repetición 1.....	81
Cuadro 17: Valores de f_h y f_{h2} obtenidos de las curvas semilogarítmicas de calentamiento. Repetición 2.....	81
Cuadro 18: Valores f_h de las curvas semilogarítmicas de calentamiento.	84
Cuadro 19: Variables críticas características de las curvas de penetración de calor de cada una de las muestras de pechuga de pollo desmenuzada.	90
Cuadro 20: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva calentamiento de la muestra 4.....	93
Cuadro 21: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva de enfriamiento de la muestra 4.....	93

Cuadro 22: Parámetros calculados de las curvas de calentamiento y enfriamiento de la muestra 4 de pechuga de pollo desmenuzada.	93
Cuadro 23: Variables críticas características de las curvas de penetración de calor de cada una de las muestras analizadas.	97
Cuadro 24: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva calentamiento de la muestra 2.....	99
Cuadro 25: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva de enfriamiento de la muestra 2.....	99
Cuadro 26: Parámetros calculados de las curvas de calentamiento y enfriamiento de la muestra 2 de pechuga de pollo en trozos.....	99
Cuadro 27: Comparación de los tiempos experimentales y calculados por el método Stumbo para obtener el mismo F_0	100
Cuadro 28: Cálculos de tiempos de proceso para T_1 de 230, 240 y 250°F en pechuga de pollo desmenuzada.....	104
Cuadro 29: Cálculos de tiempos de proceso para T_1 de 230, 240 y 250°F para pechuga de pollo en trozos.....	105
Cuadro 30: Valores F_0 experimentales en la pechuga de pollo desmenuzada.	106
Cuadro 31: Valores F_0 experimentales en la pechuga de pollo en trozos.	107
Cuadro 32: Resumen de los datos obtenidos de la evaluación sensorial de pechuga de pollo desmenuzada.....	108
Cuadro 33: Resumen de los datos obtenidos de la evaluación sensorial de pechuga de pollo en trozos.....	108
Cuadro 34: Control de peso y control de cierre.....	110
Cuadro 35: Valores de las medidas principales del cierre en envases utilizados.	111
Cuadro 36: Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al producto final.	112
Cuadro 37: Esterilidad comercial pechuga de pollo desmenuzada.	113
Cuadro 38: Esterilidad comercial de pechuga de pollo en trozos.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción de Carne de Pollo y Colocaciones de Pollitos BB Línea Carne (MINAG, 2010).	7
Figura 2: Ilustración del tiempo de reducción decimal D (ICMSF, 1980).	10
Figura 3: Gráfica teórica de termodestrucción (ICMSF, 1980).	12
Figura 4: Perfiles de la temperatura de la autoclave y la temperatura del producto en el punto más frío (Sharma, 2003).	27
Figura 5: Gráfica característica de una curva de penetración de calor en escala semilogarítmica (Sharma, 2003).	28
Figura 6: Puntos sobresalientes de un perfil de temperatura durante la porción de enfriamiento de una prueba de penetración de calor (A), y diferencia de temperaturas vs. tiempo de enfriamiento en escala semilogarítmica (B) (Sharma, 2003).	31
Figura 7: El tiempo de levante del proceso y tiempo de Ball (Sharma, 2003).	34
Figura 8: Términos usados en el cálculo del tiempo de Ball (Sharma, 2003).	34
Figura 9: Curva representativa de diferencia de temperatura vs. tiempo, en papel semilogarítmico. Indica el comienzo del tiempo del tiempo de procesamiento de Ball y el punto de intersección aparente de Ball (Sharma, 2003).	35
Figura 10: Curvas semilogarítmicas de calentamiento (izq.) y enfriamiento (der.) (Stumbo, 1973).	40
Figura 11: Esquema experimental que se siguió en la investigación.	57
Figura 12: Mecanismo utilizado para asegurar que la punta de las sondas quedaron insertadas en las piezas de pollo.	60
Figura 13: Flujo de operaciones para la obtención del enlatado de pechuga de pollo.	66
Figura 14: Historia tiempo-temperatura en tres puntos de la autoclave.	73
Figura 15: Historia tiempo-temperatura de la autoclave: Fase de levante y mantenimiento.	74
Figura 16: Historia tiempo-temperatura de la autoclave: Fase de mantenimiento.	74

Figura 17: Historia tiempo-temperatura del calentamiento en tres puntos del envase para producto: Pechuga de pollo desmenuzada. Repetición 1.....	76
Figura 18: Historia tiempo-temperatura del calentamiento en dos puntos del envase para el producto: Pechuga de pollo desmenuzada. Repetición 2.....	76
Figura 19: Curva Semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: $\frac{1}{4}$ de la base. Repetición 1.....	78
Figura 20: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: $\frac{1}{2}$ de la base. Repetición 1.	79
Figura 21: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: $\frac{3}{4}$ de la base. Repetición 1.	79
Figura 22: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: $\frac{1}{4}$ de la base. Repetición 2.	80
Figura 23: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: $\frac{1}{2}$ de la base. Repetición 2.	80
Figura 24: Historias tiempo-temperatura del calentamiento de pechuga de pollo en trozos.....	83
Figura 25: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo en trozos.....	84
Figura 26: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo desmenuzada; Repetición 1.	88
Figura 27: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo desmenuzada; Repetición 2.	88
Figura 28: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo desmenuzada; Repetición 3.	89
Figura 29: Comparación de las curvas semilogarítmicas de calentamiento de la muestras de pechuga de pollo desmenuzada.	90
Figura 30: Curva semilogarítmica de calentamiento de la Muestra 4 (Lata 2, R2).	92
Figura 31: Curva semilogarítmica de enfriamiento de la Muestra 4 (Lata 2, R2).	92
Figura 32: Historia tiempo-temperatura de muestras de Pechuga de pollo en trozos; Repetición 1.....	94
Figura 33: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo en trozos; Repetición 2.....	95
Figura 34: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo en trozos; Repetición 3.....	95

Figura 35: Comparación de las curvas semilogarítmicas de calentamiento de la muestras de pechuga de pollo en trozos.	97
Figura 36: Curva semilogarítmica de calentamiento de la Muestra 2 (Lata 2, R1).	98
Figura 37: Curva semilogarítmica de enfriamiento de la Muestra 2 (Lata 2, R1).	98
Figura 38: Relación temperatura de proceso vs. tiempo de proceso para pechuga de pollo desmenuzada.....	104
Figura 39: Relación temperatura de proceso vs. tiempo de proceso para pechuga de pollo en trozos.....	105

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Terminología.....	129
ANEXO 2: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación del punto más frío de la autoclave (Distribución Térmica).....	131
ANEXO 3: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación del punto más frío del envase con pechuga de pollo desmenuzada.....	135
ANEXO 4: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación del punto más frío del envase con pechuga de pollo en trozos.....	143
ANEXO 5: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación de la penetración de calor en pechuga de pollo desmenuzada.....	147
ANEXO 6: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación de la penetración de calor en pechuga de pollo en trozos.....	159
ANEXO 7: Cálculos realizados para determinar los parámetros de penetración de calor en pechuga de pollo desmenuzada.....	171
ANEXO 8: Cálculos realizados para determinar los parámetros de penetración de calor en pechuga de pollo en trozos.....	173
ANEXO 9: Cálculos para determinar el tiempo para alcanzar un $F_0 = 5.1$ a 240°F en pechuga de pollo desmenuzada.....	175
ANEXO 10: Cálculos para determinar el tiempo para alcanzar un $F_0 = 4.0$ a 240°F en pechuga de pollo en trozos.....	178
ANEXO 11: Cálculos realizados para determinar los tiempos de procesamiento a 230, 240 y 250°F en Pechuga de pollo desmenuzada.....	180
ANEXO 12: Cálculos realizados para determinar los tiempos de procesamiento a 230, 240 y 250°F en Pechuga de pollo en trozos.....	186
ANEXO 13: Relación entre r , g y $\log(g)$	190
ANEXO 14: Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$	191
ANEXO 15: Formato de Fichas para la Evaluación Sensorial.....	192
ANEXO 16: Resultados de evaluación sensorial en pechuga de pollo desmenuzada.....	194

ANEXO 17: Análisis Estadístico de los datos de la evaluación sensorial de pechuga de pollo desmenuzada.	197
ANEXO 18: Resultados de evaluación sensorial en pechuga de pollo en trozos.....	199
ANEXO 19: Análisis Estadístico de los datos de evaluación sensorial de pechuga de pollo en trozos.	202
ANEXO 20: Detalle técnico del envase y la tapa.....	204

RESUMEN

Se estudió el tratamiento térmico de conservas de pollo, con el objetivo de encontrar los parámetros de procesamiento y evaluar el efecto de éste, sobre las características sensoriales de los productos envasados en ½ Libra Tuna (307x 109): Pechuga de Pollo Desmenuzada en Salmuera y Pechuga de Pollo en Trozos en Salmuera.

Estas pruebas fueron realizadas en las instalaciones de la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Se estudió la distribución de temperaturas de la autoclave, encontrándose el punto más frío a 15 cm de la base de la canastilla de la autoclave. Luego, se determinó el punto más frío de cada producto, encontrándose en ambos casos a ¼ de altura del envase.

De las pruebas de penetración de calor se determinó que los parámetros que caracterizan a la conserva de pechuga de pollo desmenuzada son: $f_h=8.197$ min, $f_2=27.778$ min, $j_h=1.605$, $f_c=12.987$ min, $j_c=1.335$, $T_A=104.34^\circ\text{F}$, $T_{BA}=292.774^\circ\text{F}$; y de la conserva de pechuga de pollo en trozos son: $f_h=14.493$ min, $j_h=1.550$, $f_c=21.739$ min, $j_c=1.581$, $T_A=62.93^\circ\text{F}$, $T_{BA}=333.448^\circ\text{F}$.

Con la información anterior se calcularon, mediante el método de Stumbo, los tiempos para cada temperatura de procesamiento considerando un F_0 objetivo de 8 min. Los tiempos de proceso para la pechuga de pollo desmenuzada, a las temperaturas de 230, 240 y 250°F, fueron 115, 41 y 18 minutos respectivamente; y para la pechuga de pollo en trozos, con las temperaturas anteriores fueron 120, 47 y 26 minutos respectivamente.

Usando una escala hedónica, respecto al nivel de satisfacción general, se evaluaron las muestras tratadas a temperaturas de 230, 240 y 250°F y con F_0 de 8 min. Del análisis estadístico se concluyó, que no existe diferencia significativa entre las muestras.

Palabras Clave: TRATAMIENTO TÉRMICO, POLLO, CONSERVA, PENETRACIÓN DE CALOR.

SUMMARY

Heat treatment of canned chicken was studied in order to find the processing parameters and evaluate the effect of this on the sensory characteristics of products packaged in ½ pound Tuna (307x 109): Chicken Breast Shredded in Brine and Chicken Breast Chunks in Brine.

These tests were carried out on the facilities of The Food Pilot Plant of Food Industry Faculty at the National Agrarian University La Molina.

The temperature distribution of the autoclave was studied, being the coldest spot at 15 cm from the base of the crate of the autoclave. Then, the coldest point of each product was determined, being in both cases at ¼ height of the container.

Heat penetration tests was conducted and determined that the parameters that characterize the canned shredded chicken breast are: $f_h=8.197$ min, $f_2=27.778$ min, $j_h=1.605$, $f_c=12.987$ min, $j_c=1.335$, $T_A=104.34^\circ\text{F}$, $T_{BA}=292.774^\circ\text{F}$, and canned chicken breast chunks are: $f_h=14.493$ min, $j_h=1.550$, $f_c=21.739$ min, $j_c=1.581$, $T_A=62.93^\circ\text{F}$, $T_{BA}=333.448^\circ\text{F}$.

With the above information, by the method of Stumbo, time processing was calculated, for each temperature, considering a F_0 of 8 min as target. Processing times for shredded chicken breast, at temperatures of 230 , 240 and 250 ° F were 115, 41 and 18 minutes respectively, and for the chicken breast chunks, with the above temperatures were 120, 47 and 26 minutes respectively.

Using a hedonic scale, relative to overall level of satisfaction, samples treated at temperatures of 230, 240 and 250°F and F_0 of 8 min as target were evaluated. From the statistical analysis, it was concluded that no significant difference exists between samples.

Keywords: HEAT TREATMENT, CHICKEN, CANNED FOOD, HEAT PENETRATION.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de pollo ha crecido notablemente a la largo de los últimos años. Perú es el tercer país con mayor consumo de pollo en Latinoamérica (35 kg per cápita al año) solo superado por Brasil (poco más de 38 kg per cápita al año) y Panamá (poco más de 35 kg per cápita al año) (Prado, 2011).

La producción nacional de carne de pollo es de carácter intensivo. Es el resultado de una programación anticipada de la colocación de pollitos BB (Pollo recién nacido que proviene de la incubación de huevos de gallinas, cuya raza es especializada en la producción de carne). En los últimos años fue impulsada por la demanda interna, como consecuencia de una menor oferta de pescado y precios más altos de las otras carnes, mostrando una tasa de crecimiento promedio anual de 6.6%, impulsado por sus características de buen rendimiento y calidad en la alimentación diaria (MINAG, 2010).

El alto consumo de pollo es debido a la versatilidad que presenta su preparación y a su bajo precio, no obstante la carne de pollo es una de las más delicadas y requiere para su conservación de la aplicación de una correcta cadena de frío a lo largo de su traslado y distribución, lo que muchas veces no se cumple y termina siendo perjudicial para los consumidores y para los productores.

Los enlatados son una forma fácil y rápida de alimentarse, además las conservas o enlatados permiten prolongar de forma sustancial el tiempo de vida del producto, con lo cual éste podría utilizarse como parte de programas de alimentación en zonas de difícil acceso y en los cuales no es fácil mantener una buena cadena de frío. Por otro lado el consumo de conservas de pescado (punto de comparación) ha aumentado significativamente, lo cual puede ser motivo para que muchas empresas puedan entrar a competir y posicionarse en parte de este mercado. Sin embargo la producción de enlatados conlleva una serie de consideraciones a tomar en cuenta a la hora de realizarla. Dentro de éstas están las características de los microorganismos principales (patógenos) y sus esporas

que se desean eliminar, y las características sensoriales del producto que se desean conservar. Esto tiene que ser evaluado adecuadamente para obtener un producto de calidad.

La conserva de carne de pollo ya se produce en algunos países, sin embargo su consumo no está muy difundido dentro del territorio peruano.

Los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

- Establecer los parámetros de procesamiento (tiempo – temperatura) de una conserva de pechuga de pollo en salmuera envasada en una lata de hojalata tamaño ½ lb tuna, para obtener la esterilidad comercial.
- Evaluar el efecto de tres diferentes temperaturas de procesamiento sobre las características sensoriales del producto final.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL POLLO

2.1.1. GENERALIDADES

Gallus gallus domesticus es una subespecie doméstica de ave del género *Gallus* perteneciente a la familia *Phasianidae*. Su nombre común es gallo para el macho y gallina para la hembra (Perrins, 2005).

Se considera que quizás es el ave más numerosa en todo el mundo. Esto se debe a que son criados especialmente por su carne, por sus huevos e incluso por sus plumas (Perrins, 2005). Según el censo agropecuario realizado por el INEI (2013), la población de aves de corral en Perú, al 2012, fue de 121 394 062 ejemplares, de los cuales el 97% fueron pollos de engorde.

2.1.2. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE POLLO

Si bien el mejoramiento genético aplicado en la producción avícola basó sus objetivos en aspectos tipo zootécnico (peso, consumo, conversión), también incorporó en sus índices de selección parámetros asociados al rendimiento, a la faena y a la obtención de cortes de mayor valor comercial. Como muestra de ello puede indicarse que mientras en los '70 el rendimiento de una carcasa de pollo era aproximadamente 65% respecto a su peso vivo, en la actualidad dicho rendimiento es superior a 72%. Complementariamente y en igual lapso, la proporción de músculos pectorales (pechuga) se incrementó entre 6 y 8% (Fernández, 2003).

Cuadro 1: Distribución de diversos tejidos en pollos parrilleros.

TEJIDO Corte/Porción	Proporción respecto a la carcasa (%)	Proporción respecto a cada tejido (%)
MUSCULAR	61.9	-
Pechuga	-	22.7
Muslo	-	15.2
Pierna	-	10.6
Miembro superior	-	5.0
Otros	-	8.4
ADIPOSO	21.7	-
Abdominal (removible)	-	6.2
Piel + subcutánea	-	9.3
Intramuscular	-	6.2
OSEO	16.4	16.4
TOTAL	100	100

FUENTE: Fernández, 2003

Desde el punto de vista del consumidor, reviste particular importancia el hecho que más del 70% del total del tejido adiposo en las carcasas de pollo es de fácil remoción (piel, grasa, subcutánea y grasa abdominal), ventaja que no presentan cortes de otros animales donde la grasa intramuscular ocupa una mayor proporción por estar asociada a factores como terneza y sabor (Fernández, 2003).

La carne de ave comprende el tejido muscular, la piel adherida, el tejido conectivo y los órganos que se consumen (hígado, molleja y corazón). El contenido de agua de las porciones comestibles de las canales de aves es aproximadamente 70% para pollo parrillero mientras que el contenido de proteínas y lípidos es 20.5% y 2.7%, respectivamente. A diferencia de las carnes rojas (vaca, cerdo) la grasa en el pollo se encuentra justo por debajo de la piel y en la cavidad abdominal lo que facilita su remoción. El contenido de grasa varía con la edad, sexo, anatomía y especie aviar (Carrillo, 2007). La composición química de la carne de pollo y una comparación con el de la carne de res se puede observar en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Composición química por 100 g pulpa de carne de pollo y carne de res.

Nombre	Pulpa de Carne de Pollo	Pulpa de Carne de Res
Energía (kcal)	119	105
Agua (g)	75.5	75.9
Proteína (g)	21.4	21.3
Grasa (g)	3.1	1.6
Carbohidratos (g)	0.0	0.0
Fibra (g)	0.0	0.0
Ceniza (g)	1.0	1.1

FUENTE: CENAN, 2009

2.1.3. MICROBIOLOGÍA DE LA CARNE DE POLLO

La carne fresca por su contenido nutricional y su alto valor de actividad de agua (Aw) está considerada dentro del grupo de los alimentos altamente perecederos, al igual que la mayoría de los productos elaborados con ella; sin embargo, de acuerdo a sus características particulares, el tipo de microorganismos presentes puede variar. A pesar de que el músculo como tal, es prácticamente estéril, los alimentos preparados con base en carne son muy susceptibles a la contaminación y ofrecen las condiciones necesarias para el crecimiento de microorganismos involucrados en daños y enfermedades de origen alimentario. En este tipo de productos, sobre todo frescos o con procesos defectuosos, los microorganismos se multiplican rápidamente, especialmente a temperaturas por encima de la de refrigeración, resultando en pérdidas de calidad y/o problemas de salud pública (Arango y Restrepo, 1999).

Los contaminantes comunes de las canales son bastones Gram-negativos y micrococcos, incluidas *Pseudomonas spp.*, *Moraxella spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Flavobacterium spp.*, entre otras. Adicionalmente pueden existir bacterias productoras de ácido láctico, hongos, levaduras y virus entéricos en bajas cantidades. La contaminación es muy variable y pueden incluirse algunos microorganismos patógenos como *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Yersinia pseudotuberculosis*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* y *Clostridium botulinum*, que provienen ya sea de la flora intestinal o del medio ambiente (Arango y Restrepo, 1999).

La población microbiana de las carcasas de las aves está constituida por la microbiota natural de la piel y las plumas, la microbiota transitoria durante la faena y los contaminantes que se adquieren durante el procesamiento. Las aves enteras suelen dar recuentos microbianos más bajos que las troceadas (Carrillo, 2007).

Los estudios de la microbiota bacteriana de la carne fresca de aves demostraron la presencia de unos 25 géneros diferentes. Sin embargo, cuando las canales se refrigeran para detener o reducir la contaminación, el principal agente causal de deterioro lo constituyen las especies de *Pseudomonas*. También se suelen encontrar *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Alcaligenes*, y algunas micobacterias y lactobacilos (Carrillo, 2007).

El deterioro de las aves está limitado a la superficie porque las partes internas de los tejidos generalmente son estériles o contienen microorganismos que no suelen crecer a bajas temperaturas. La mayor parte de los organismos están en la superficie y los recuentos superficiales por cm² ofrecen mayor información que los recuentos de muestras que incluyen tejidos profundos (Carrillo, 2007).

La pechuga de pollo cuyo pH es 5.7-5.9, se deteriora más lentamente que los músculos de la pierna que son levemente más neutros (pH 6.3-6.6) (Carrillo, 2007).

2.1.4. CONSUMO DE POLLO

El pollo es el ave más consumida en el Perú. Unos 6108 millones de nuevos soles constituyó el valor de la producción del sector avícola en el año 2009 (carne de ave y huevos) (MINAG, 2010).

En el 2009, la producción de ave ocupó el primer lugar en la contribución del VBP (valor bruto de producción) Agropecuario: 18.5% y la producción de huevos con el 2.9% en total (MINAG, 2010).

Para el nuevo año base del Índice de Precios al Consumidor (IPC), la carne de pollo representa el 3.0% del gasto total de la canasta familiar y los huevos el 0.7% de la misma (MINAG, 2010).

En los cinco primeros meses del año 2010, la producción se incrementó en 7.7% con respecto a su similar del año pasado. Esto es consecuencia de una mayor colocación de pollitos BB (+8.7%) (MINAG, 2010).

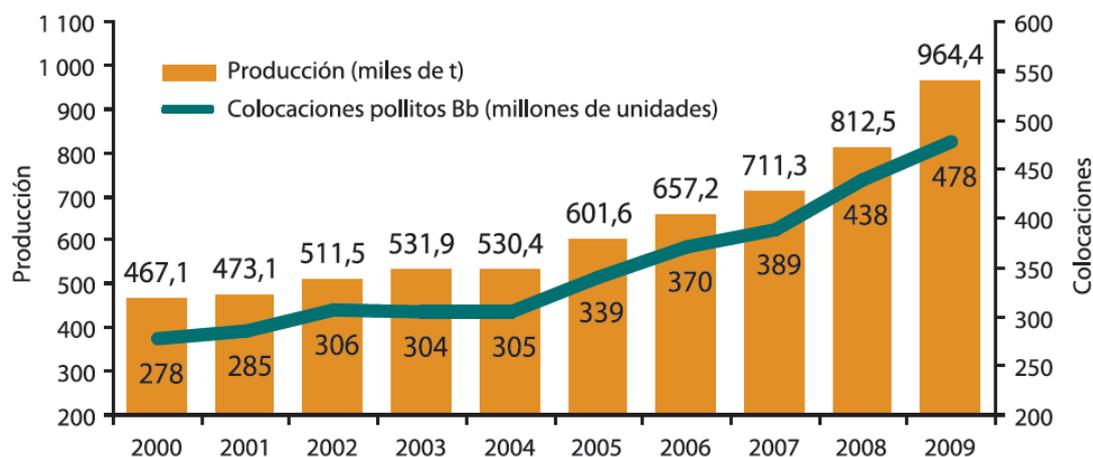


Figura 1: Producción de Carne de Pollo y Colocaciones de Pollitos BB Línea Carne (MINAG, 2010).

Cuadro 3: Importancia del sector Avícola en la economía.

Variables	2000	2009	Tasa de crecimiento promedio anual
Producción de carne de ave (miles de t)	510	964	6.6%
Producción de carne de pollo (miles de t)	467	884	6.6%
Producción de huevo (miles de t)	179	269	4.2%
Sector avícola sobre el valor de la producción agropecuaria (%)	17	22	-
Sector avícola sobre el valor de la producción pecuaria (%)	46	53	-
Consumo per cápita de carne de ave (kg/hab/año)	20	32	4.7%
Consumo per cápita de carne de pollo (kg/hab/año)	19	30	4.9%
Consumo per cápita de huevos (unid/hab/año)	111	146	2.8%
Colocación de pollos BB línea carne (millones de unidades)	278	478	5.6%
Colocación de ponedoras (millones de unidades)	10	15	4.3%
Exportaciones de carne de pollo (miles de US\$FOB)	0	72	-
Exportaciones de carne de pollo (t)	0	31	-
Importaciones de carne de pollo (miles de US\$CIF)	3094	7898	9.8%
Importaciones de carne de pollo (t)	6386	7698	1.9%
Valor bruto de la producción de carne de ave (millones de soles)	1904	5088	10.3%
Valor bruto de la producción de huevo (millones de soles)	490	1020	7.6%
Valor bruto de la producción del Sector Avícola (millones de soles)	2393	6108	9.8%

FUENTE: MINAG, 2010

2.2. TRATAMIENTO TÉRMICO

2.2.1. PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Las temperaturas por encima de aquellas a las que los microorganismos crecen producen inevitablemente su muerte o les provoca lesiones subletales. Exposiciones (temperatura/tiempo) moderadas producen efectos subletales. Las células lesionadas pueden permanecer viables pero son incapaces de multiplicarse hasta que la lesión no se haya reparado. Exposiciones más drásticas provocan en las poblaciones homogéneas un progresivo y ordenado descenso de sus tasas debido a la muerte de un número de células tanto más elevado cuanto más prolongado sea el tiempo de exposición. Aunque se han observado excepciones, está perfectamente establecido que el orden de la termodestrucción es esencialmente logarítmico (Pflug y Schmidt, 1968; Brown y Melling, 1971; Stumbo, 1973; citados por ICMSF, 1980).

Resulta importante saber lo que se consigue mediante la aplicación de un tratamiento térmico. El objetivo primordial puede consistir en la destrucción de los microorganismos capaces de multiplicarse en el producto a la temperatura prevista de distribución, o de poner en peligro la salud del consumidor. Sin embargo, para diversos productos, las propiedades organolépticas pueden ser más importantes al establecer la intensidad del tratamiento térmico (Rees y Bettison, 1994).

El control de los gérmenes capaces de provocar toxiinfecciones alimentarias es siempre un aspecto importante y el objetivo del tratamiento puede consistir en la destrucción de ciertos agentes patógenos que pueden multiplicarse o no en el producto (Rees y Bettison, 1994).

Los esporos bacterianos son muy resistentes a las temperaturas extremas; algunos pueden incluso sobrevivir a tratamientos de varios minutos a 120°C y horas a 100°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).

2.2.2. VELOCIDAD DE INACTIVACIÓN MICROBIANA: TIEMPO DE REDUCCIÓN DECIMAL O VALOR D

Cuando una suspensión de microorganismos es calentada a temperatura constante, la reducción de organismos viables sigue una reacción de primer orden. Siendo N = número de organismos viables (Toledo, 1999).

$$-\frac{dN}{dt} = kN \dots (1)$$

k es la constante de velocidad de primer orden para la inactivación microbiana. Integrando la ecuación (1) usando como condición inicial $N = N_0$ cuando $t = 0$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kt \dots (2)$$

La ecuación (2) grafica una línea cuando se trazan N contra t en un plano semilogarítmico. La ecuación (2) expresada en logaritmos decimal es:

$$2.303 \log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kt \log\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{-kt}{2.303}$$

o;

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{-t}{D} \dots (3)$$

La ecuación (3) define el tiempo de reducción decimal, es decir el tiempo requerido para reducir la población viable en un factor de 10. $D = 2.303/k$. Por lo tanto el tiempo de reducción decimal y la constante de velocidad de la cinética de primer orden pueden ser convertidas para su uso en ecuaciones que requieran el apropiado parámetro cinético (Toledo, 1999).

El número de sobrevivientes, N , es considerado la probabilidad de deterioro si el valor es menor de uno. Cualquier valor mayor o igual a uno, significa ciertamente deterioro (probabilidad igual a 1) (Toledo, 1999).

La Figura 2 muestra una gráfica típica de supervivencia bacteriana, que revela un orden de destrucción logarítmico (o exponencial). Representando, en función del tiempo, el logaritmo del número de los supervivientes a la exposición a una determinada temperatura se obtiene una “línea recta”. Bajo condiciones fijas la velocidad de termodestrucción es constante e independiente del número inicial de células. A partir de estas gráficas se puede determinar el tiempo de reducción decimal, o valor D , número de minutos precisos para destruir el 90% de la población (ICMSF, 1980).

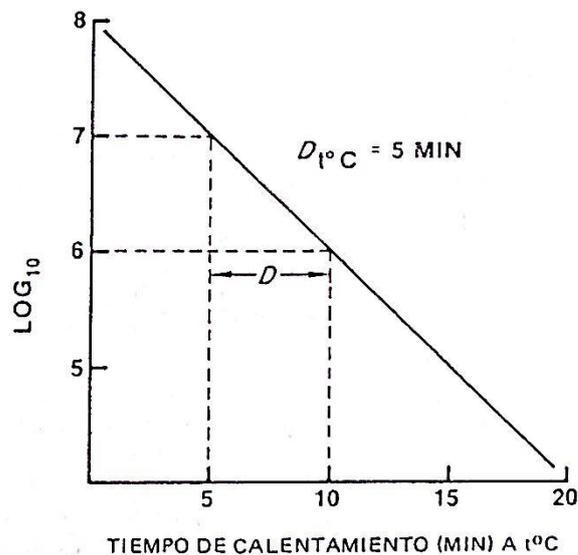


Figura 2: Ilustración del tiempo de reducción decimal D (ICMSF, 1980).

La línea recta de la Figura 2 se extiende teóricamente por debajo de la línea base hasta la zona de logaritmos negativos, por lo tanto, es evidente que la población no puede nunca quedar reducida a cero, de lo que se infiere que si se somete a un determinado tratamiento térmico cierto número de recipientes conteniendo una población microbiana conocida existirá siempre cierta probabilidad de supervivencia de algún microorganismo en un recipiente. Este hecho permite predeterminar un tratamiento que logre el nivel de destrucción microbiana deseado (ICMSF, 1980).

2.2.3. NÚMERO DE REDUCCIONES DECIMALES (N)

Dado que una función logarítmica no puede alcanzar el valor cero, en otras palabras, la esterilidad definida como la ausencia de esporas supervivientes en un volumen ilimitado de producto, es imposible de lograr, es más factible reducir el número de esporas hasta alcanzar una probabilidad de esporulamiento específica. Según Cambiano y Von Der Becke (2000); citados por Miranda-Zamora *et al.* (2010), el número de reducciones decimales en el recuento de esporas bacterianas, logrado por un proceso dado de esterilización es:

$$n = (\log N_0 - \log N) = \log\left(\frac{N}{N_0}\right) \dots (3b)$$

Dónde:

- n = Número de ciclos logarítmicos reducidos
- N_0 = Número inicial de microorganismo
- N = Número de microorganismos sobrevivientes.

2.2.4. VALOR Z

Si el valor D refleja la termorresistencia de las bacterias a una determinada temperatura, los puntos de una gráfica de termodestrucción indican las resistencias relativas a las distintas temperaturas. Las gráficas de termodestrucción pueden construirse de diversos modos. La Figura 3 ilustra un procedimiento muy útil: la representación de los logaritmos de los valores D en función de las temperaturas a que corresponden. La pendiente de la gráfica se expresa en términos del valor z , que es el número de grados Celsius (original grados Fahrenheit) precisos para que la gráfica de termodestrucción atraviese un ciclo logarítmico (ICMSF, 1980).

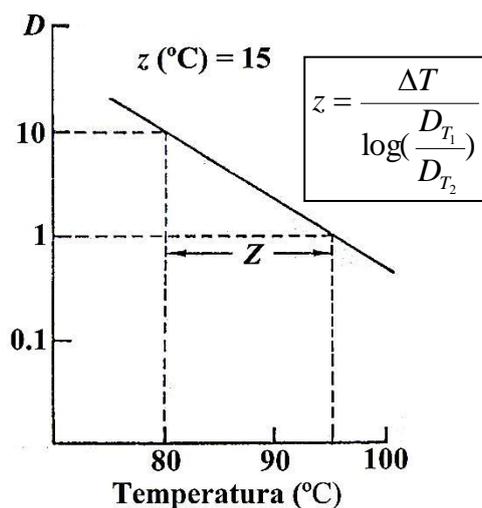


Figura 3: Gráfica teórica de termodestrucción (ICMSF, 1980).

El valor z o constante de resistencia térmica es un parámetro de termorresistencia característico de cada microorganismo y expresa el cambio en la tasa de muerte con respecto a un cambio en la temperatura letal (Morales-Blanca y Torres, 2003b; citados por Miranda-Zamora, 2010). Sus valores son menos fluctuantes que los de D , y son generalmente del orden de 4 a 7°C para las formas vegetativas y de 10°C para las esporas. Sin embargo, pueden observarse desviaciones importantes según las condiciones de calentamiento (Mafart, 1991; citado por Miranda-Zamora, 2010).

2.2.5. EFICACIA O VELOCIDAD LETAL

Usando el valor z puede calcularse la eficacia o velocidad letal L a partir de:

$$L = \log^{-1}\left(\frac{T - T_{ref}}{z}\right) \dots (4a)$$

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).

Según Sharma (2003), por lo general las esporas de *C. botulinum* son destruidas a un ritmo de un ciclo logarítmico cada 0.2 minutos en una solución amortiguadora de fosfato a 250°F. Asimismo, se ha observado que a otras temperaturas, el tiempo de procesamiento puede ajustarse a un tiempo equivalente a 250°F con la siguiente ecuación:

$$F_0 = F_T \log^{-1}[(T - 250)/18] \dots(4b)$$

Dónde:

F_T = minutos a la temperatura de procesamiento en °F,

F_0 = minutos de procesamiento a 250°F y

$L = \log^{-1}[(T - 250)/18]$ es un factor de conversión que se conoce por lo general como velocidad letal.

Aunque en términos estrictos este factor es adimensional, es útil pensar que presenta unidades de “minutos a 250°F por minuto a cualquier temperatura T °F”. El 250 en este factor es la temperatura elegida de modo arbitrario, pero comúnmente utilizada, que se conoce como temperatura de referencia (T_{ref}). El 18 es el valor z (en °F o 10°C) para el *C. botulinum*. (Sharma, 2003).

2.2.6. VALOR F

Ball introdujo el símbolo F 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 $z = 10$ °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).

El valor F_0 de un tratamiento térmico puede obtenerse en la práctica mediante la suma de las eficacias letales de las temperaturas alcanzadas a intervalos de 1 minuto, a partir de la curva de calentamiento y enfriamiento de un producto durante su tratamiento térmico (Rees y Bettison, 1994).

El valor esterilizante de un determinado tratamiento térmico suele designarse con la notación de F_0 , que es el número de minutos requeridos para destruir un número

especificado de esporos (de *Clostridium botulinum*) a 121.1°C (250°F), cuando z vale 10°C (o 18 en términos de °F). Así por ejemplo, el tratamiento necesario para la conservación de alimentos poco ácidos ($\text{pH} > 4.6$) debe ser suficiente para destruir los esporos de *Clostridium botulinum*. Este tratamiento térmico ha sido arbitrariamente establecido como el capaz de reducir cualquier población de los esporos más termorresistentes de *Clostridium botulinum* a 10^{-12} de su tasa original, o, en otras palabras, la aplicación de 12 reducciones decimales (12D) (ICMSF, 1980).

De los estudios de Esty y Meyer (1922) y Townsend (1938); citados por ICMSF (1980), se deduce que el tiempo requerido a 121°C (250°F) para que, en un tampón fosfato, la población preexistente sufra 12 reducciones decimales es de 2.45 min. El valor F_0 para el *Clostridium botulinum* en cualquier otro medio de calentamiento, exige su determinación experimental mediante el uso de envases inoculados (ICMSF, 1980).

2.2.7. ESTERILIDAD COMERCIAL

El tratamiento térmico de los alimentos suele denominarse erróneamente esterilización. Es importante reconocer que un producto que ha sido sometido a “esterilización” térmica puede no ser estéril. Si se asume que la destrucción microbiana por el calor sigue un curso logarítmico, la esterilidad absoluta es inalcanzable (Rees y Bettison, 1994).

Un alimento “estéril comercialmente” puede definirse como un producto que ha sido sometido a un tratamiento térmico tal que, no se altera en condiciones normales de almacenamiento, ni supondrá un peligro para la salud del consumidor (Rees y Bettison, 1994).

Cuadro 4: Valores F_0 para algunos procesos comerciales.

Producto	Tamaño de lata	F_0 (min)
Espárrago	Todos	2 – 4
Vainitas en salmuera	603x700 (153 x 178 mm)	6
Pollo deshuesado	Todos	6 – 8
Granos de Maíz entero en salmuera	307x409 (83 x 116 mm)	9
Granos de Maíz entero en salmuera	603x700 (153 x 178 mm)	15
Crema de Maíz	307x409 (83 x 116 mm)	5 – 6
Comida de Perro	307x409 (83 x 116 mm)	12
Comida de Perro	603x700 (153 x 178 mm)	6
Pastel de carne	307x409 (83 x 116 mm)	6
Arvejas en salmuera	307x409 (83 x 116 mm)	7
Arvejas en salmuera	603x700 (153 x 178 mm)	11
Salchicha de Viena en Salmuera	Varios	5
Chili con carne (plato)	Varios	6

FUENTE: Adaptado de Alstrand y Ecklund (1952); citados por Toledo (1999).

2.2.8. ENLATADOS

El enlatado de alimentos es el procedimiento para conservar alimentos envasándolos en recipientes herméticamente cerrados, calentándolos para destruir microorganismos patógenos y causantes del deterioro y sus esporas, así como para inactivar enzimas. De esta clase de productos, se dice que desde el punto de vista comercial son estériles. Este proceso difiere de la pasteurización en el cual se utiliza un nivel de tratamiento térmico más bajo, lo que permite que queden en condiciones de viabilidad algunos organismos causantes del deterioro de los alimentos, aunque sí destruye a los patógenos (Sharma, 2003).

El tratamiento con calor puede llevarse a cabo en autoclaves intermitentes o de presión continua. Una autoclave puede ser de tipo estacionario o con agitación, y puede estar diseñada para operar con vapor saturado o con agua caliente. Con el tratamiento a base de presión, es posible emplear temperaturas cercanas a 250°F (121°C), que aceleran considerablemente la destrucción de microorganismos y esporas (Sharma, 2003).

a. Clasificación de los enlatados según su pH

Varias clasificaciones han sido propuestas para los alimentos enlatados. Cameron y Esty, 1940; citados por Stumbo (1973) sugieren la siguiente:

- Poco ácidos: pH 5.0 a más.
- Medianamente (semi-) ácidos: pH 5.0 a 4.5
- Ácidos: pH 4.5 a 3.7
- Altamente ácidos: pH 3.7 a menos

A excepción de la línea divisoria entre los alimentos ácidos y altamente ácidos, esta clasificación sirve tan bien como ninguna. En la práctica ha sido encontrado que un pH 4.0 es una línea de división más realista entre alimentos ácidos y altamente ácidos. Rara vez las bacterias esporuladas crecen en alimentos, tratados térmicamente, con pH de valores de 4.0 o inferiores. Algunas bacterias anaerobias butíricas y *Bacillus coagulans* (*B. Thermoacidurans*) pueden crecer en cultivos de laboratorio en alimentos con pH de valores tan bajos como 3.7, sin embargo, esto generalmente ocurre solo con un inóculo muy alto (Stumbo, 1973). Algunos autores reconocen solo tres clases de alimentos:

- Baja Acidez: pH encima de 4.5
- Ácidos: pH 4.0 a 4.5
- Alta acidez: pH debajo de 4.0

La línea divisoria entre alimentos de baja acidez o poco ácidos es tomada en 4.5 porque algunas cepas de *Clostridium botulinum* pueden crecer y producir su toxina a valores de pH tan bajos como 4.6. Algunos de los anaerobios sacarolíticos de alta resistencia térmica – por ejemplo, *Clostridium Thermosaccharolyticum* – crecen y producen el deterioro de alimentos en el rango semiácido. Por lo tanto, mientras no se conozca la termorresistencia bacteriana y su crecimiento en alimentos semiácidos, quizás es mejor que se mantengan en el grupo de baja acidez (Stumbo, 1973).

Cuando se someten a tratamiento térmico alimentos de baja acidez con un valor de pH de 4.5 o superior, debe aplicarse un proceso equivalente en letalidad como mínimo a $F_0=3$ minutos para que sea mínimo el riesgo de supervivencia de los esporos de *C.*

botulinum. Es costumbre utilizar un valor z de 10°C en el caso de *C. botulinum* (Rees y Bettison, 1994).

b. Cocción botulínica

El microorganismo formador de esporos bacterianos más importante con respecto al tratamiento térmico es *Clostridium botulinum* ya que produce una potente neurotoxina. El microorganismo aparece con siete serotipos diferentes A-G que se subdividen en cepas proteolíticas y no proteolíticas. Los esporos más resistentes al calor son los producidos por el tipo A y por las cepas proteolíticas B. El valor D a 121.1°C de las cepas más resistentes se considera generalmente que es de 0.21 minutos. En el Cuadro 5 se incluyen los valores típicos de resistencia al calor de las diferentes cepas de *C. botulinum* responsables de la intoxicación alimentaria humana (Rees y Bettison, 1994).

Cuadro 5: Termorresistencia de esporos de *C. botulinum*.

Cepa	Temperatura (°C)	Valor D típico (min)	Valor z típico (°C)
Tipo A (proteolítico)	121.1	0.13	9.0
Tipo B (proteolítico)	121.1	0.15	11.0
Tipo B (no proteolítico)	82.2	1.5-32.3	8.3-16.5
Tipo E (no proteolítico)	77.0	0.77-1.95	-
Tipo F (proteolítico)	121.1	0.14-0.22	9.3-12.1
Tipo F (no proteolítico)	77.0	1.6-9.5	-
Tipo G (proteolítico)	115.6	0.25-0.29	20.9-27.3

FUENTE: Adaptado de Rees y Bettison (1994).

Las cepas proteolíticas de *C. botulinum* producen típicamente gas y un olor a putrefacción durante su multiplicación en el alimento mientras que las cepas no proteolíticas suelen provocar escasos cambios organolépticos en el producto.

Los esporos de *C. botulinum* resisten al calor lo suficiente para sobrevivir a un tratamiento a temperatura superior a 100°C. Esta propiedad determinó la aplicación de la cocción botulínica mínima, que es un proceso equivalente en letalidad a 3 min a 121.1°C ($F_0=3$) calculado con un valor z de 10°C (Rees y Bettison, 1994).

Una cocción botulínica suele considerarse como un tratamiento 12-*D*, sin embargo, un tratamiento 12-*D* no es idéntico necesariamente a un tratamiento equivalente en letalidad a 3 min a 121.1° C ($F_0=3$). El tratamiento $F_0=3$ se calcula de forma totalmente independiente al concepto 12-*D*. el concepto 12-*D* se basa en varios supuestos incluyendo la resistencia al calor, la distribución y concentración de los esporos, supuestos que es poco probable que sean verdaderos en la práctica. También es importante tener presente que los supuestos sobre la cinética de la termodestrucción a lo largo de 12 ciclos logarítmicos suelen basarse en experimentos en los que quizás solamente se alcanzaron 7 reducciones decimales (es decir, efectuando una extrapolación a lo largo de 5 ciclos logarítmicos). En términos de probabilidad de supervivencia, el concepto 12-*D* equivale a una probabilidad de 1×10^{-12} . El concepto 12-*D* supera en varios ciclos logarítmicos los rangos experimentales actualmente usados para determinar la resistencia de los esporos de *C. botulinum*. Por fortuna la cocción botulínica no se basa en estos cálculos de probabilidades de supervivencia tan reducidos sino en una inocuidad demostrada en la práctica (Rees y Bettison, 1994).

c. Requisitos de tratamientos térmicos para productos enlatados (alimentos de baja acidez)

De la curva de sobrevivientes que aparece en la Figura 2 se puede derivar una ecuación que describe la destrucción térmica de bacterias. Si la carga inicial de esporas se designa N_0 y la carga de esporas sobrevivientes después de la exposición al calor a temperatura constante es N_s , el tiempo (t) requerido para producir una determinada reducción del número de esporas puede calcularse mediante la ecuación (5), que lo relaciona con el valor D_T de la especie en cuestión (Warne, 1989).

$$t = D_T (\log N_0 - \log N_s) \dots (5)$$

Esta ecuación permite calcular directamente el tiempo requerido a temperatura constante para obtener una reducción de los niveles de esporas, una vez que se hayan especificado la cantidad existente antes del tratamiento térmico y al nivel que se desea llegar, y siempre que se conozca el valor D de las esporas en examen. Por ejemplo, si consideramos el tratamiento mínimo generalmente aceptado para prevenir el botulismo originado por procesamiento insuficiente de los productos pesqueros envasados

conservados mediante calor únicamente (que presupone una carga inicial del orden de una espora por gramo y, de conformidad con las directrices de las buenas prácticas de fabricación, apunta unas cargas finales de no más de 10^{-12} esporas/gramo), el tiempo mínimo necesario para conseguir la esterilidad comercial (es decir para un tratamiento de $12D$) puede calcularse como sigue (Warne, 1989):

$$t = 0.23(\log 1 - \log 10^{-12})$$

$$t = 0.23(12)$$

$$t = 2.8 \text{ min}$$

En el Cuadro 6 pueden observarse valores D_T para los microorganismos generalmente usados como referencia para establecer el tratamiento térmico.

Cuadro 6: Tiempos de reducción decimal (valores D_T) para las esporas bacterianas de importancia en la fabricación de pescado en conserva.

Organismo	Temperatura aproximada de proliferación óptima (°C)	Valor D (min) ^a
<i>B. stearothermophilus</i>	55	$D_{121.1}$ 4.0 – 5.0
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	55	$D_{121.1}$ 3.0 – 4.0
<i>D. nigrificans</i>	55	$D_{121.1}$ 2.0 – 3.0
<i>C. botulinum</i> (tipos A y B)	37	$D_{121.1}$ 0.1 – 0.23
<i>C. sporogenes</i> (PA 3679)	37	$D_{121.1}$ 0.1 – 1.5
<i>B. coagulans</i>	37	$D_{121.1}$ 0.01 – 0.07
<i>C. botulinum</i> (tipo E)	30-35 ^b	$D_{82.2}$ 0.3 – 3.0

^a Los valores D consignados en el cuadro se refieren a una temperatura de 121.1°C, salvo el del *C. botulinum* tipo E, cuyas esporas son relativamente sensibles al calor y mueren a temperaturas de pasteurización (por ejemplo 82,2°C).

^b Aunque la gama de temperaturas de crecimiento óptimo del *C. botulinum* tipo E es de 30 a 35°C, este microorganismo soporta un mínimo de 3.3°C, lo que significa que puede proliferar a temperaturas de refrigeración.

FUENTE: Warne, 1989.

Desde el punto de vista de la prevención del deterioro bacteriano del producto acabado, el fabricante conservas debe tomar en consideración dos factores al seleccionar las condiciones del tratamiento térmico. El primero es que el producto no sea fuente de

botulismo para los consumidores, y el segundo, que el riesgo de deterioro no patógeno se mantenga en niveles comerciales aceptables (Warne, 1989).

La prevención de botulismo causado por un procesamiento insuficiente implica que la probabilidad de que sobrevivan esporas de *C. botulinum* después del tratamiento térmico ha de ser suficientemente remota como para no constituir un riesgo significativo para la salud del consumidor. La experiencia ha demostrado que un tratamiento equivalente a doce reducciones decimales en la población de esporas de *C. botulinum* es suficiente para garantizar la inocuidad. Este sería un tratamiento de 12D; suponiendo una carga inicial de una espora por gramo de producto, con un tratamiento de este tipo la probabilidad de que sobrevivan esporas de *C. botulinum* es de 10^{-12} , o sea una sobre un billón. Esto significa que de cada billón de envases con una carga inicial de esporas de *C. botulinum* de 1/g que se someten a un tratamiento de 12D, uno solo contendrá una espora viva. Esta probabilidad tan baja de supervivencia es comercialmente aceptable, puesto que no representa un peligro para la salud (Warne, 1989).

Aunque no constituye un problema tan serio como el botulismo, el deterioro provocado por bacterias no patógenas, si se repite, termina por poner en peligro la rentabilidad y viabilidad comercial de la operación de envasado. Vistos los riesgos comerciales de fracaso del producto, los fabricantes de conservas deberían cuantificar los niveles máximos tolerables de supervivencia de esporas en sus alimentos envasados. Aquí también, al igual que con la adopción de un tratamiento mínimo de 12D para prevenir el botulismo, la experiencia proporciona la mejor orientación para determinar cuáles son los niveles aceptables de supervivencia de esporas no patógenas. Para las esporas mesófilas distintas de las del *C. botulinum*, se considera suficiente un tratamiento 5D; para las esporas termófilas, en cambio, la idoneidad del tratamiento se establece, en general, en términos de la probabilidad de supervivencia de esporas que puede ser aceptable desde el punto de vista comercial. En otras palabras, se trata de decidir cuál es el nivel de deterioro por esporas termófilas que se puede tolerar, teniendo presentes los costos monetarios de la intensificación del tratamiento, los costos en términos de calidad derivados de un procesamiento excesivo y, por último, los costos de un fracaso en el mercado si las esporas termófilas que sobreviven producen el deterioro del producto. Teniendo en cuenta todos estos aspectos, en general se considera que una reducción de las esporas termófilas a niveles del orden de 10^{-2} o 10^{-3} por gramo es aceptable. Los motivos por los cuales se

puede tolerar un riesgo mayor de deterioro (por supervivencia, germinación y proliferación de esporas termófilas) son dos. En primer lugar, porque si se aplican temperaturas de almacenamiento razonables (por ejemplo, 35°C), los sobrevivientes no germinarán; en segundo lugar, porque incluso si se produce descomposición del producto ésta no representa un peligro para la salud pública (Warne, 1989).

Rees y Bettison (1994) mencionan que el tratamiento mínimo para un alimento enlatado de baja acidez debe reducir la probabilidad de supervivencia de esporos de *C. botulinum* a menos de 1 de cada 10^{12} recipientes. Esto suele interpretarse como un tratamiento térmico mínimo de correspondiente a un valor $F_0 = 3$. En la práctica, los industriales suelen aplicar tratamientos térmicos superiores a $F_0 = 3$ (por ej., 6 – 7 o más) para asegurar el control de la flora alterante. Del mismo modo Sharma (2003) menciona que el valor F_0 se fijará en función al *Clostridium botulinum* cuyos parámetros de destrucción térmica, de los serotipos más resistentes y letales (A y B), son $D_{250^{\circ}\text{F}} = 0.21$ minutos y $z = 18^{\circ}\text{F}$.

Es necesario tener bien presente que el nivel de contaminación del que se parta, N_0 , es muy importante, porque como se ve en la ecuación (5), cuanto mayor sea este valor quedarán más microorganismos supervivientes para unos valores dados de t y D (Casp, 1999).

d. Procedimiento de esterilización según el producto

Cuando se trabaja con productos a envasar con elevada fracción líquida o con aquellos otros en los que se forma una fase líquida, pueden utilizarse temperaturas de esterilización comprendidas entre los 125°C y 130°C. Entre estos artículos se cuentan las sopas, conservas asadas y menestras. El tratamiento con temperaturas en torno a 120°C debe reservarse para aquellos productos que disponen de escasa fracción líquida, como las carnes de vaca, cerdo y cordero en su propia salsa. Las conservas sensibles, como por ejemplo salchichas en lata, carnes de aves y de caza, deben esterilizarse solo a temperaturas entre 110°C y 117°C (Sielaff, 2000).

e. Transferencia de calor en alimentos enlatados

En el enlatado, el calor se transfiere a través de las paredes de los recipientes a las sustancias alimenticias sólidas por conducción y a los alimentos líquidos por convección, ya sea natural o forzada. La rapidez de calentamiento de los alimentos depende de la naturaleza del medio de calentamiento, el coeficiente de conducción (conductividad térmica) de la lata y el alimento, y de si la convección hace circular o no el alimento dentro de una lata (Sharma, 2003).

Sielaff (2000) menciona que la velocidad con que se difunde el calor en el producto depende decisivamente de la composición de éste. Los principales factores de influencia son la estructura, densidad, proporción entre componentes sólidos y líquidos, viscosidad y tamaño de los trozos o partículas.

El factor más importante de los que condicionan la penetración del calor en los productos es su naturaleza, que es la que va a determinar por qué mecanismo de transmisión de calor va a producirse el intercambio térmico (Casp, 1999). El autor previamente citado sintetiza los factores en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Factores que condicionan la penetración de calor.

	Factor	Comentario
Proceso	Coficiente superficial de transmisión de calor	El coeficiente de película, h , gobierna la transmisión de calor sobre la superficie del envase, y es una característica del equipo empleado y del vector usado en la transmisión de calor. El valor más alto de coeficiente de película se obtiene con vapor condensándose.
	Agitación	La agitación de los envases incrementa la transmisión de calor para determinados productos: líquidos viscosos o sólidos en el seno de líquidos, que soporten el movimiento sin dañarse.
Producto	Naturaleza	La naturaleza del producto condiciona la penetración de calor, permitiendo la transmisión de calor por convección o por conducción. Algunos productos cambian de mecanismo de transmisión de calor a lo largo del proceso.
	Temperatura inicial	Cuanto más alta sea la temperatura inicial más corto será el proceso. Los procesos más sensibles a las diferencias de temperatura inicial son los que transcurren por conducción.
	Propiedades termofísicas	Es importante principalmente la difusividad térmica.
Envase	Materiales	Pueden ser muy distintos: hojalata, aluminio, vidrio, film plástico, etc. La conductividad térmica de estos materiales determinan la penetración de calor.
	Geometría	La relación superficie/volumen condiciona la penetración de calor, que mejorará al incrementarse dicha relación.

FUENTE: Casp, 1999

Casp (1999) menciona que en la práctica industrial se pueden encontrar los siguientes tipos de productos:

- Líquidos de baja viscosidad que permiten la formación de corrientes de convección en los que el calentamiento es muy rápido (p.ej.: zumos, leche, etc.)
- Sólidos o líquidos de alta viscosidad, en los que el calor se transmite por conducción, y por lo tanto el calentamiento es más lento. Durante el calentamiento y el enfriamiento la temperatura tomará un valor distinto en cada punto de la masa del producto y durante esos periodos, para una localización determinada, la temperatura variará con el tiempo.
- Líquidos que contienen en su seno sólidos de pequeño tamaño, de forma que la penetración de calor viene determinada en gran medida por la movilidad del líquido (proporcional a la relación líquido/sólido existente). La temperatura de los sólidos puede considerarse la misma que la del líquido que los rodea.

- Sólidos con un líquido de cobertura, en este caso el líquido se calentará por convección (con mayor o menor facilidad dependiendo de la posibilidad de formar corrientes de convección por los espacios libres entre los sólidos), y servirá de vector del calor al sólido que a su vez se calentará por conducción.
- Productos que comienzan a calentarse por conducción y en un determinado momento (por cambios en su estructura y propiedades reológicas) pasan a terminar el proceso calentándose por convección, y viceversa.

Si el líquido se encuentra en libertad dentro del envase, se podría considerar que durante todo el proceso las diferencias de temperatura en la masa del producto son mínimas y que existirá una homogeneidad suficiente en el tratamiento recibido por el producto (Casp, 1999).

Sielaff, (2000) menciona que, atendiendo al mecanismo de transmisión de calor, los contenidos de las conservas pueden clasificarse así:

- Productos en los que el calor se transmite por convección sin obstáculos. Entre ellos se cuentan, por ejemplo. La leche condensada sin azúcar y determinadas salsas y sopas.
- Productos calentados por conducción, como el jamón cocido, manos de cerdo con gelatina y embutidos escaldados.
- Productos calentados simultáneamente por conducción y convección. En este grupo se incluyen la mayoría de los productos cárnicos y preparados de pescado, fruta y verduras.

2.2.9. EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Según Sharma (2003), el enlatado es un proceso térmico de conservación de los alimentos en el que éstos alcanzan la esterilidad comercial colocándolos en recipientes herméticamente cerrados que luego se calientan. Al determinar los méritos de un proceso o crear uno nuevo, se deben examinar los siguientes factores:

- Esterilidad del producto
- Economía

- Calidad del producto
- Uniformidad del producto

La esterilidad del producto requiere de un tratamiento térmico adecuado; cuanto más prolongado tanto mejor. Por otra parte, los otros tres factores 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 que haya sobreprocesamiento (Sharma, 2003).

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

El espacio superior o de cabeza se define como la porción del recipiente que no ocupa el producto. Tanto el espacio superior como la velocidad de agitación (rpm) tienen una influencia importante en la rapidez de calentamiento y enfriamiento, y, en consecuencia, en el tiempo de procesamiento total (Sharma, 2003).

a. Determinación del punto más frío del envase

Es evidente que para poder estudiar el proceso de calentamiento de cualquier producto en su envase es necesario conocer cómo evoluciona la temperatura en su interior, y tener en cuenta que la selección del punto de medida de esta temperatura es de crucial importancia. La temperatura deberá medirse en el punto en el que el calentamiento sea más lento, al que llamaremos punto crítico, ya que de esta forma se tendrá la seguridad de que todos los demás puntos del producto habrán recibido un tratamiento térmico de mayor intensidad que el determinado con la medida realizada, y se podrá pensar que si el procesamiento del producto ha sido suficiente en el punto crítico, también lo habrá sido para el resto de la masa del alimento. El problema se reduce a localizar el punto crítico y colocar en él, el sensor de temperatura (Casp, 1999).

Casp (1999) menciona que generalmente se admite que:

- Para productos que se calientan por convección, en envases cilíndricos, el punto crítico se sitúa en el eje longitudinal a $1/5$ de la altura, medido desde la base.
- Para productos que se calientan por conducción, en envases cilíndricos o de otras formas, el punto crítico se localiza en el centro geométrico de su masa.
- Para productos en los que intervienen los dos mecanismos de transmisión de calor (sólidos en líquido de gobierno), será necesario asegurarse de que el centro del sólido de mayor tamaño recibe el tratamiento adecuado, y será allí donde se deba posicionar el sensor.

Miranda-Zamora (2010) menciona que para alimentos de calentamiento por conducción, el punto más frío se ubica generalmente en el centro geométrico del envase. Para alimentos de calentamiento por convección, ese punto se ubica a $1/4$ de la base inferior del envase.

Por otro lado la NCA (1968) menciona que el punto de calentamiento más lento para productos calentados por convección procesadas en una posición vertical, está cercano a $3/4$ de pulgada por encima del fondo en el eje longitudinal de las latas pequeñas y cerca de $1/2$ pulgadas por encima del fondo en latas N° 10 (153 x 178 mm). Para productos calentados por conducción el punto de menor calentamiento se encuentra en el centro geométrico. Para productos que exhiben una curva quebrada, el punto de menor calentamiento se encuentra aproximadamente a la mitad, entre el centro geométrico de la lata y el punto de menor calentamiento para calentamiento por convección de la lata en cuestión.

Particular importancia se le debe dar al establecimiento del punto más frío en productos con características inusuales; como por ejemplo, cuando el alimento se encuentra en paquetes, capas, rodajas o envuelto. Las cáscaras pueden retardar la penetración de calor. En el caso de alimentos en piezas grandes, como papas, zanahorias, etc., el sensor es usualmente incrustado entre $1/4$ a $1/2$ pulgada dentro de la pieza (NCA, 1968).

b. 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 T_R .
- 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 como se representa en Figura 4 (Sharma, 2003).

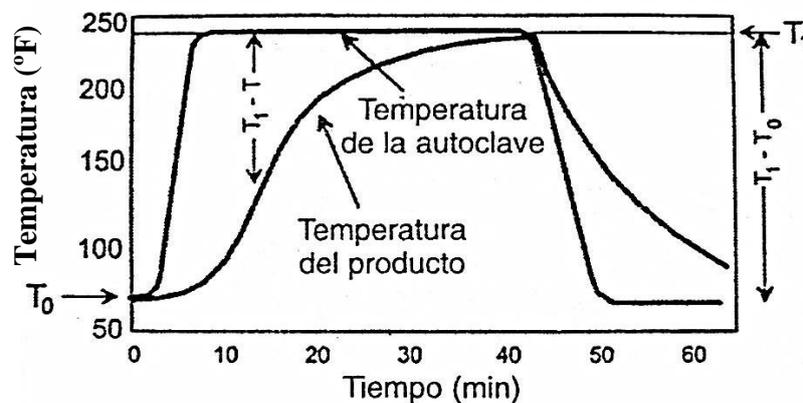


Figura 4: Perfiles de la temperatura de la autoclave y la temperatura del producto en el punto más frío (Sharma, 2003).

Para estudiar este proceso se definen las siguientes variables: t = tiempo desde el comienzo de procesamiento (min), T = temperatura del punto más frío del alimento en cualquier tiempo t , T_0 = la temperatura del punto más frío del alimento en el momento del inicio ($t = 0$) y T_1 = temperatura de procesamiento de la autoclave. La temperatura del

alimento T se aproximan de manera exponencial a la temperatura de la autoclave T_1 , por lo que la diferencia, $T - T_1$, se representa con respecto al tiempo en escala semilogarítmica (Sharma, 2003); como se puede ver en la Figura 5.

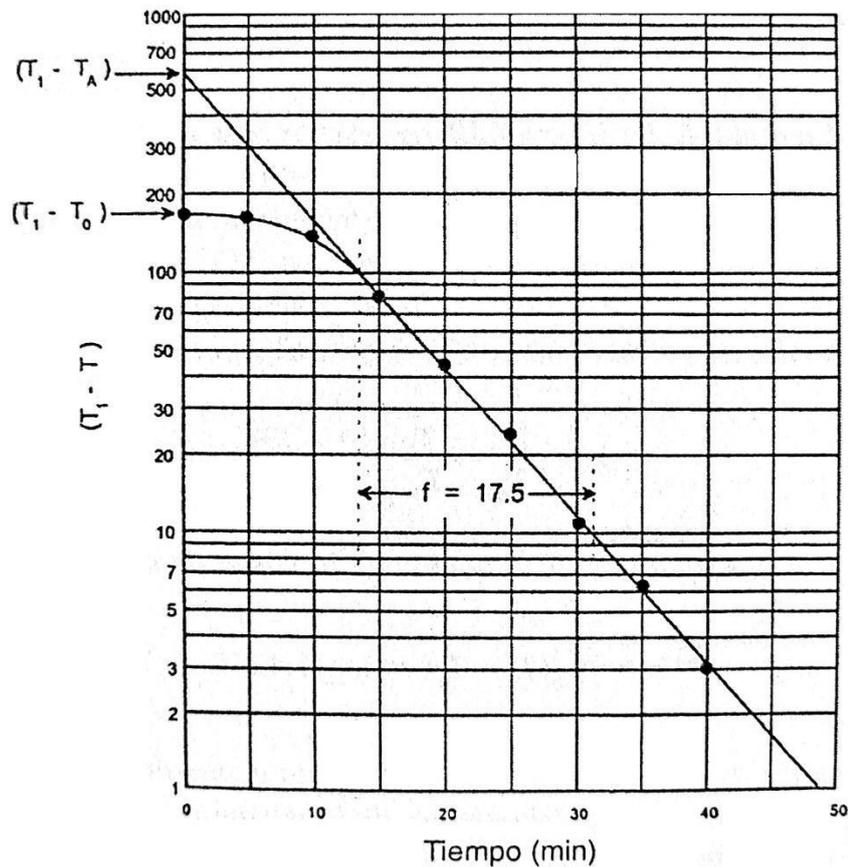


Figura 5: Gráfica característica de una curva de penetración de calor en escala semilogarítmica (Sharma, 2003).

La gráfica resultante puede dividirse en dos partes:

- La fase de retraso donde la pendiente de la curva aumenta.
- La fase lineal donde los datos se ajustan a una línea recta.

El objetivo consiste en describir ambas partes de esta curva en una sola ecuación lineal. Ajustar la fase lineal es fácil. Basta trazar una línea a través de esa parte de los datos. La ecuación de la línea trazada en términos generales es:

$$\log(T_1 - T) = \log(T_1 - T_A) - \frac{t}{f_h} \dots (6)$$

En la que t = tiempo de procesamiento (min), T = temperatura en el punto frío del alimento en el tiempo t , T_1 = temperatura de procesamiento en la autoclave, T_A = temperatura inicial aparente que se necesita para obtener una línea recta, y f_h = tiempo necesario para que la curva de penetración de calor atraviese un ciclo logarítmico (Sharma, 2003).

Sharma (2003), menciona que la temperatura inicial aparente T_A es una temperatura ficticia que se inventó para hacer que los datos se ajusten a una línea recta que no lo es por completo. Para lograr que la temperatura inicial real determine la intersección y al mismo tiempo tener una ecuación lineal se propuso una solución. Observando en la Figura 5 la curva real tiene una intersección en $\log(T_1 - T_0)$. La diferencia entre esta intersección verdadera y la intersección aparente es:

$$\text{Diferencia} = \log(T_1 - T_A) - \log(T_1 - T_0) \dots (7)$$

De esta manera, si se conoce el valor inicial verdadero, es posible encontrar la intersección aparente sumando esta diferencia. Si se le llama a esta diferencia $\log(j_h)$, la ecuación (7) se convierte en:

$$\log(j_h) = \log(T_1 - T_A) - \log(T_1 - T_0) \dots (8a)$$

Ordenando la ecuación (8a) se obtiene:

$$\log(T_1 - T_A) = \log(j_h) + \log(T_1 - T_0) \dots (8b)$$

Al sustituir esta equivalencia en la ecuación (6) y simplificando se obtiene:

$$\log(T_1 - T) = \log(j_h) + \log(T_1 - T_0) - \frac{t}{f_h} \dots (9)$$

$$\log(T_1 - T) = \log[j_h(T_1 - T_0)] - \frac{t}{f_h} \dots (10)$$

La ecuación (10) es la ecuación lineal de elección, cuya intersección se calcula a partir de la temperatura inicial real. El único requisito es que se cuente con alguna manera de determinar j . Para hacerlo, se simplifica la ecuación (8a) como sigue:

$$\log(j_h) = \log\left(\frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0}\right) \dots (11)$$

$$j_h = \frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0} \dots (12)$$

De este modo, j_h es la razón de dos diferencias, una aparente y otra real. Ambas diferencias se leen de manera directa en la gráfica semilogarítmica. Ahora es posible determinar f_h y j_h para un alimento y un recipiente particulares a partir de una serie de datos, luego utilizarlos para predecir la rapidez de calentamiento para el mismo producto y el mismo recipiente en situaciones con distintos valores para T_0 y T_1 (Sharma, 2003).

De forma similar y analizando los datos de la curva de enfriamiento (ver Figura 6) se pueden obtener los valores de f_c y j_c que corresponden a los parámetros en la etapa de enfriamiento del producto (Sharma, 2003).

En este proceso el tiempo de desconexión del vapor se considera tiempo 0. T_2 = la temperatura del medio de enfriamiento. T_B = la temperatura del alimento al tiempo de la desconexión (Sharma, 2003).

Elaborando una gráfica de $(T - T_2)$ contra tiempo sobre papel logarítmico (ver Figura 6B) y ajustando a una línea recta se determina f_c (tiempo necesario para que la curva de enfriamiento atravesase un ciclo logarítmico) (Sharma, 2003).

La temperatura aparente del alimento al momento de la desconexión T_{BA} , como se lee con dicha línea recta, sirve para poder determinar j_c y finalmente este parámetro define la ecuación del enfriamiento (Sharma, 2003).

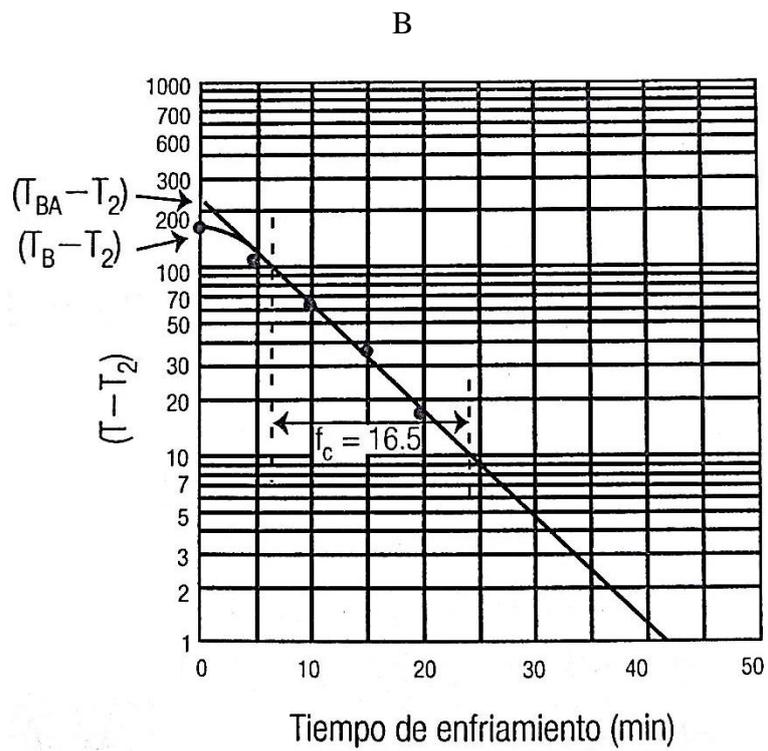
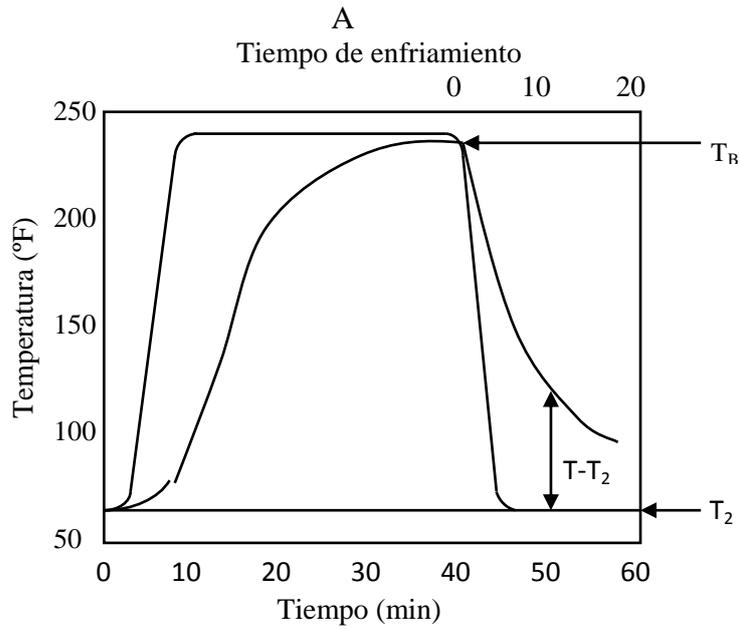


Figura 6: Puntos sobresalientes de un perfil de temperatura durante la porción de enfriamiento de una prueba de penetración de calor (A), y diferencia de temperaturas vs. tiempo de enfriamiento en escala semilogarítmica (B) (Sharma, 2003).

c. **Cálculo del Procesamiento**

Método General

El método es esencialmente un método gráfico que integra los efectos letales de varios puntos de relación tiempo-temperatura existentes en algún punto del alimento que está siendo sometido a tratamiento térmico. Generalmente este punto donde se miden los efectos letales es el punto de calentamiento más lento (centro geométrico). De los valores obtenidos por la termocupla, las curvas de calentamiento y enfriamiento son construidas para representar las temperaturas existentes durante el proceso. En cada temperatura representada por un punto en las curvas, se considera que esa posee un valor esterilizante o letal (Stumbo, 1973).

De las relaciones tiempo-temperatura representado por la curva de destrucción térmica (DT), es posible asignar un valor de velocidad letal para cada temperatura representada por un punto en las curvas de calentamiento y enfriamiento de un producto durante el proceso. El valor de velocidad letal asignado para cada temperatura es numéricamente igual al recíproco del número de minutos requeridos para destruir algún porcentaje de esporas a esa temperatura (el porcentaje de destrucción es representado por todos los puntos en la curva de DT). Por lo tanto el tiempo de destrucción correspondiente a cada temperatura dada es tomado de la curva de DT del organismo para el cual el proceso está siendo diseñado (Stumbo, 1973).

En el método general original, el tiempo representado era trazado en contra de sus correspondientes velocidades letales para obtener la curva de letalidad. La velocidad letal era representada en las ordenadas y el tiempo en las abscisas (debido a que el producto de la velocidad letal y el tiempo era igual a la letalidad, el área debajo de la curva podía ser expresado como letalidad) (Stumbo, 1973).

Este es un procedimiento de prueba y error y muchas veces fue llamado método de prueba y error (Stumbo, 1973). Contribuciones de Ball (1928) y Schultz y Olson (1940); citados por Stumbo (1973) resultaron en un método general mejorado. Quizás la mayor contribución fue la construcción de una curva de destrucción térmica hipotética que pasa 1 minuto a 250°F.

Métodos matemáticos

Consiste en utilizar los parámetros de penetración de calor para diseñar o evaluar un proceso. El diseño implica determinar el tiempo que se necesita para alcanzar cierta letalidad. La evaluación incluye determinar la letalidad alcanzada por el proceso. El problema con el método general, mencionado antes, es que para cada nueva situación se necesitan datos experimentales. Si se utiliza una autoclave nueva, cambia la temperatura inicial del producto o bien cambia el tamaño de la lata, se necesita una nueva serie de datos experimentales (Sharma, 2003).

Método de Ball

Ball ha propuesto una fórmula para calcular la letalidad en una nueva situación utilizando los valores de f (velocidad de penetración de calor durante el calentamiento y enfriamiento) y j (tiempo que transcurre antes que la velocidad de penetración de calor alcance f) obtenidos experimentalmente para un producto en particular. Este método implica utilizar la misma serie de valores f y j , los cuales pueden utilizarse con distintas temperaturas iniciales y temperaturas del medio de calentamiento sin necesidad de experimentación adicional. Además se cuenta con fórmulas para convertir valores f a fin de que se ajusten a diferentes tamaños de lata (Sharma, 2003).

Ball propuso la siguiente simplificación: la curva de temperatura de la autoclave empieza a ascender el tiempo 0 hasta el tiempo en que se alcanza la temperatura de procesamiento, como se representa en la Figura 7A. Durante este tiempo t_c “de levante”, la velocidad letal está cambiando constantemente. Ball propuso reemplazar esta curva por otra que permanece a la temperatura inicial durante 58% del tiempo de levante, luego cambia instantáneamente a la temperatura de procesamiento total, como se indica en la Figura 7B. La experiencia demuestra que esta simplificación da resultados confiables (Sharma, 2003).

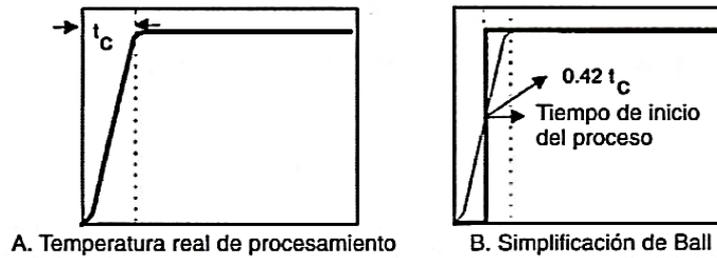


Figura 7: El tiempo de levante del proceso y tiempo de Ball (Sharma, 2003).

En el método de Ball se definen los términos que aparecen en la Figura 8.

- t_c = tiempo de levante: tiempo que se requiere para que la cámara de la autoclave alcance la temperatura de procesamiento.
- t_p = tiempo de procesamiento: tiempo durante el cual la autoclave mantiene la temperatura de procesamiento.
- t_h = tiempo total de calentamiento = $t_c + t_p$.
- t_B = tiempo de *procesamiento* de Ball es decir $t_B = 0.42t_c + t_p$.

En el método de la fórmula de Ball, se hace la suposición de que la autoclave se halla a la temperatura de procesamiento durante todo el procesamiento de Ball, pero que no hay ningún tratamiento térmico antes de que comience el procesamiento de Ball.

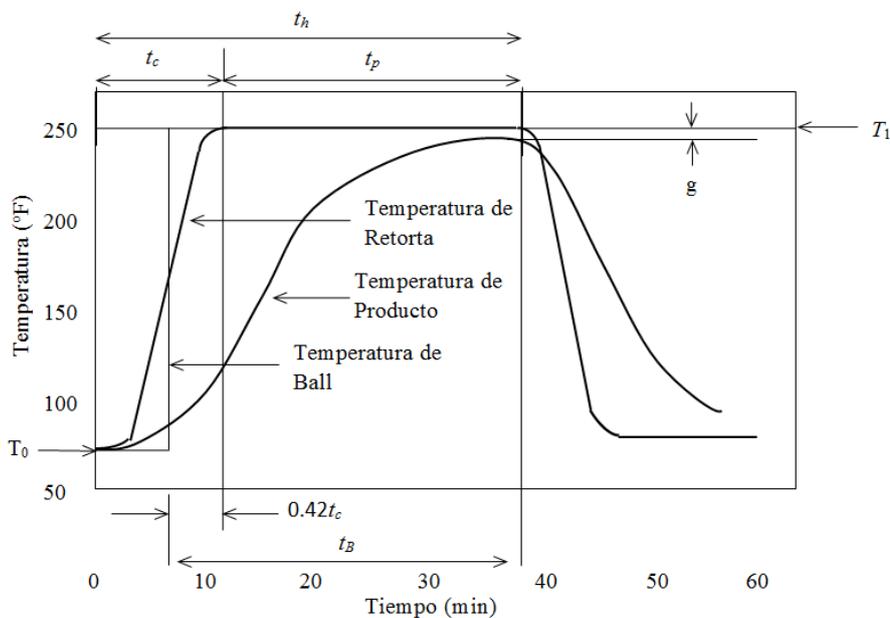


Figura 8: Términos usados en el cálculo del tiempo de Ball (Sharma, 2003).

Para utilizar el método de Ball se debe mover la intersección aparente al comienzo del tiempo de procesamiento de Ball como se ilustra en la Figura 9 (Sharma, 2003).

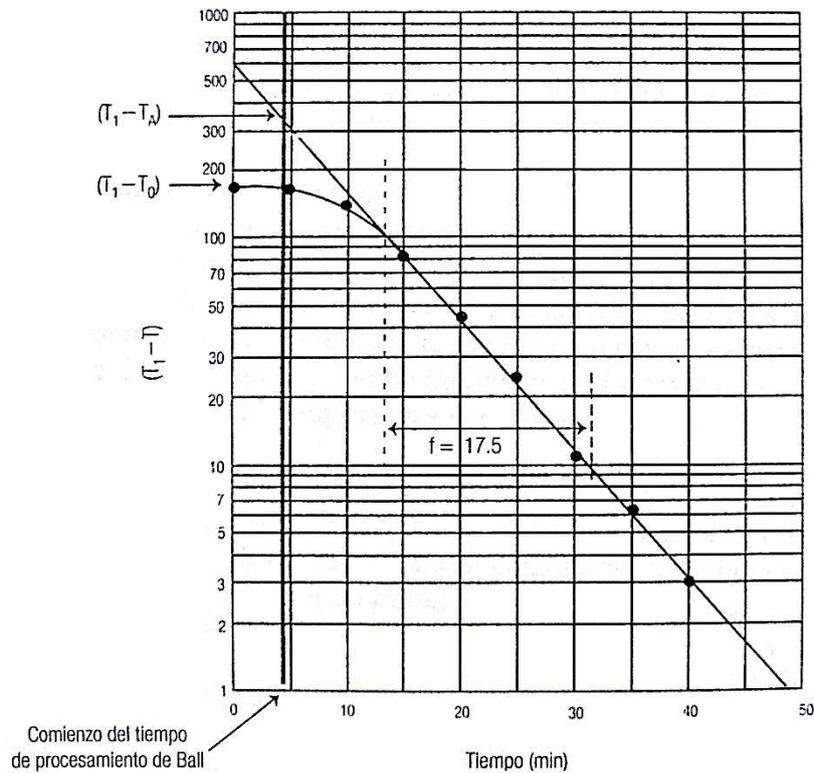


Figura 9: Curva representativa de diferencia de temperatura vs. tiempo, en papel semilogarítmico. Indica el comienzo del tiempo del tiempo de procesamiento de Ball y el punto de intersección aparente de Ball (Sharma, 2003).

Según Sharma (2003), si se utiliza el tiempo de procesamiento de Ball, la ecuación de la curva de calentamiento se convierte en:

$$\log(T_1 - T_b) = \log[j_h(T_1 - T_0)] - \frac{t_B}{f_h} \dots (13)$$

Donde T_1 = temperatura del medio de calentamiento, T_0 = temperatura inicial del alimento, T_b = temperatura máxima del alimento al final del procesamiento, t_B = tiempo de procesamiento de Ball, j_h , se calcula utilizando la intersección $(T_1 - T_A)$ con el comienzo del tiempo de calentamiento de Ball como aparece en la Figura 9.

Si se define $g = T_1 - T_b$ = la diferencia entre la temperatura máxima del alimento y la temperatura del medio de calentamiento (véase Figura 8), la ecuación (13) se transforma en:

$$\log(g) = \log[j_h(T_1 - T_0)] - \frac{t_B}{f_h} \dots (14)$$

Empleando esta ecuación, se puede calcular g para cualquier tiempo de procesamiento de Ball. De manera inversa, se puede calcular el tiempo de procesamiento de Ball para cualquier g deseada con la ecuación:

$$t_B = f_h \log\left[\frac{j_h(T_1 - T_0)}{g}\right] \dots (15)$$

Según Sharma (2003), el método de la fórmula de Ball hace las siguientes suposiciones:

- Que $f_h = f_c$, esto es, la curva de calentamiento y la curva de enfriamiento tienen la misma pendiente.
- Que $j_c = 1.41$.
- Que la transición de calentamiento a enfriamiento es un segmento de una parábola en la gráfica semilogarítmica.
- Que la temperatura del medio de enfriamiento es 180°F inferior a la temperatura del medio de calentamiento.

Si se cuenta con la siguiente información, es posible utilizar el método de Ball para calcular el tiempo de procesamiento de Ball que se necesita para un proceso.

- T_0 = temperatura inicial del producto.
- T_1 = temperatura de la autoclave.
- F_0 = letalidad que se va alcanzar.

Para esto se tiene que calcular el valor:

$$f_h/U = \frac{f_h \times L}{F_0} \dots (16)$$

Luego usar la tabla del ANEXO 14 para obtener el valor $\log(g)$ para ese f_h/U , ya con este valor $\log(g)$ se puede calcular el tiempo de procesamiento de Ball t_B utilizando la ecuación (15). En la práctica, t_B es contado desde el punto en que la retorta alcanza la temperatura de proceso, para evitar la probabilidad que surjan errores de la necesidad de corregir el tiempo de levante (Toledo, 1999).

Método de Stumbo

Posteriormente se encontró que aunque las relaciones fh/U vs. g eran aparentemente independientes del proceso, tales como la temperatura de la retorta, las dimensiones del recipiente, la temperatura inicial del alimento, la temperatura del agua de enfriamiento y el valor de j de la curva de calentamiento, eran grandemente dependientes del valor de j de la curva de enfriamiento. Reconociendo esto, Stumbo y Longley (1966), publicaron tablas de relaciones $f_h/U:g$ que tomaban en cuenta el valor de j de las curvas de enfriamiento. Las relaciones $f_h/U:g$ de estas tablas, fueron originalmente calculadas manualmente empleando el método general de integración. Posteriormente Jen *et al.* (1971) presentaron tablas de $f_h/U:g$ calculadas por medio de la ayuda de una computadora. Para obtener los valores de estas tablas, se generaron curvas de calentamiento y enfriamiento por medio del método computarizado de diferencias finitas de Teixeira *et al.* (1969), cuyos valores fueron transferidos a un programa de computadora para integrar por el método general. Purohit y Stumbo (1972) refinaron el método de Jen *et al.* (1971). En los valores de estas tablas se consideró la influencia del gradiente de temperatura al final del calentamiento. Los valores de g y f_h/U que no aparecen en las tablas pueden ser obtenidos por medio de interpolación vertical u horizontal, ya que se encontró que los errores obtenidos eran despreciables. Debido a que el método general de integración fue utilizado para obtener los valores de U en las relaciones $f_h/U:g$, incluyendo el calor letal durante el calentamiento y enfriamiento; para cada valor de g , el valor de U en las relaciones $f_h/U:g$ tomará en cuenta todo el calor letal conferido durante el calentamiento y enfriamiento (Giannoni, 1977).

Stumbo ha tabulado los valores de fh/U vs g con j_c como parámetro. El valor j_c influye fuertemente en la contribución de la parte de enfriamiento a la letalidad total. En general los valores de j_c son mayores que los de j (j_h). En la ausencia de j_c , j_h puede ser usado y el error será hacia un tiempo de proceso más largo o el lado seguro con relación a la descomposición (Toledo, 1999).

d. Productos que exhiben curvas de calentamiento quebradas

El calentamiento y enfriamiento de estos productos son a menudo no uniformes a lo largo de todo el contenido. No existen métodos disponibles para integrar todos los efectos letales en todos los puntos de contenido del producto. Hasta que se desarrolle un método disponible, se sugiere considerar $F_c = F_s$ (F_c , es el valor F recibido por el centro geométrico de un envase durante el proceso; F_s es el valor letal integrado del calor recibido por todos los puntos de un envase durante el proceso). Esto podría resultar en un sobreproceso, pero hasta que no existan métodos más adecuados es el procedimiento más seguro. En otras palabras, todos los productos serán tratados como si estos se calentaran por convección (Stumbo, 1973).

Muchos productos exhiben curvas de calentamiento que deben ser representadas con dos líneas rectas luego del retraso inicial. Ball (1923), citado por Stumbo (1973), desarrolló ecuaciones para evaluar procesos para productos cuya curva de calentamiento muestra más de un quiebre. Para evaluar éstos, es recomendable que el método general mejorado sea usado, debido a las incertidumbres que conlleva el uso del método matemático. Incluso para evaluar procesos para productos que presentan un solo quiebre, el procedimiento matemático debe ser usado con mucha precaución. Se debe demostrar que la ruptura en la curva se produce constantemente en aproximadamente el mismo lugar. Cuando la curva de calentamiento es quebrada, no debería realizarse intentos para convertir los datos de penetración de calor de un conjunto de condiciones a otro, es decir, desde una temperatura retorta, una temperatura inicial, o un tamaño lata a otro. A menudo, la ruptura en la curva no se produce en el mismo lugar (Stumbo, 1973).

Cuando la curva de calentamiento es quebrada se da la siguiente relación:

$$F = \frac{f_2}{(f_h/U_{h2})F_i} - \frac{r(f_2 - f_h)}{(f_h/U_{bh})F_i} \dots (17)$$

Donde (ver Figura 10):

- f_2 = tiempo en minutos, para la segunda porción recta de la curva de calentamiento, que se demora en atravesar un ciclo logarítmico.
- f_h/U_{h2} = Valor de f_h/U correspondiente al valor de g al final del calentamiento. Para obtener este valor de las tablas $f_h/U:g$, el valor j_c observado debe ser usado.
- f_h = tiempo en minutos, para la primera porción recta de la curva de calentamiento, que se demora en atravesar un ciclo logarítmico.
- f_h/U_{bh} = valor f_h/U correspondiente al valor de g en el tiempo en que el quiebre ocurre. Para obtener este valor de las tablas $f_h/U:g$, debe ser usado el valor j_c observado, porque el cambio en el producto ha ocurrido, y si fuera enfriando en este punto, el enfriamiento procedería de manera similar que al final del proceso.
- r = Factor de proporcionalidad.
- F_i = Inversa de la velocidad letal L (Stumbo, 1973).

El t_B puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$t_B = f_h \log(j_h I_h) + (f_2 - f_h) \log g_{bh} - f_2 \log g_{h2} \dots (18)$$

Dónde:

- f_h = tiempo en minutos, para la primera porción recta de la curva de calentamiento, que se demora en atravesar un ciclo logarítmico.
- j_h = factor de retraso de calentamiento en el punto de medida de temperatura.
- $I_h = T_1 - T_0$
- $g_{bh} = g$ al tiempo en que ocurre el quiebre en la curva.
- $g_{h2} = g$ al final del calentamiento (Stumbo, 1973).

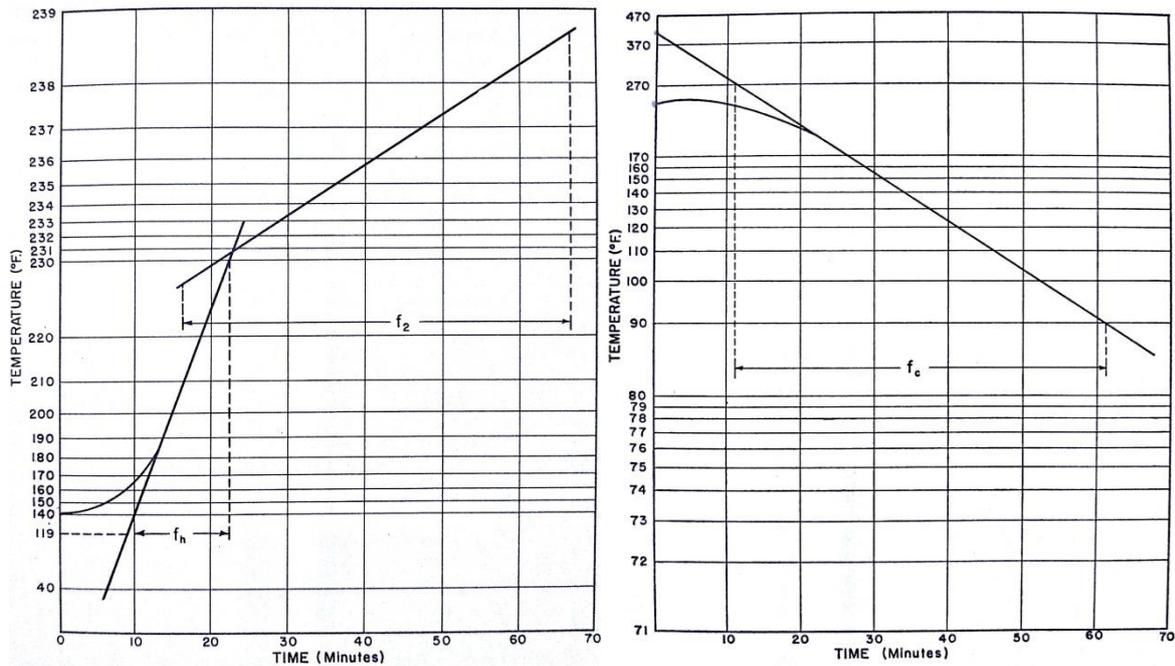


Figura 10: Curvas semilogarítmicas de calentamiento (izq.) y enfriamiento (der.)(Stumbo, 1973).

Para determinar el valor de r se usa la gráfica de relación entre $\log(g)$, g y r ; ver ANEXO 13. Debe notarse que el valor de r varía ligeramente con la variación de I_c+g ($m+g$, para Ball). Considerando otras variables, las variaciones en r debido a variaciones en I_c+g son despreciables (Stumbo, 1973).

Las gráficas semilogarítmicas de penetración de calor son simplemente usadas para determinar los parámetros de penetración de calor, y estos parámetros son utilizados en un proceso específico para evaluar la letalidad del proceso (Toledo, 1999).

2.2.10. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS Y SENSORIALES.

Bajo el punto de vista de la alteración microbiana se considera como indefinida la vida útil del producto siempre que se mantenga la integridad del envase. Los cambios físico-químicos que tienen lugar durante el procesado y el almacenamiento son, por consiguiente, los factores que determinan la calidad del producto en términos tanto de propiedades sensoriales como de aporte de nutrientes al consumidor. Las reacciones se

producen durante el propio proceso y en el almacenamiento posterior (Rees y Bettison, 1994).

Las reacciones físicas y químicas que se producen durante el procesado pueden ser deseables o no deseables, y resultan con frecuencia más importantes y ciertamente mucho más rápidas que las que tienen lugar durante el almacenamiento (Rees y Bettison, 1994).

a. Calidad Sensorial

El tratamiento térmico provoca por sí mismo un efecto importante sobre la calidad de un alimento y es responsable de diversos cambios que experimenta. La gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas estructurales tienen una influencia directa sobre la textura de un alimento. Las reacciones de Maillard influyen sobre el color y el sabor así como sobre las cualidades nutritivas de los alimentos. Sin embargo una de las reacciones más importantes es la de oxidación que puede producirse durante el tratamiento térmico y posterior almacenamiento. Se ha demostrado que el sabor, el color y ocasionalmente cambios estructurales están relacionados con la oxidación. En general, los cambios producidos antes del tratamiento térmico son menos importantes que los originados durante o después del tratamiento térmico, ya que la manipulación y el calor ejercen la máxima influencia sobre la alteración de los tejidos del alimento y de la mezcla de los contenidos celulares de distintos materiales (Rees y Bettison, 1994).

Textura y Jugosidad

Por encima de los 50°C, se produce la salida de agua, a lo que se une la retracción y consolidación del tejido muscular. En el precalentamiento, según la temperatura y el tiempo de actuación pueden producirse pérdidas por cocción comprendidas entre el 10 y 50%. Una carne seca y fibrosa sufre superiores pérdidas de agua (Sielaff, 2000).

Otras influencias importantes sobre la textura de los alimentos calentados es el resultado de la desnaturalización de las proteínas. Incluso con un tratamiento térmico relativamente ligero puede apreciarse un cambio de conformación que afecta la estructura terciaria de la proteína. El paso siguiente puede ser la desnaturalización de las proteínas. Se produce la rotura de los enlaces hidrógeno, que mantienen las estructuras secundaria y

superior de la proteína y predomina la estructura espiral al azar. Esto puede conducir a cambios considerables en las propiedades químicas y físicas de las proteínas debido a pérdidas de solubilidad, elasticidad, y flexibilidad (Rees y Bettison, 1994).

Sabor y Sustancias Aromáticas

En general, la conservación mediante calor no altera significativamente los sabores básicos dulces, amargos, ácidos o salados. Los cambios principales pueden presentarse, sin embargo, por compuestos volátiles con sabor. Una de las fuentes más importantes de compuestos volátiles es la oxidación de los lípidos o enranciamiento oxidativo. La oxidación de los lípidos puede producirse tanto durante el tratamiento como durante el almacenamiento cuando existe oxígeno disponible y supone un problema especial en alimentos grasos (Rees y Bettison, 1994).

Los compuestos volátiles con sabores tienen su origen también en la reacción de Maillard. La reacción se produce durante el calentamiento y prosigue en el almacenamiento, es influenciada por la actividad de agua, siendo los valores próximos al 30% de agua los óptimos para la generación de sabores y es acelerada por un pH alto y tampones como fosfato o citratos (Rees y Bettison, 1994).

Han sido identificados otros compuestos volátiles que tienen una influencia importante sobre el sabor de los alimentos y quizás uno de los más adversos sea el que determina la aparición de “olor a gato”. Se trata de un olor intenso y sumamente desagradable provocado por la reacción de cetonas insaturadas, principalmente óxido de mesitil, con componentes naturales de los alimentos que contiene azufre. El calentamiento resulta esencial para la formación de este olor y los incidentes se han diversificado como consecuencia de la variada disponibilidad de cetonas insaturadas. Como ejemplos pueden incluirse productos cárnicos tratados por el calor usando carnes procedentes de almacenes frigoríficos, recubiertos con un material que contiene óxido de mesitil en forma de contaminante soluble (Rees y Bettison, 1994).

Mientras que en los alimentos vegetales existen sustancias aromáticas claves, las sustancias aromáticas presentes en los alimentos de origen animal tratados térmicamente son siempre resultado de un gran número de componentes. Entre estos se cuentan, por

ejemplo, los compuestos monocarbonílicos. En su inmensa mayoría, las sustancias aromáticas de los alimentos animales – sobre todo carne y pescado – proceden de reacciones de Maillard y Strecker, en las que, entre las sustancias reaccionantes nitrogenadas, desempeñan el papel más importante, además de la tiamina (vitamina B1), los aminoácidos azufrados de origen proteolítico cisteína y metionina y, como abastecedores de azúcar, junto con los carbohidratos presentes, ácidos nucleicos y nucleótidos (Sielaff, 2000).

Entre los aromas generados por efecto del calentamiento hay que citar en primer lugar el aroma a carne por su variedad e intensidad (Sielaff, 2000).

El aroma y el sabor de las conservas se diferencian notablemente de los de la carne fresca. Entre las sustancias aromáticas de la carne tratada por el calor, se han identificado representantes de las más variadas clases de productos, entre estos se encuentran alcoholes, aldehídos, aminas, cetonas, ácidos carbónicos, ésteres, éteres, derivados benzólicos, furanos, lactonas γ y δ , piranos, oxazoles, pirroles, piridinas, pirimidinas, pirazinas, tioles, sulfuros, tiofenos, tiazoles, tritiolanes, ditiiazinas, ditiolanos, ditianos, e hidrocarburos. Entre estos cuerpos destacan especialmente los compuestos sulfurados. En el aroma de la carne de cerdo y de la carne de ave, los compuestos sulfurados desempeñan un papel mucho más destacado que en la carne de vaca. Del sabor a cocido o a conserva son responsables sobre todos grupos sulfhidrilo, 2-metabutanal, H_2S y dimetilsulfuro (Sielaff, 2000).

En la fabricación de conservas resulta relativamente difícil la utilización de condimentos, ya que éstos, sobre todo en los calentamientos por encima de los $100^{\circ}C$, pierden buena parte de su capacidad de condimentación o bien se modifican en tales términos que se generan sustancias aromáticas indeseables (Sielaff, 2000).

b. Nutrientes

En los alimentos conservados mediante calor se producen reacciones tanto físicas como químicas, que influyen sobre el valor nutritivo. Factores físicos como la pérdida de nutrientes solubles, o lixiviación, pueden ser importantes en productos en los que existe un líquido que debe ser eliminado antes de su consumo. Las reacciones químicas incluyen la

alteración química de nutrientes lábiles tales como las vitaminas. No obstante, cuando se considera el impacto que tiene la conservación mediante calor sobre la calidad nutritiva deben hacerse otras dos consideraciones. En primer lugar que la cantidad absoluta de un nutriente en particular suele ser menos importante que su disponibilidad para el organismo y, en segundo lugar, que en el punto de consumo de realizarse comparaciones con un equivalente “fresco”. Se deben considerar la degradación de los alimentos frescos durante su almacenamiento preparación y cocinado para poder hacer comparaciones verdaderas con el alimento conservado mediante calor (Rees y Bettison, 1994).

Proteínas: pérdida de agua y proteína

La conservación mediante calor puede provocar cambios tanto deseables como no deseables en la calidad nutritiva de las proteínas. Son susceptibles no solamente al calor sino también a la oxidación, ambientes alcalinos, y a la reacción con otros componentes del alimento tales como azúcares reductores y productos que oxidan los lípidos. La cantidad de proteína bruta suele aparecer relativamente sin modificar por efecto del tratamiento térmico aunque puede experimentar la lixiviación hacia el componente líquido de algunos productos (Rees y Bettison, 1994).

La esterilización por el calor de las carnes provoca una reducción de la digestibilidad de las proteínas de la carne y altera los aminoácidos, especialmente los aminoácidos esenciales que contienen azufre y lisina, con pérdidas del 10-15% en la carne de vacuno. La lisina resulta particularmente vulnerable con un descenso en su disponibilidad del 40% aproximadamente. La principal causa de la pérdida de aminoácidos en la conservación por el calor es la reacción de Maillard (Rees y Bettison, 1994).

La lisina se reduce especialmente en presencia de grandes cantidades de carbohidratos. En este caso, la lisina sería decisiva para el valor nutritivo de las proteínas. La pérdida de valor biológico de las conservas de carne se cifra en el 10 – 20%. Pero esta pérdida carece de repercusión práctica, ya que en una dieta mixta el déficit es compensado por los aminoácidos de otras proteínas (Sielaff, 2000).

El contenido de lisina disminuye por efecto del calor, lo que se atribuye a una reacción que ocurre entre el grupo amino de lisina y el grupo amino de asparragina y

glutamina, ocasionando un enlace cruzado que disminuye el valor nutritivo por impedimento del ataque enzimático (Batterham y Darnell, 1986; Varnish y Carpenter, 1975 y Carnovale *et al.*, 1989; citados por Miranza-Zamora, 2010).

Las drásticas alteraciones que sufre la estructura de la carne se completan en tres fases: la primera tiene lugar entre 35° y 60°C; la segunda, entre 60° y 90°C, y la tercera a temperaturas superiores a 100° C (Sielaff, 2000).

En la primera fase se produce preferentemente la desnaturalización y coagulación de las proteínas miofibrilares. En la segunda fase se produce la desnaturalización del colágeno, así como retracciones (60 – 75°C), inhibiciones (a partir aprox. de 70°C) y transformaciones de la gelatina (iniciándose a partir de los 75°C). La tercera fase se caracteriza por la destrucción de las fibras musculares y la formación de gelatosas ya sin capacidad gelificante (Sielaff, 2000).

Cuando se aplican temperaturas en torno a los 120° C, las pérdidas de aminoácidos, en especial cistina, lisina, metionina, son relativamente elevadas (Sielaff, 2000).

El calentamiento de los productos, origina pérdidas de agua y fracciones nutrientes hidrosolubles. La magnitud de la pérdida de agua depende del tipo y duración del tratamiento térmico y de las temperaturas imperantes en éste (Sielaff, 2000).

Carbohidratos

Los carbohidratos son menos susceptibles que la mayoría de los restantes componentes de los alimentos a los cambios químicos que se producen durante el tratamiento térmico. Los niveles de carbohidratos totales y disponibles de las hortalizas son muy estables durante el enlatado y posterior almacenamiento de hortalizas enlatadas.

Aparte de la caramelización, en la que solo participan los carbohidratos, en el tratamiento calórico de la carne se produce una compleja reacción de los azúcares reductores con aminoácidos, péptidos y/o proteínas (reacción de Maillard). La reacción no solo se limita a la formación de pigmento castaño (melanoidina), sino que también genera abundantes sustancias sápidas y olorosas (Sielaff, 2000).

Lípidos

Los lípidos, especialmente los lípidos insaturados, son propensos a la oxidación cuando se calientan en presencia de aire u oxígeno, provocando pérdidas del valor nutritivo de los alimentos. Aunque el principal efecto de la oxidación de los lípidos se traduce en alteraciones del olor y sabor de los alimentos, la oxidación puede originar que ácidos grasos naturales *cis* se conviertan en ácidos grasos *trans* (Rees y Bettison, 1994).

La oxidación de los lípidos ha sido relacionada asimismo, con la pérdida de calidad de la proteína, y puede inhibir la actividad de las vitaminas liposolubles A, D y E así como también de las vitaminas C y foliato (Rees y Bettison, 1994).

Los lípidos de la carne tratados por el calor contienen, además de las sustancias habituales (triglicéridos, fosfolípidos, colesterol), ácidos grasos libres y ésteres y productos de oxidación y desdoblamiento producidos a partir de éstos. El agua, oxígeno, metales de acción catalítica, radiaciones ricas en energía y temperaturas elevadas pueden inducir, sostener y acelerar de desdoblamiento y destrucción de las grasas (Sielaff, 2000).

En el desdoblamiento hidrolítico de las grasas se produce la liberación de uno o varios ácidos grasos a partir del glicérido – ácido graso. El proceso es relativamente lento, pero por la acción de las temperaturas elevadas experimenta una regular aceleración. Esto significa que durante los almacenamientos de larga duración, en los productos esterilizados se originan altas concentraciones de restos de desdoblamiento, que luego se manifiestan en un elevado índice de acidez y sensorialmente en una desviación del sabor al lado ácido jabonoso (Sielaff, 2000), conocida como rancidez jabonosa. Entre los ácidos grasos que se liberan y que confieren aroma a jabón, destacan el cáprico, el láurico y el mirístico (Rodríguez, 2010).

La alteración oxidativa de las grasas va unida a la presencia de oxígeno (aunque solo haya vestigios mínimos) (Sielaff, 2000).

Cuando la temperatura de cocción es elevada pueden formarse compuestos amargos, como la acroleína que comprometen definitivamente el sabor de la carne y aumentan su dureza (Casp, 1999).

Vitaminas

El efecto de la conservación por el calor es generalmente perjudicial para las vitaminas aunque el calentamiento ligero puede tener efectos beneficiosos sobre la biodisponibilidad de ciertas vitaminas, particularmente de la biotina y de la niacina. Esto es consecuencia de la inactivación de enzimas y de agentes fijadores (Rees y Bettison, 1994).

Las vitaminas liposolubles son las más estables, aunque pueden ser degradadas mediante oxidación, en especial cuando son calentadas. Las pérdidas de vitaminas hidrosolubles pueden ser considerablemente mayores durante el tratamiento térmico (Rees y Bettison, 1994).

La destrucción de la vitamina B₁ sigue una reacción de primer orden. También en el almacenamiento de conservas de carne pueden producirse pérdidas de vitamina B₁, que dependen sobre todo de la temperatura y duración del almacenamiento. La vitamina C, presente en la carne en pequeña cuantía, resulta totalmente destruida (Sielaff, 2000).

Se ha encontrado que existe pérdida en el contenido de tiamina (B₁) para pescado en conserva sometido a temperaturas de esterilización. Quiral *et al.* (2006); citados por Miranda-Zamora (2010), determinaron retención de tiamina del 19, 17 y 15% para conservas de salmón esterilizadas a 114, 118 y 121° C respectivamente.

Minerales

Los minerales son generalmente estables ante la mayoría de las condiciones encontradas en la conservación mediante calor, es decir, calor, aire/oxígeno, ácido o álcali. Sin embargo pueden producirse pérdidas de minerales durante el procesado, especialmente en hortalizas, debido a su lixiviación en el líquido de cobertura. Por el contrario algunos minerales, por ejemplo el sodio y calcio, pueden ser captados por el alimento de los líquidos de cocción o de cobertura (Rees y Bettison, 1994).

Se ha descubierto que el procesado aumenta la biodisponibilidad del hierro en las espinacas y la presencia de fructosa determina también un incremento en la biodisponibilidad del hierro (Rees y Bettison, 1994).

2.3. EVALUACIÓN SENSORIAL

2.3.1. CONCEPTOS GENERALES

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia de lanzamiento de los mismos al comercio, la hace, sin duda alguna, la copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Ureña, 1999).

Como disciplina científica, es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos y otros materiales y que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ureña, 1999).

Está constituida por dos procesos definidos según su función: el análisis sensorial y el análisis estadístico. Mediante el primero se obtienen las apreciaciones de los jueces a manera de datos que serán posteriormente transformados y valorados por el segundo, dándoles con ello la objetividad deseada (Ureña, 1999).

2.3.2. PRUEBAS AFECTIVAS

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Larmond, 1977; citado por Anzaldúa, 1994). Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y éstos son más difíciles de interpretar (Amerine *et al.*, 1965; Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984; citados por Anzaldúa, 1994), ya que se trata de apreciaciones completamente personales y, como se dice comúnmente: “cada cabeza es un mundo”, “en gustos se rompen géneros”, “sobre gustos no hay nada escrito”, etc. (Anzaldúa Morales, 1984^a, citado por Anzaldúa, 1994).

Es necesario, en primer lugar, determinar si uno desea evaluar simplemente preferencia o grado de aceptación (gusto o disgusto), o si también uno quiere saber cuál es la aceptación que tiene el producto entre los consumidores, ya que en este caso los

cuestionarios deberán contener no solo preguntas acerca de la apreciación sensorial del alimento, sino también otras destinadas a conocer si la persona desearía o no adquirir el producto (Anzaldúa, 1994).

Para las pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados y estos deben ser consumidores habituales – o potenciales – y compradores del tipo de alimento en cuestión (Anzaldúa, 1994).

Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación (Anzaldúa, 1994).

2.3.3. PRUEBA DE PREFERENCIA

Aquí simplemente se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra. Esta prueba es similar a una prueba discriminativa de comparación apareada simple (Larmond, 1977; citado por Anzaldúa, 1994), pero con la diferencia de que en una prueba de preferencia no se busca determinar si los jueces pueden distinguir entre dos muestras – donde no importan sus gustos personales – sino que se quiere evaluar si prefieren determinada muestra (Anzaldúa, 1994).

a. Prueba de medición del grado de satisfacción

Cuando se desea evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca del producto, puede recurrirse a las pruebas de medición del grado de satisfacción. Éstas son usadas para manejar más objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas de los jueces acerca de cuanto les gusta o les disgusta un alimento (Anzaldúa, 1994).

Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas. La palabra “hedónico” proviene del griego ‘εδον, que significa placer. Por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban (Anzaldúa, 1994).

Las escalas hedónicas pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y del número de muestras a evaluar (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983; citado por Anzaldúa, 1994).

Las escalas hedónicas verbales son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. Deben contener siempre un número non (impar) de puntos, y se debe incluir siempre el punto central “ni me gusta ni me disgusta” (Anzaldúa, 1994).

Cuando se tiene una o dos muestras, generalmente se utiliza escalas de tres puntos, que es la más sencilla. Pero cuando se tienen más de dos muestras, o cuando es muy probable que dos o más muestras sean agradables (o las dos sean desagradables) para los jueces, es necesario utilizar escalas de más de tres puntos. Así la escala puede ampliarse a cinco, siete o nueve puntos, simplemente añadiendo diversos grados de gusto o disgusto. No es conveniente utilizar escalas hedónicas verbales de más de nueve puntos, ya que es muy difícil y subjetivo diferenciar – por ejemplo – entre “me gusta bastante” y “me gusta mucho”, y entonces no se logra la finalidad de las escalas hedónicas, la cual es precisamente disminuir la subjetividad en las apreciaciones de los jueces (Anzaldúa, 1994).

b. Prueba de aceptación

El que un alimento le guste a alguien no quiere decir que esa persona vaya a querer comprarlo. El deseo de una persona de adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no solo depende de la impresión agradable o desagradable que el juez reciba al probar un alimento sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc. (Anzaldúa, 1994).

Generalmente en la industria alimentaria el tecnólogo de alimentos investiga si el producto es agradable o no, o si es preferible a otro, mientras que la determinación de la aceptación corresponde a los expertos en mercadotecnia. Sin embargo, cuando no se trata de una investigación industrial, es conveniente que el tecnólogo de alimentos tenga las nociones de mercadotecnia necesarias para analizar la aceptación de los productos que desarrolle o investigue para que así logre tener información más práctica y pueda saber con más seguridad si conviene o no estudiar el alimento en cuestión (Anzaldúa, 1994).

2.3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

a. Análisis no paramétricos

Son empleados en el tratamiento de datos nominales. Estos son: pruebas de hipótesis para análisis discriminativos, pruebas de hipótesis para análisis descriptivos no paramétricos y el análisis secuencial (Ureña, 1999).

b. Análisis paramétricos

Estos análisis son empleados en el tratamiento de datos cuantitativos que tienen una distribución normal e independiente (Watts *et al.*, 1992; citado por Ureña, 1999); lo que puede verificarse mediante pruebas de bondad de ajuste y de homogeneidad de varianzas. Estos análisis se agrupan en pruebas de hipótesis para análisis descriptivos y de regresión (Ureña, 1999).

2.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Este método desarrollado por R.A. Fisher, es fundamental para casi todas las aplicaciones de la estadística. Una manera de abordar el Análisis de la Varianza es considerarlo como una forma de comprobar si dos o más medidas muestrales pueden haberse obtenido de poblaciones con la misma media paramétrica respecto de una variable dada (Serrano, 2003).

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE REALIZACIÓN

El presente proyecto se llevó a cabo en los siguientes lugares:

- Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Fisicoquímica de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Materia prima: Músculo pectoral mayor de pollo (Pechuga de pollo)
- Sal
- Agua potable

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Mesas de acero inoxidable
- Cuchillos de acero inoxidable
- Cucharas de acero inoxidable
- Tinas
- Ollas
- Material de vidrio diverso (pipetas, buretas, matraz de Erlenmeyer, probetas, fiolas, etc., para los análisis fisicoquímicos).

- Latas embutidas ½ lb tuna 307 x 109 tapa fácil apertura, marca EPINSA (ANEXO 20).
- Materiales descartables para evaluación sensorial: vasos y tenedores.

3.3.2. EQUIPOS

- Autoclave Vertical:

Cuadro 8: Características de la autoclave utilizada.

Fabricante	N.A.
Longitud	92 cm
Diámetro	60 cm
Nº canastillas	1
Medio de calentamiento	Vapor
Medio de enfriado	Agua
Termómetro de Mercurio	Marca TAYLOR USA. Rango: 170 a 270° F
Manómetro	Marca ASHCROFT 1850 USA. Rango 0 a 60 psi.
Termo-registrador	N.A.
Regulador Automático de Vapor	N.A.
Válvula reguladora	Válvula de Pistón

- Balanza de precisión marca OHAUS, modelo Adventurer. Capacidad 4100 g, precisión 1 g.
- Balanza analítica marca OHAUS, modelo AR2140. Capacidad 210 g, precisión 0.1 mg.
- Caldero marca YORK FACTORY, modelo YF-40, presión de diseño 150 psi, potencia 40 BHP.
- Cocina industrial de una hornilla.
- Estufa eléctrica Marca LMIM modelo LP-402.

- Mufla eléctrica marca GALLENKAMP, modelo FR520.
- Equipo Semimicro-Kjendahl: Cocina eléctrica marca TEBA modelo 3009B. Digestor marca JP Selecta destilador de nitrógeno marca LABCONCO.
- Extractor de grasa Soxhlet marca Fortuna modelo NS 45.
- Centrífuga marca CHRISS s/m
- Bomba de vacío de alta precisión marca VACUUBRAND modelo ME2.
- Potenciómetro marca HANNA modelo Checker.
- Pie de Rey marca Hardened Control Company – Traceable. Rango de medición 0 a 200 mm o 0 a 8 pulg.
- Vacuómetro Winteis (Canadá) 1953. Rango de medición de -30 a 0 pulg-Hg o de -1 a 0 bar. Cuerpo de acero inoxidable con glicerina 2.5” por ¼” NPT.
- Cerradora de latas semiautomática de pedal: Maestranza San Miguel (MSM) Fabricado en Chile. Serie 0544. Modelo 162 MRS. Capacidad: 1240 u/h. Potencia: 1.5 HP.
- Exhauster Marca MEFISA (Perú), 3.16 m de largo. Motor Ringcone Modelo MT400 4Rtype.
- Termómetro de escala Centígrada: marca Treceable Rango de -50° C a 300° C.
- Sistema DATA TRACE: Sistema desarrollado por Mesa Laboratories, Inc., el cual se encuentra comprendido por una Interface a computadora, por monitores inalámbricos de temperatura y un software para el análisis de datos que trabajan conjuntamente para la colección y registro de la data de manera inalterable. Este sistema 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.

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

3.4.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

- Tamaño y peso: Mediante el uso de una balanza analítica y un pie de rey.
- Humedad: por el método de la A.O.A.C. (2007).
- Cenizas: por el método de la A.O.A.C. (2007).

- Proteína: por el método de la A.O.A.C. (2007).
- Grasa Total: por el método de la A.O.A.C. (2007).
- Carbohidratos: A determinarse por diferencia restando del 100 los porcentajes de humedad, grasa total, ceniza y proteína, recomendado por la A.O.A.C. (2007).
- pH: Mediante el uso de potenciómetro.

3.4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

- Recuento de microorganismos mesófilos aerobios, método recomendado por la FDA (2001).
- Recuento total de microorganismos coliformes totales, método recomendado por la ICMSF (2000).

3.4.3. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se llevó a cabo con 100 consumidores no entrenados para cada presentación. Cada juez evaluó las muestras con el objetivo de determinar la influencia de los diferentes tratamientos térmicos en el grado de satisfacción en el aspecto general del producto enlatado de pechuga de pollo (para cada presentación: desmenuzado y en trozos). Se realizó una prueba de grado de satisfacción con escalas hedónicas verbales.

Los datos fueron tabulados en un DBCA y analizados mediante un Análisis de la Varianza.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En la Figura 11 se puede observar el esquema experimental que se siguió en la investigación. Se realizó en forma paralela la investigación con las dos presentaciones (trozos y desmenuzado) a partir de la fase de determinación de las características de penetración de calor. En el Cuadro 9 se puede observar los tratamientos que se evaluaron en la presente investigación.



Figura 11: Esquema experimental que se siguió en la investigación.

Cuadro 9: Tratamientos evaluados en la investigación.

Tratamiento	Corte (Presentación)	Temperatura (°F)	Tiempo (min)*
1T	Trozos (T)	230 (110°C)	Según cálculo
2T		240 (115.5°C)	Según cálculo
3T		250 (121.1°C)	Según cálculo
1D	Desmenuzado (D)	230 (110°C)	Según cálculo
2D		240 (115.5°C)	Según cálculo
3D		250 (121.1°C)	Según cálculo

*Tiempos calculados a partir de los parámetros experimentales de penetración de calor.

3.5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

a. Análisis Físicoquímico

A la materia prima seleccionada y procesada se le realizaron los siguientes análisis: humedad, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos, pH.

b. Análisis Microbiológico

Se realizó un recuento total de microorganismos mesófilos aerobios y de coliformes totales por gramo de producto (ufc). El objetivo es tener de referencia la contaminación microbiana inicial de la materia prima.

3.5.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PENETRACIÓN DE CALOR Y DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

a. Determinación del punto más frío de la autoclave (Distribución de calor)

Se realizó una prueba para determinar el punto de menor calentamiento dentro de la autoclave. La autoclave fue llenada completamente con latas apiladas verticalmente sin anidamiento. Se instalaron los sensores en tres puntos diferentes a lo largo del eje central de la canastilla (de 60 cm de altura) que contiene los envases. Los sensores se colocaron a lo largo del eje de la siguiente forma:

- A 15 cm de la base
- A 30 cm de la base
- A 45 cm de la base

El proceso se realizó a una temperatura de 240°F y por un tiempo de 30 min. Se compararon las curvas las curvas temperatura-tiempo para los tres sensores. Se escogió la curva más baja que corresponde al punto de menor calentamiento (Barbosa-Canovas, 2000).

b. Determinación del punto más frío del envase.

Se realizó una prueba para determinar el punto de menor calentamiento dentro del envase que se usará en las pruebas posteriores. Se colocaron tres sensores en tres posiciones en tres diferentes envases; se ubicaron a lo largo del eje central a ¼ de altura desde la base del envase, a la mitad del envase y a ¾ de altura desde la base del envase. El proceso se realizó a 240°F, por un tiempo de 30 min. Se compararon las curvas temperatura-tiempo, la curva más baja corresponde al punto de menor calentamiento. Para corroborar los resultados se compararon las pendientes de las curvas semilogarítmicas de calentamiento, la curva que presentó una menor inclinación representó el punto de menor calentamiento (Barbosa-Canovas, 2000). También se utilizó el valor de letalidad obtenido al final de esterilización para determinar el punto de calentamiento más lento.

c. Establecimiento del F_0 requerido

El valor F_0 se fijó en función al *Clostridium botulinum* (como microorganismo esporulado patógeno más resistente) cuyos parámetros de destrucción térmica, de los serotipos más resistentes y letales (A y B), según lo indicado por Sharma (2003) son $D_{250°F}=0.21$ minutos y $z=18°F$. El tratamiento térmico para un alimento de baja acidez ($pH>4.5$) debe ser suficiente para alcanzar un $F_0 = 3$. Esto es un tratamiento equivalente a doce reducciones decimales en la población de esporas de *C. botulinum* que es suficiente para garantizar la inocuidad. Este sería un tratamiento de $12D$; suponiendo una carga inicial de una spora por gramo de producto.

Para el control de las esporas mesófilas distintas de las del *C. botulinum*, es decir esporas de microorganismos capaces de causar solo deterioro, se considera como referencia el *C. sporogenes* cuyo valor $D_{250^{\circ}\text{F}} = 1.5$ min; para esto se considera suficiente un tratamiento $5D$ según lo indicado por Warne (1989).

d. Determinación de los parámetros de proceso – prueba de penetración de calor

Se realizó una prueba de penetración de calor para poder determinar los parámetros de proceso. Los parámetros determinados fueron los valores f y j de las curvas de calentamiento y enfriamiento. Los envases fueron sometidos a tratamiento térmico en la autoclave a 240°F por 30 minutos de tiempo de procesamiento. (Obregon, 2001; citado por Condor, 2002). El sensor se colocó en el punto de menor calentamiento determinado anteriormente. En el caso del producto pechuga de pollo en trozos, con el fin de asegurar que la punta de la sonda del sensor mida la temperatura en el punto más frío y en la pieza de pollo se introdujo la sonda en la pieza más grande previo al cierre del envase, el cuál fue realizado mediante un mecanismo de presión que mantuvo la hermeticidad del envase (ver Figura 12).



Figura 12: Mecanismo utilizado para asegurar que la punta de las sondas quedaron insertadas en las piezas de pollo.

Se realizaron tres réplicas para cada presentación de producto y por cada réplica se tomaron dos muestras. Se compararon, entre las muestras de una misma réplica, los valores de F_0 de cada curva, obtenidos del DataTrace mediante la prueba experimental. De las curvas que tuviesen los menores valores de F_0 , y mediante una comparación de las curvas

semilogarítmicas de calentamiento, se eligió la curva que se encontró por encima de las demás curvas, es decir la de menor pendiente, pues esta indicaba una velocidad de calentamiento más lento.

A partir de las curvas de calentamiento y enfriamiento de muestra que representase el calentamiento más lento, fueron determinados los siguientes parámetros:

En curvas simples:

- f_h : Inversa de la pendiente de calentamiento
- f_c : Inversa de la pendiente de enfriamiento
- t_A : Temperatura pseudoinicial de calentamiento
- t_{BA} : Temperatura pseudoinicial de enfriamiento
- j_h : Factor de retraso de calentamiento
- j_c : Factor de retraso de enfriamiento

En curvas quebradas:

- f_1 : Inversa de la pendiente de calentamiento (de la primera fase lineal en curvas quebradas)
- f_2 : Inversa de la pendiente de calentamiento después del quiebre (en curvas quebradas)
- f_c : Inversa de la pendiente de enfriamiento
- t_A : Temperatura pseudoinicial de calentamiento
- t_{BA} : Temperatura pseudoinicial de enfriamiento
- j_h : Factor de retraso de calentamiento
- j_c : Factor de retraso de enfriamiento
- g_{bh} : Valor de g en el momento en que se da el quiebre.

Este procedimiento se realizó para las dos presentaciones.

e. Cálculo del tiempo de procesamiento

Haciendo uso del valor de F_0 y asumiendo calentamiento por convección en los dos casos. Se calculó el tiempo de procesamiento por el método de Stumbo (1973). Cuyo desarrollo para el caso de curvas simples incluye los siguientes pasos:

- Se determinó el tiempo a la temperatura de retorta (T_1) equivalente a un minuto a 250° F, mediante la siguiente ecuación:

$$F_i = 10^{\frac{250-T_1}{z}} \dots (19)$$

Dónde:

F_i : Tiempo a cualquier temperatura equivalente a 1 minuto a 250°F

T_1 : Temperatura de retorta

$Z = 18^\circ\text{F}$

- En base al F_0 requerido, calculado anteriormente, se determinó el valor U correspondiente al F_0 hallado, utilizando la siguiente ecuación:

$$U = F_0 \times F_i \dots (20)$$

Dónde:

U : Equivalente en minutos a temperatura de autoclave, de todo el calor letal recibido por algún punto designado en el envase, durante el proceso.

- Se encontró la relación f_h/U y con este valor se ingresó a la tabla de Stumbo reportada por Toledo (1999) para las relaciones $f_h/U:g$ para $z = 18^\circ\text{F}$. interpolando para el valor de j_c encontrado se obtuvo el correspondiente valor de g .
- Finalmente se determinó el valor de $I_h = T_1 - T_0$ y tomando como dato el valor de j_h encontrado, se calculó el tiempo de procesamiento de Ball mediante la ecuación 15:

$$t_B = f_h \log\left[\frac{j_h(T_1 - T_0)}{g}\right]$$

- El tiempo de proceso se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t_p = t_B - 0.42 \times CUT \dots (21)$$

Siendo *CUT* (Come Up Time) el tiempo de levante o tiempo en que se alcanza la temperatura de proceso.

Debido a que se encontró que una de las curvas de penetración de calor presentaba un quiebre, se utilizó la ecuación que indica Stumbo (1973) (Ver ecuaciones 17 y 18) para calcular el tiempo de proceso para un F_0 dado y para temperaturas de procesamiento diferentes.

f. Validación del F_0

Se evaluó el efecto letal de los tratamientos correspondientes a las relaciones tiempo-temperatura calculados. Esto se realizó mediante el uso del sistema DataTrace. El objeto de la evaluación es determinar si mediante el tratamiento térmico se obtiene la letalidad (F_0) para la cual el tratamiento fue diseñado.

3.5.3. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL ENLATADO DE PECHUGA DE POLLO

Se procedió a procesar el enlatado de pechuga de pollo con los tiempos encontrados para las temperaturas de 230, 240 y 250°F. En la Figura 13 se muestra el flujo de operaciones que se siguió para elaborar el enlatado de pechuga de pollo.

a. Recepción de la materia prima

Se utilizó como materia prima la carne del músculo pectoral mayor (pechuga) de pollo proveniente de la producción de pollo de la empresa San Fernando.

b. Precocido y Cortado*

Para el caso de la pechuga de pollo desmenuzada, ésta fue cocida en trozos enteros grandes y luego desmenuzada manualmente. El proceso se dio en una paila con agua a 90°C hasta que el centro de la pieza llegase a 70-72°C. Luego se procedió a enfriar las piezas hasta que el centro se encontrase a 5°C. Finalmente se desmenuzaron las piezas. El tamaño del desmenuzado de pechuga de pollo fue de aproximadamente 2.5 cm de largo y 0.5 cm de diámetro.

Para la obtención de los trozos, se realizó el cortado en trozos de aproximadamente 2.5x2x2 cm³, las piezas fueron cortadas previamente y la precocción se realizó por inmersión en agua a 90°C por 1.5 min.

c. Envasado

La carne se introdujo en las latas ½ lb tuna 307 x 109 (88 x 40 mm) de fácil apertura. Se introdujo en cada lata 90 g de carne, según la presentación.

d. Adición del líquido de gobierno

Se agregó 80 g de salmuera con 3% de sal. Se dejó un espacio de cabeza de aproximadamente tres mm.

e. Evacuado

Esta operación se realizó en el túnel de vapor (exhauster) por un tiempo ocho minutos de operación. La temperatura del producto a la salida del túnel fue entre 70 y 75°C aproximadamente.

*Las operaciones de precocción y de cortado difieren en orden para la pechuga de pollo desmenuzada y para la pechuga de pollo en trozos. Para el caso de la pechuga de pollo desmenuzada la precocción es previa al corte (desmenuzado) y en el caso de la pechuga de pollo en trozos el corte es previo a la precocción (entendiéndose en este caso como escaldado). Nótese el orden de las operaciones en la Figura 13.

f. Sellado

Se realizó mediante el uso de la cerradora de latas semiautomática de pedal, inmediatamente después del paso por el exhauster.

g. Tratamiento térmico

El tratamiento térmico se realizó en una autoclave vertical de una canastilla con las temperaturas especificadas anteriormente y en los tiempos correspondientes a cada temperatura.

h. Enfriado

Luego del tratamiento térmico el producto final fue enfriado dentro de la autoclave (con agua) hasta que la temperatura dentro del envase se encontrase por debajo de 40°C. Luego se enfrió fuera de la autoclave hasta temperatura ambiente (aprox. 25°C).

i. Almacenamiento

El producto fue almacenado en un lugar seco, fresco y alejado de la luz, hasta su posterior análisis.

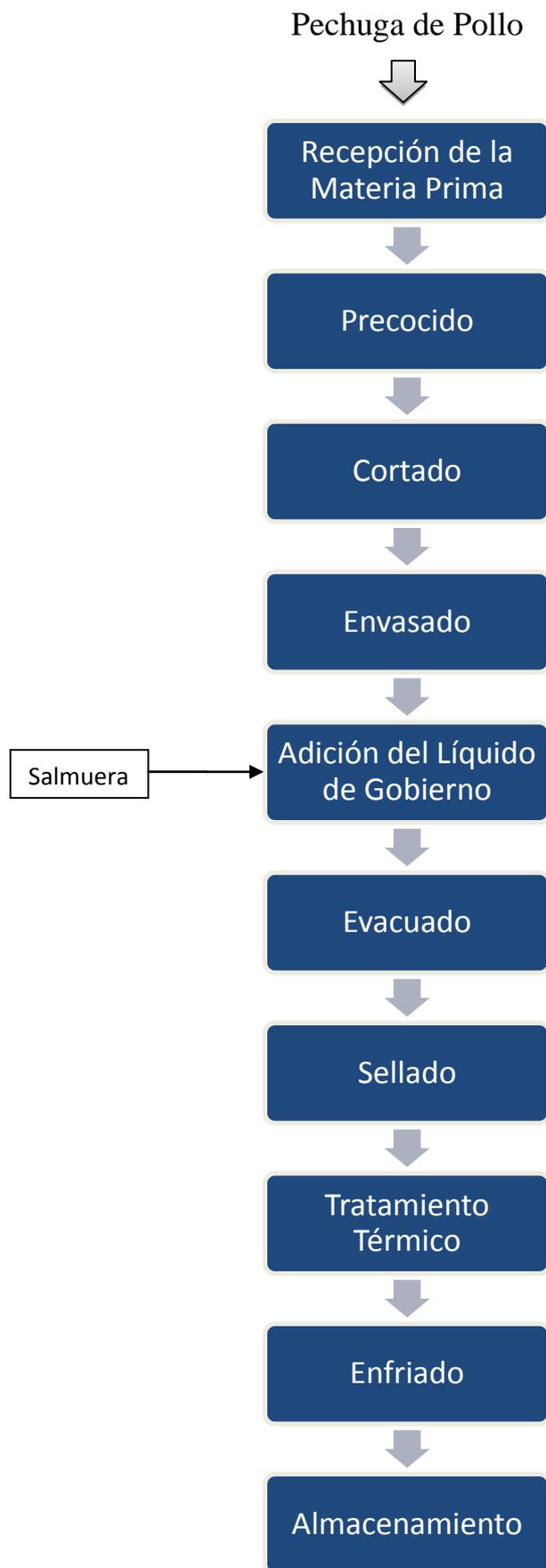


Figura 13: Flujo de operaciones para la obtención del enlatado de pechuga de pollo.

3.5.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

Para la evaluación se recurrió a la prueba de determinación del grado de satisfacción con escala hedónica, y los resultados fueron tabulados estadísticamente en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) evaluado mediante un Análisis de la Varianza, a un nivel de significancia del 5%, recomendado por Anzaldúa (1994). El diseño del formato de prueba se muestra en el ANEXO 15. Estas evaluaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Industrias Alimentarias. El número de panelistas fue de cien personas.

3.5.5. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Al producto final se le realizaron las siguientes pruebas:

a. Controles Físicos

Se realizó el control del sellado, peso neto y drenado.

b. Análisis Físicoquímico

Análisis proximal, pH.

c. Evaluación de la Esterilidad Comercial

El método utilizado fue: FDA/BAM Online 8th Ed. Rev A/1998. January 2001. Chapter 21A ítems: C, D (excepto punto 4 y 5B), E (excepto identificación de toxina y punto 2). Examination of canned foods. Temperatura y tiempo de incubación del envase: 35° C por 14 días. Medios de cultivo usados:

- (CMM) = Cooked Meat Medium (T ° incubación 35° C x 120 h y 55° C x 72 h)
- (BPDB) = Bromcresol Purple Dextrose Broth (T ° incubación 35° C x 120 h y 55° C x 72 h).

Cantidad de muestra ensayada: 2 g aprox.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

La composición de la carne de pollo utilizada en las evaluaciones se muestra en el Cuadro 10. Se puede observar que los valores expresados en base húmeda son muy cercanos a los reportados por Collazos *et. al.* (1975), a excepción de la grasa; de la misma forma son muy similares a los reportados por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN) (2009).

Cuadro 10: Análisis Físicoquímico de la carne de pollo (pechuga de pollo).

Componente/Propiedad	Contenido (%)		
	Muestra	Collazos (1975)	CENAN (2009)
Humedad	75.29	70.6	75.5
Proteína (N * 6.25)	22.21	18.2	21.4
Grasa	1.52	10.2	3.1
Ceniza	1.17	1.0	1.0
Carbohidratos	0.0	0.0	0.0
pH	6.1	-	-

El alto contenido de humedad y principalmente la alta actividad de agua, entre 0.98 y 0.99 Restrepo (2001), hace de la carne muy propensa a deterioro microbiano. Al tener una actividad de agua superior a 0.85 y un pH superior a 4.6, valores límite según la FDA se hace necesario un método de conservación que prevenga el desarrollo de microorganismo patógenos como el *Clostridium botulinum*.

Un 40% aproximadamente del agua contenida en la carne está unida a los grupos proteínicos y está condicionada al valor de pH en cuanto a su estabilidad. Tanto es así que variaciones del pH en el sentido de acidificar el medio altera la capacidad de retención de agua, pero si la variación se hace hacia la alcalinidad la carne adquiere esta capacidad (Amo, 1980).

La carne no es rica en azúcares, éstos no superan el uno% de su peso. El glucógeno es el azúcar predominante en la carne; aparte del glucógeno, existen también cierto número de polisacáridos, con funciones específicas, pero no tienen poca significancia cuantitativa en el total (Amo, 1980).

Con respecto a las sales minerales (ceniza), Amo (1980) menciona lo siguiente: Estas se encuentran hasta en un 1% aproximadamente de su peso.

La carne de ave comprende el tejido muscular, la piel adherida, el tejido conectivo y los órganos que se consumen (hígado, molleja y corazón). El contenido de agua de las porciones comestibles de las canales de aves es aproximadamente 70% para pollo parrillero mientras que el contenido de proteínas y lípidos es 20.5% y 2.7%, respectivamente. A diferencia de las carnes rojas (vaca, cerdo) la grasa en el pollo se encuentra justo por debajo de la piel y en la cavidad abdominal lo que facilita su remoción. El contenido de grasa varía con la edad, sexo, anatomía y especie aviar (Carrillo, 2007).

4.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados de los análisis microbiológicos efectuados en la materia prima, se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11: Características microbiológicas de la pechuga de pollo fresca.

Microorganismo	(ufc/g)
Mesófilos Aerobios	$8,3 \times 10^4$
Coliformes Totales	3×10^2

No solamente los microorganismos aportados por la carne son los responsables de los procesos de fermentación y contaminación; la sal común aporta bacterias halófilas, las especias, los demás aditivos también contienen gérmenes que no siempre son favorables a quienes en ocasiones se ha de responsabilizar de las alteraciones de los productos (Amo, 1980).

El crecimiento de estos microorganismos está supeditado a la conjunción de cierto número de factores, independientes a veces de la misma carne, como son el valor pH, el valor de actividad de agua, la temperatura y el redox.

En carnes frescas o congeladas, picadas o troceadas, puede considerarse aplicable la clasificación de acuerdo con el número de microorganismos presentes, que Amo (1980) expone a continuación:

- Aceptables para consumo fresco: Entre 10^4 y 10^5 ufc/g.
- Contaminación tolerable: de 10^6 a 5×10^6 ufc/g.
- Fuerte contaminación: de 5×10^6 a 10^7 ufc/g.
- Inaceptable, contenidos superiores a: 10^7 ufc/g.

Según la clasificación brindada por Amo (1980) se puede establecer que la muestra de pechuga de pollo estudiada presenta condiciones microbiológicas que permiten su clasificación dentro del grupo de “Aceptables para el consumo fresco” pues el contenido de mesófilos aerobios, que es de 8.3×10^4 ufc, que se encuentra dentro del rango de 10^4 y 10^5 ufc.

En cuanto a la composición cualitativa, Amo (1980) da como orientación algunos valores referidos a las más importantes especies bacterianas, bajo el punto de vista de su patogenicidad para el hombre (ver Cuadro 12):

Cuadro 12: Límites de población de algunas especies patógenas.

Bacteria	Límite
Enterococos, estreptococos viridans	Menos de 10 ⁵ ufc/g
<i>B. Cereus</i> , estafilococos	Menos de 200 ufc/g
<i>Clostridium perfringens</i>	Menos de 10 ufc/g
Coliformes totales (a 30°C)	Menos de 100 ufc/g
<i>E. Coli</i> (a 30°C)	Menos de 1 ufc/g
<i>Salmonella</i>	Ausencia en 25 g

FUENTE: Amo (1980).

Según lo indicado por Amo (1980) la muestra de pechuga de pollo estudiada se encontraría fuera del límite pues el contenido de coliformes totales se encuentra por encima de 100 ufc/g. Esto podría indicar cierto grado de contaminación cruzada.

4.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PENETRACIÓN DE CALOR Y DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

4.2.1. DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO DE LA AUTOCLAVE (DISTRIBUCIÓN TÉRMICA)

Se trazaron los datos obtenidos en la prueba, los cuales se pueden ver en la Figura 14. Se puede observar las curvas de calentamiento en tres puntos diferentes de la autoclave. Un resumen de los datos de operación de la autoclave se puede observar en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Etapas y tiempos en la prueba de determinación de punto más frío de la autoclave (Distribución Térmica).

Etapa	Hora/Tiempo
Temperatura Programada	240°F (115.5°C)
Tiempo Programado	30 min
Levante, Inicio	12:24
Mantenimiento, Inicio	12:31
Enfriamiento, Inicio	13:00
Enfriamiento, Final	13:19
Tiempo de Levante	7 min
Tiempo de Mantenimiento	29 min
Tiempo de Enfriamiento	19 min

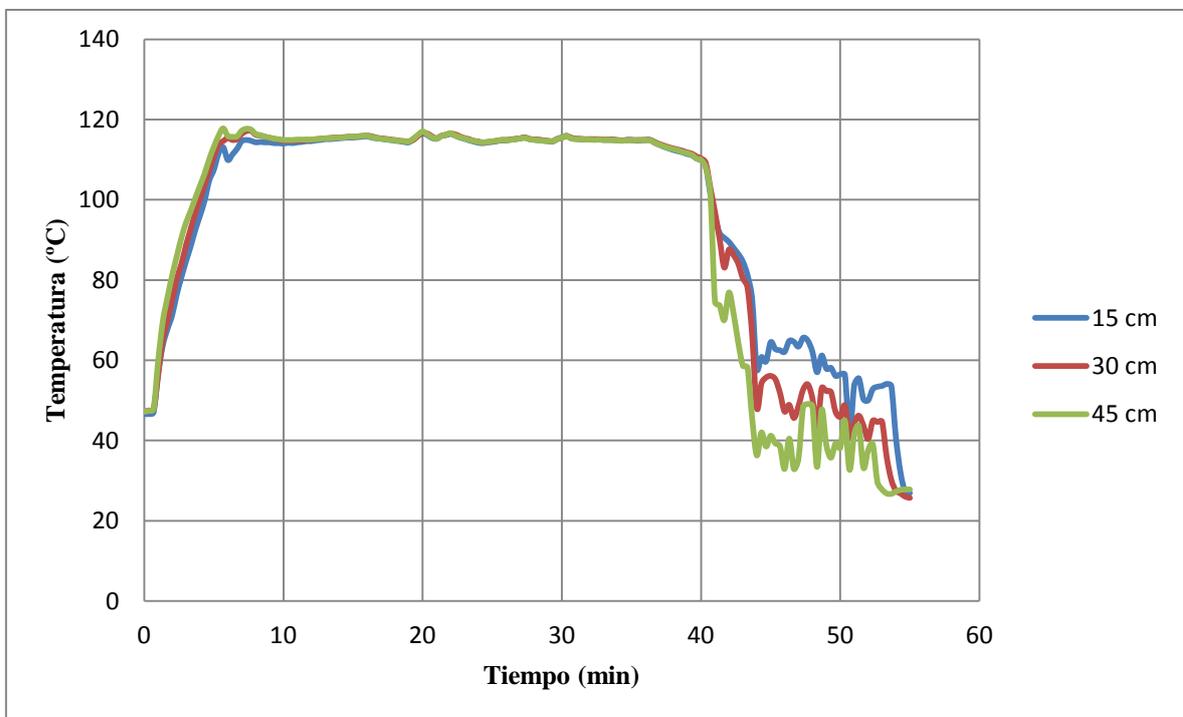


Figura 14: Historia tiempo-temperatura en tres puntos de la autoclave.

Se puede observar en la Figura 14, que la curva que representa el calentamiento del sensor colocado a 15 cm de la base (línea azul) debido a que se encuentra por debajo de las demás (Barbosa-Canovas, 2000) presenta una velocidad de calentamiento ligeramente más lenta que las demás curvas. La que presenta un calentamiento ligeramente más acelerado es la curva que representa al sensor colocado a 45 cm de la base (Línea Verde).

En la Figura 15 se puede observar más claramente como el sensor que se encuentra a 45 cm de la base llega antes a la temperatura de proceso que el otro que se encuentra a 15 cm de la base.

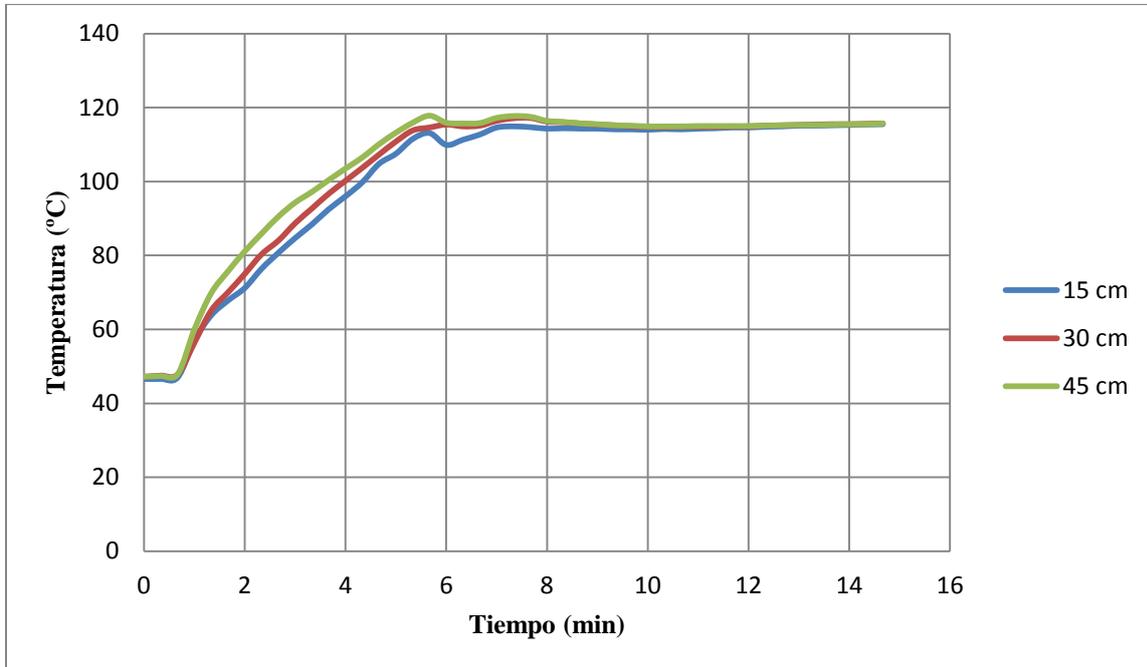


Figura 15: Historia tiempo-temperatura de la autoclave: Fase de levante y mantenimiento.

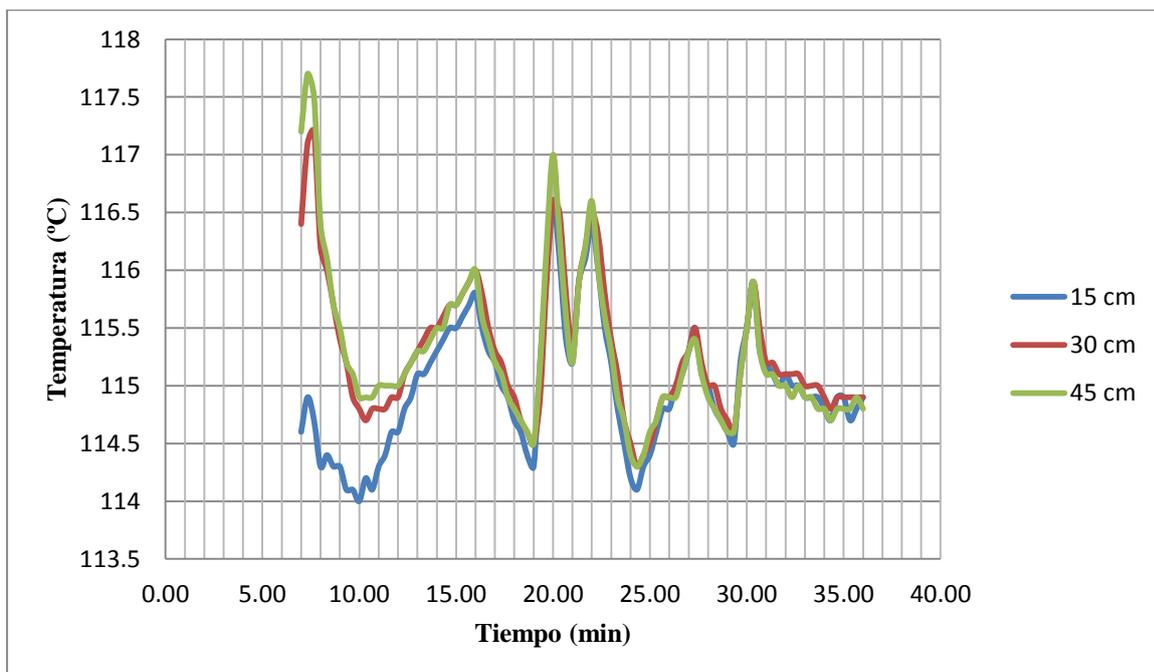


Figura 16: Historia tiempo-temperatura de la autoclave: Fase de mantenimiento.

Se puede observar en la Figura 16 que la diferencia de temperaturas entre el sensor más frío y el más caliente, durante el inicio de la fase de mantenimiento es bastante grande, llegando a valores de hasta 2.8°C. Se puede observar además que luego de que se inicia esta fase, el sensor que se encuentra a 15 cm de la base no llega a la temperatura de proceso sino hasta el minuto 14.67.

Asimismo se puede observar en la Figura 16 que durante la fase de mantenimiento, que es bastante errática debido al control manual, la zona que más se enfría cuando hay ligeros descensos de la temperatura de la autoclave, corresponde a la que se encuentra aproximadamente a 15 cm de la base de la canastilla (línea azul).

La temperatura más baja alcanzada por el sensor colocado a 15 cm de la base fue de 114°C, que es 1.5°C menor de la temperatura de proceso programada. Esta menor temperatura puede generar subtratamientos en el proceso arriesgando el cumplimiento de la esterilidad comercial.

Considerando lo anterior se puede indicar que la zona más fría de la autoclave se encuentra aproximadamente a 15 cm de la base de la canastilla.

4.2.2. DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO DEL ENVASE CON PRODUCTO

a. Pechuga de pollo desmenuzada

En las Figuras 17 y 18 se muestran las curvas de historia tiempo-temperatura de las repeticiones de las pruebas de determinación de punto más frío realizadas a las muestras de pechuga de pollo desmenuzada. Por cuestiones de disponibilidad de equipos en la segunda repetición solo se usaron dos sensores, colocados en los puntos que teóricamente corresponden a los puntos más fríos de un envase.

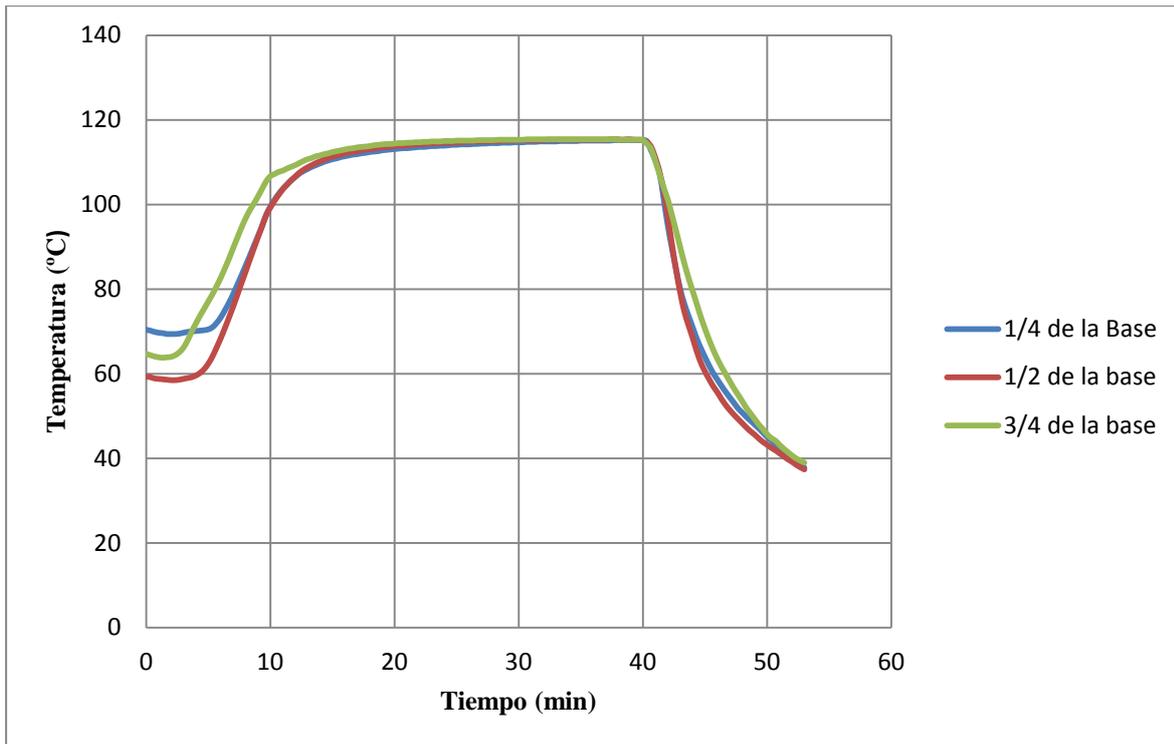


Figura 17: Historia tiempo-temperatura del calentamiento en tres puntos del envase para producto: Pechuga de pollo desmenuzada. Repetición 1.

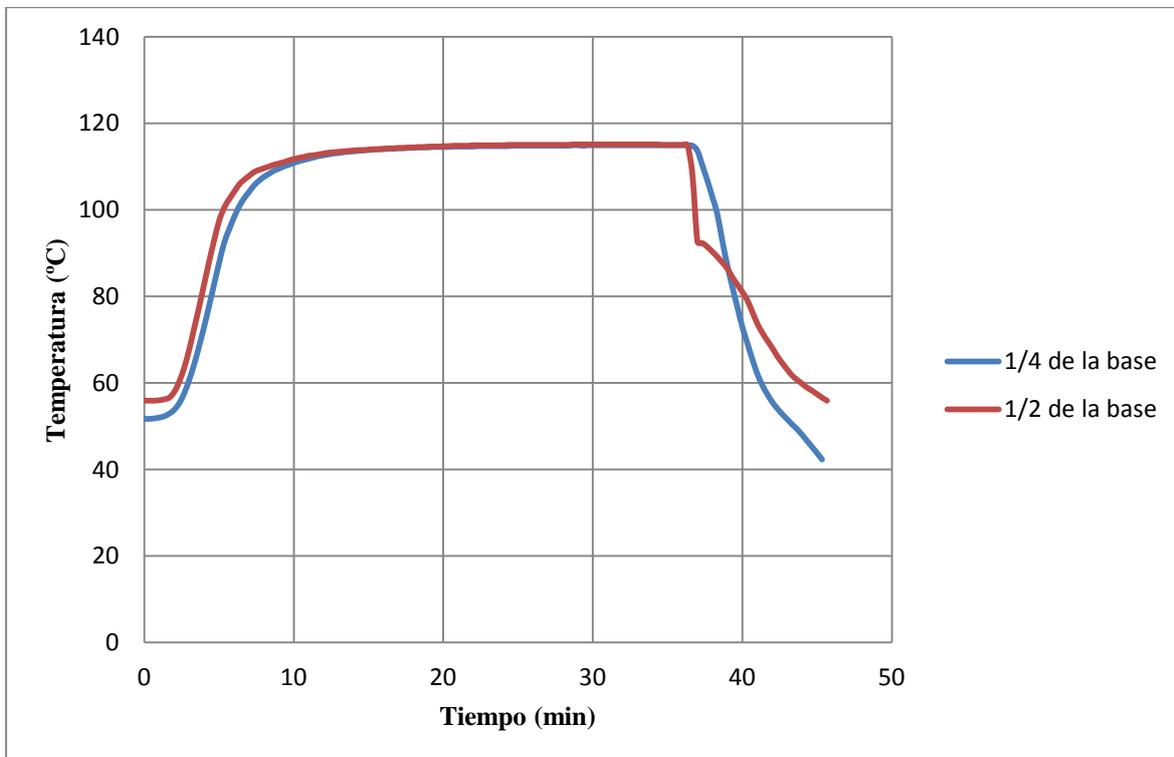


Figura 18: Historia tiempo-temperatura del calentamiento en dos puntos del envase para el producto: Pechuga de pollo desmenuzada. Repetición 2.

Se puede observar que las curvas que representan el sensor colocado a $\frac{1}{4}$ de la base se encuentran por debajo de las demás, en ambas repeticiones. Esto podría darnos una idea de cuál sería el punto de calentamiento más lento pero es necesario un análisis más detallado.

La determinación del punto crítico del producto se puede efectuar de dos maneras, por comparación directa de los valores de letalidad de proceso, donde el valor más bajo indica el punto crítico, o mediante un análisis de la transición de temperatura durante el calentamiento, donde se elige el perfil que presente un cambio de temperatura menos pronunciado (Tamayo, 2008).

Se puede realizar un análisis de los valores de letalidad obtenidos al final de la fase de esterilización en cada uno de los puntos. Los valores de letalidad obtenidos para cada punto en la primera y segunda repetición se muestran en los Cuadros 14 y 15 respectivamente.

Cuadro 14: Valores de letalidad al final de la fase de esterilización. Repetición 1.

Ubicación del sensor	F_0	T_0
1/4 de la base	5.3	70.4
1/2 de la base	5.8	59.3
3/4 de la base	6.4	64.7

Cuadro 15: Valores de letalidad al final de la fase de esterilización. Repetición 2.

Ubicación del sensor	F_0	T_0
1/4 de la base	5.7	51.7
1/2 de la base	6.1	55.9

Se puede observar en los Cuadros 14 y 15 que las menores letalidades se alcanzan en los sensores ubicados a $\frac{1}{4}$ de la base, esto nos indicaría que este es el punto de calentamiento más lento, pero no puede ser concluyente debido a las diferentes temperaturas iniciales. Entonces es necesario realizar un análisis de las curvas semilogarítmicas de calentamiento a fin de confirmar lo determinado anteriormente.

De las curvas de historia tiempo-temperatura se elaboraron curvas semilogarítmicas de calentamiento para poder observar mucho más claramente el calentamiento en las diferentes zonas del envase. Se utilizaron los valores hasta el punto en que la diferencia de temperaturas fuese igual o menor a 2°F (Barbosa-Canovas, 2000).

Las curvas semilogarítmicas de calentamiento de la repetición 1 se pueden ver en las Figuras 19, 20 y 21 y de la repetición 2 en las Figuras 22 y 23.

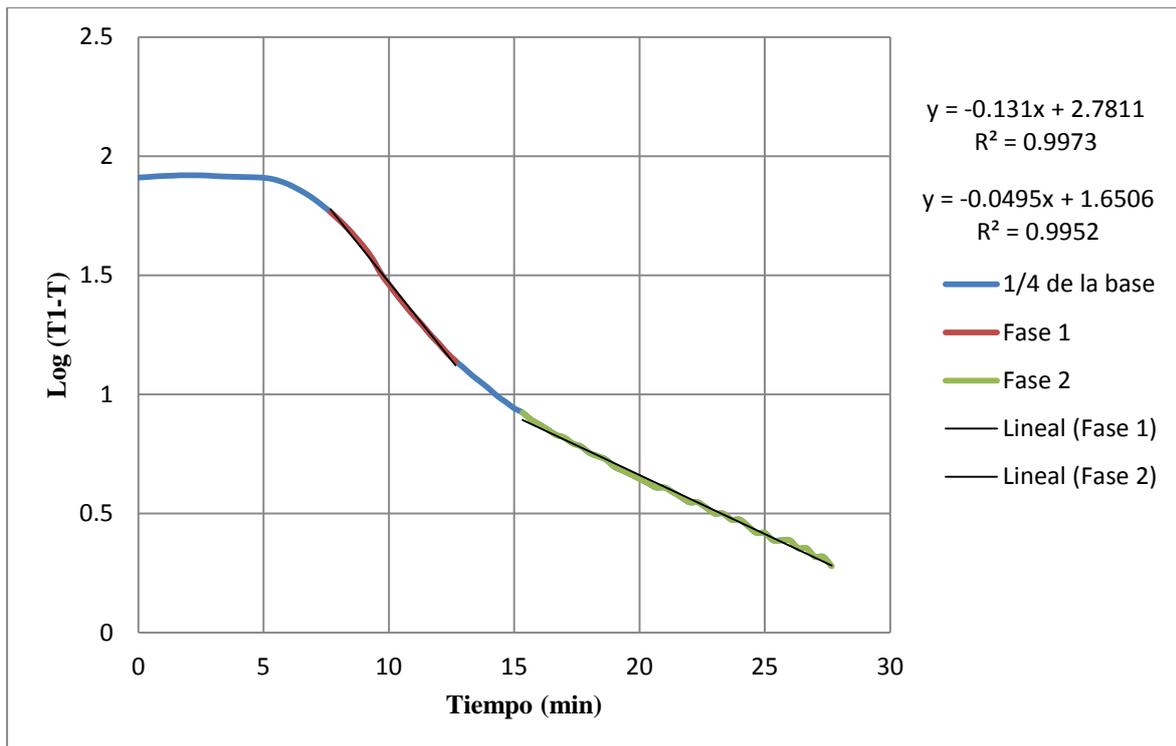


Figura 19: Curva Semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: $1/4$ de la base. Repetición 1.

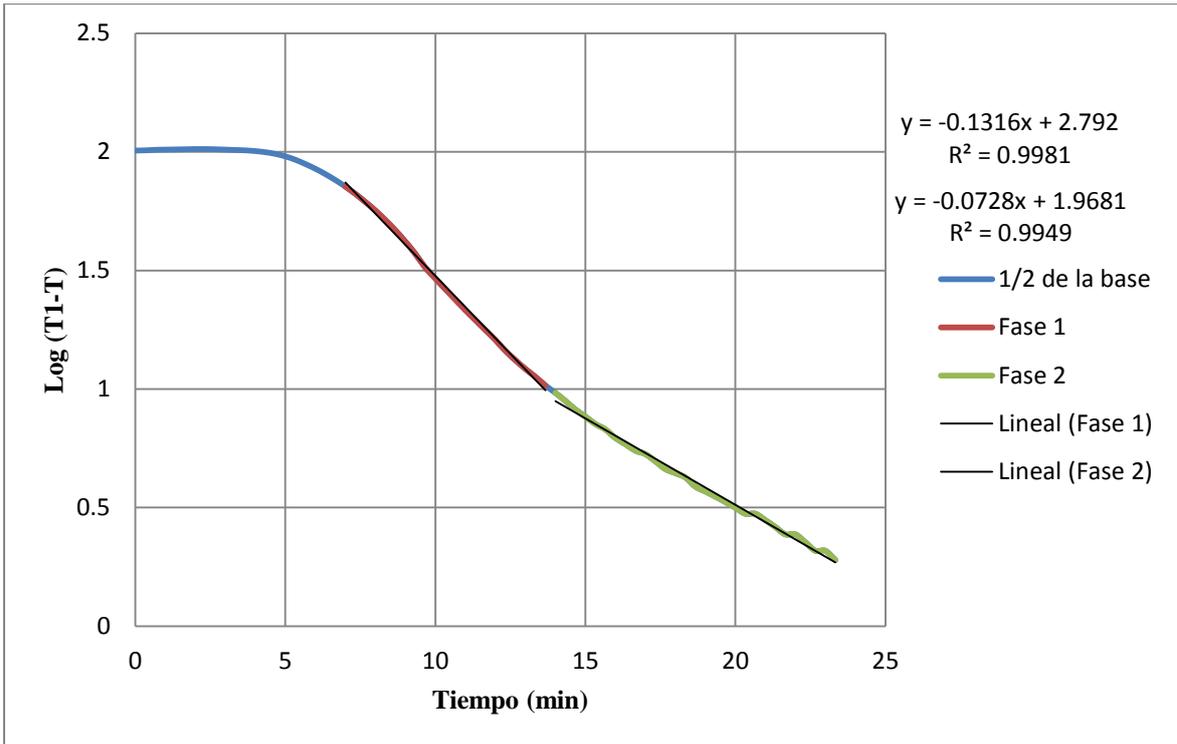


Figura 20: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: 1/2 de la base. Repetición 1.

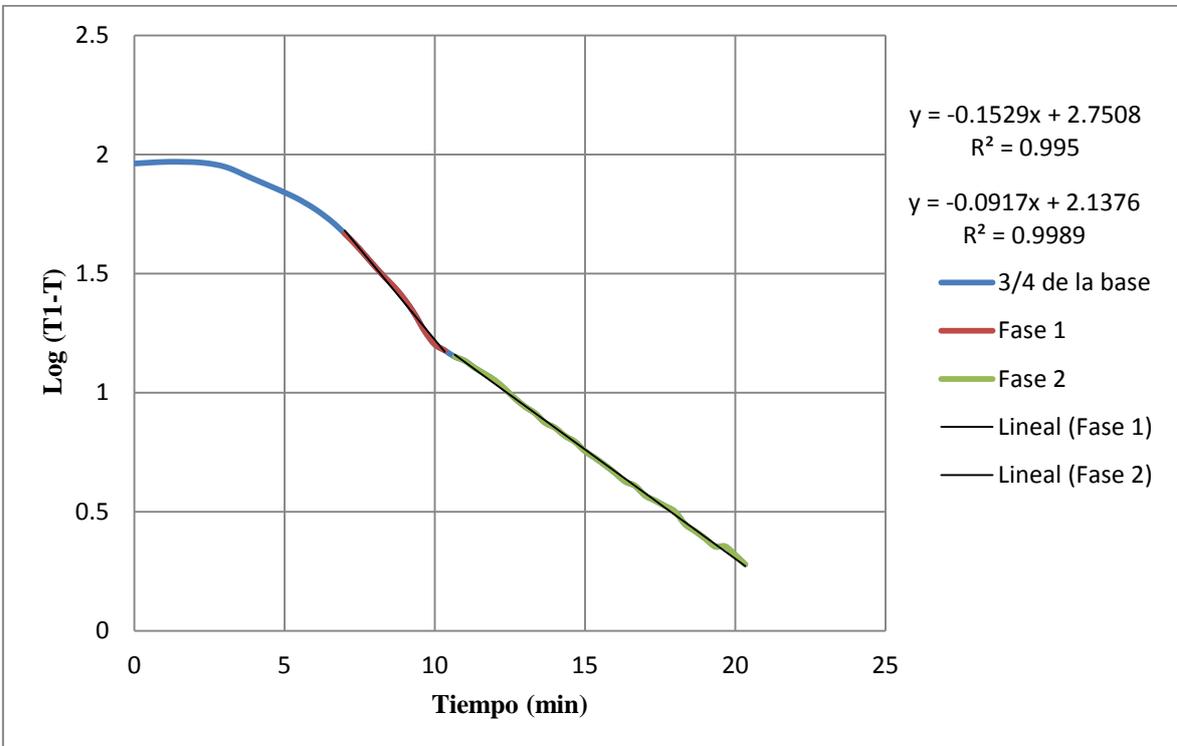


Figura 21: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: 3/4 de la base. Repetición 1.

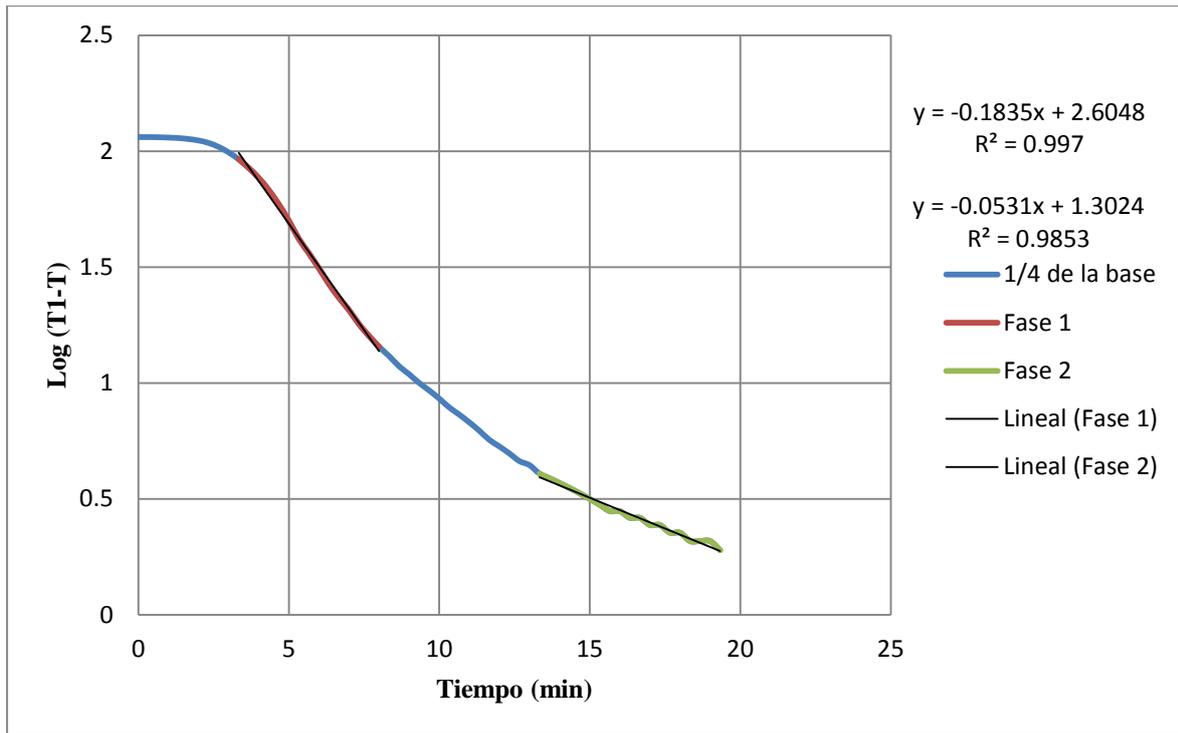


Figura 22: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: 1/4 de la base. Repetición 2.

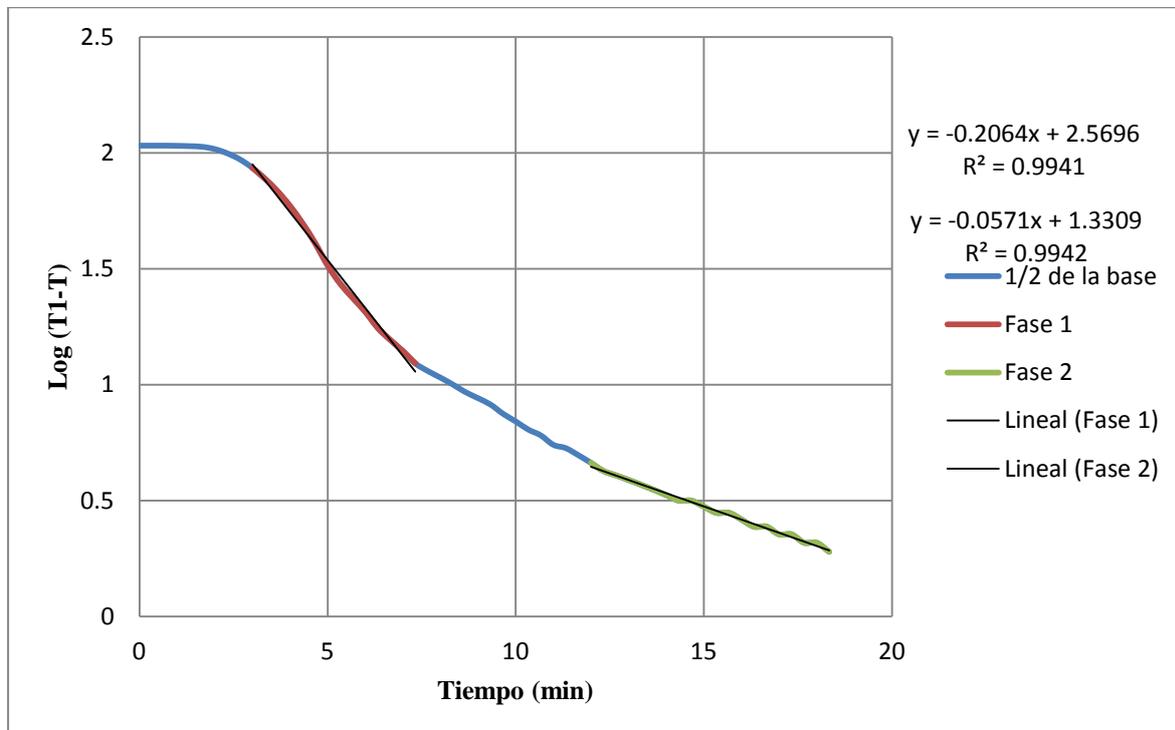


Figura 23: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo desmenuzada: 1/2 de la base. Repetición 2.

Ball y Olson (1957) indican que el punto más frío de un envase-producto, es aquel que presenta el mayor valor f_h .

Se calcularon las pendientes (m1 y m2) de las dos fases de las curvas y luego sus inversas que representan los valores f_h y f_{h2} respectivamente. Estos valores se pueden observar los Cuadros 16 y 17:

Cuadro 16: Valores de f_h y f_{h2} obtenidos de las curvas semilogarítmicas de calentamiento. Repetición 1.

Punto de medición	m1	m2	f_h	f_{h2}
1/4 de la base	-0.131	-0.049	7.634	20.408
1/2 de la base	-0.131	-0.072	7.634	13.889
3/4 de la base	-0.152	-0.091	6.579	10.989

Cuadro 17: Valores de f_h y f_{h2} obtenidos de las curvas semilogarítmicas de calentamiento. Repetición 2.

Punto de medición	m1	m2	f_h	f_{h2}
1/4 de la base	-0.183	-0.053	5.464	18.867
1/2 de la base	-0.206	-0.057	4.854	17.543

Se puede observar tanto en el Cuadro 16 como en el Cuadro 17 que los mayores valores de f_h y f_{h2} corresponden a los sensores colocados a 1/4 de la base. Esta conclusión concuerda con las obtenidas anteriormente mediante el análisis gráfico de las historias tiempo-temperatura y de los valores de letalidad F_0 .

Con esto se puede deducir que la principal forma de calentamiento en este producto se da por convección (Stumbo, 1973). Esto es quizás posible, debido a que el producto no es compactado dentro de la lata y el líquido puede fluir con relativa facilidad a medida que la temperatura de éste aumenta.

Desrosier (1963), indica que los productos alimenticios en conservas que presentan un comportamiento de calentamiento por convección son aquellos que tienen pequeñas partículas de alimento en líquido y cita como ejemplo a la conserva de arvejas en salmuera.

Este sería el caso de la pechuga de pollo desmenuzada, pues se trata de partículas pequeñas sobrenadando en líquido.

b. Pechuga de pollo en trozos

En el caso de pechuga de pollo en trozos existen ciertos inconvenientes que condicionan las pruebas de determinación de punto más frío, que son los siguientes:

- Tamaño y la forma de las piezas de pollo, además de la dirección de las fibras en el corte, factores que fueron muy variables. El tamaño y la forma definitivamente alteran la velocidad de calentamiento de las piezas de pollo dentro del envase.
- Otro factor a tener en cuenta es el uso de los accesorios, debido a que estos no son completamente iguales pueden afectar el calentamiento de los envases.

Por ende, el estudio del punto más frío del producto trozos de pollo sería inexacto debido a las condiciones de trabajo descritas.

Entonces, la determinación del punto más frío del producto se puede realizar mediante un análisis del calentamiento dentro del envase. Se debe utilizar el criterio de que el punto para la medición de la penetración de calor debe ser ubicada en el punto de calentamiento más frío del envase y en el punto de calentamiento más frío del alimento (IFTPS, 2004)

Entonces, asumiendo una pieza de dimensiones 2.5 cm x 2 cm x 2 cm (tamaño promedio de las piezas) dentro del envase; conociendo además que esta pieza se encuentra rodeada de más piezas de pollo y de agua (que representa 47.06% del total de contenido), y que no se encuentra compactada, se puede deducir que el agua que rodea las piezas de pollo podrá moverse con relativa facilidad y se calentará por convección. Entonces considerando solo el líquido, el punto de calentamiento más lento se encontrará por debajo del centro geométrico del envase. Se realizó una prueba con trozos de pollo y con sensores colocados en diferente posición dentro de un mismo envase. En este caso los sensores no fueron introducidos dentro de las piezas de pollo. La gráfica se puede observar en la Figura 24.

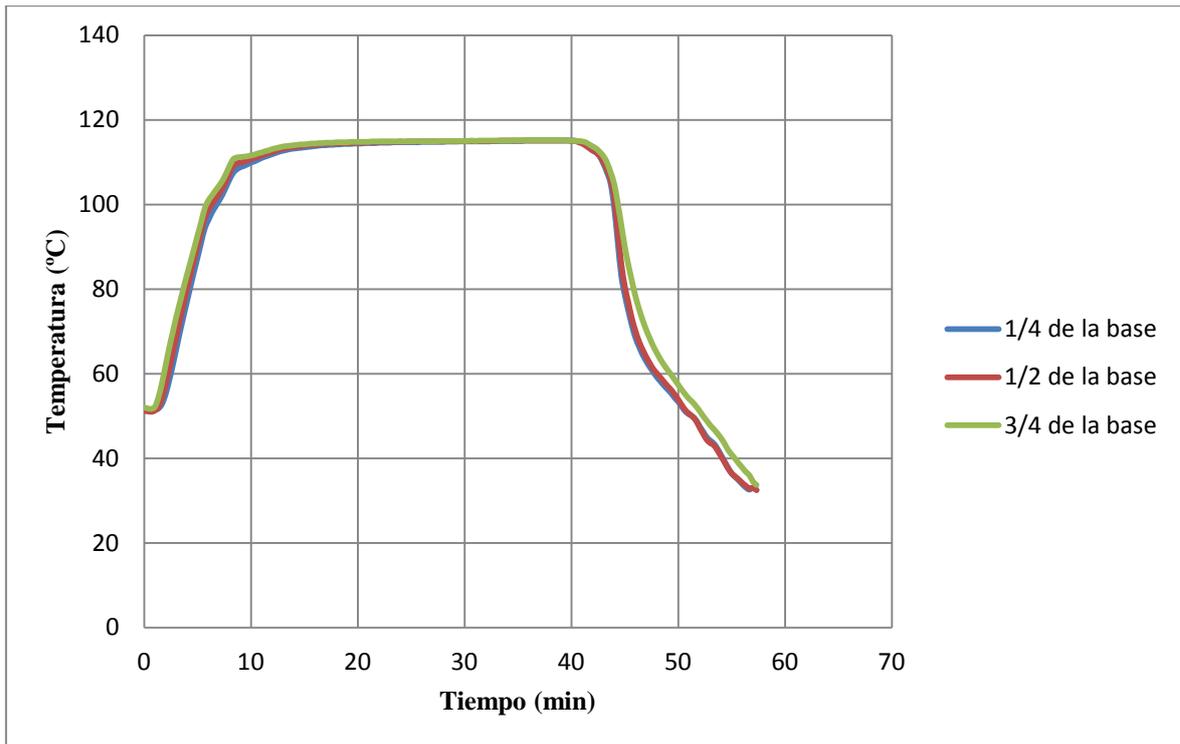


Figura 24: Historias tiempo-temperatura del calentamiento de pechuga de pollo en trozos.

Se puede observar en la Figura 24 que las curvas se encuentran bastante juntas, por lo que es difícil determinar cuál de ellas se calienta a menor velocidad. Se elaboraron curvas semilogarítmicas de calentamiento para poder realizar un mejor análisis (Figura 25).

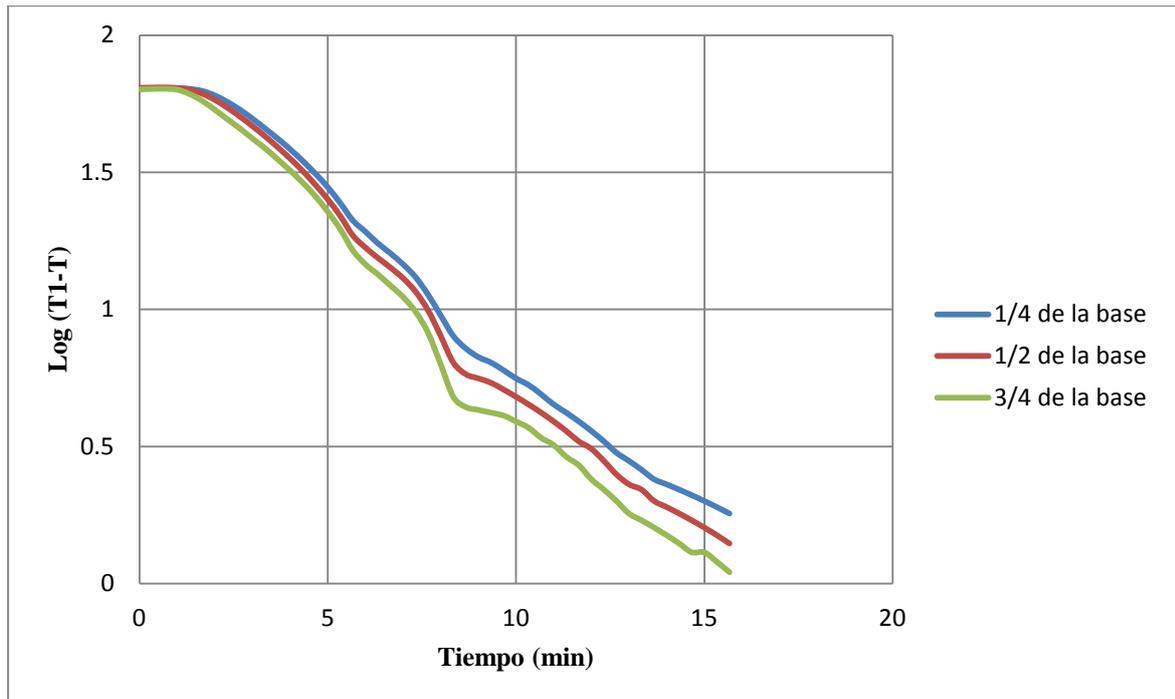


Figura 25: Curva semilogarítmica de calentamiento de pechuga de pollo en trozos.

En la Figura 25 se puede observar con mayor claridad que la curva que representa el sensor colocado a $\frac{1}{4}$ de la base se encuentra por encima de las demás, por lo que se deduce que el punto que se calienta más lentamente estaría a $\frac{1}{4}$ de la base. Para confirmar esto se determinaron las pendientes de las curvas y se calculan los valores f_h correspondientes a estas. Estos valores se pueden observar en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Valores f_h de las curvas semilogarítmicas de calentamiento.

Ubicación del Sensor	Pendiente	f_h
1/4 de la base	-0.119	8.384
1/2 de la base	-0.124	8.035
3/4 de la base	-0.130	7.687

Se puede observar que el mayor valor f_h corresponde al sensor colocado a $\frac{1}{4}$ de la base, con esto se puede concluir que el punto de menor calentamiento se encuentra en esa ubicación del envase.

Ahora bien, por deducción, el punto más frío de la pieza de pollo se encontrará ubicado en el centro geométrico de la pieza. Por lo tanto para la determinación de las

curvas de penetración de calor el sensor fue insertado en la pieza de pollo y ubicado a $\frac{1}{4}$ de la base, como se determinó previamente.

Casp y Abril (1999), indican que en los productos que se calientan por convección, en envases cilíndricos, el punto crítico se sitúa en el eje longitudinal a un quinto de la altura, medido de la base y en los que se calientan por conducción, el punto crítico se localiza en el centro geométrico de su masa. De forma similar Nickerson y Sinskey (1974), indican que en los alimentos que se calientan por convección, el punto de menor calentamiento se encuentra ubicado sobre el eje central, aproximadamente 1.9 a 3.81 cm del fondo, dependiendo de si la lata es pequeña o grande. Así mismo Stumbo (1973), hace referencia que en productos que se calientan por convección el punto de calentamiento más frío, se encuentra sobre el eje vertical ligeramente más abajo del centro geométrico.

Dado que en la conserva de pollo en trozos la proporción de líquido es bastante alta, se deduce que la forma principal de calentamiento de éste será por convección. A partir del calentamiento del líquido se calentarán los sólidos presentes en el líquido, los cuales se calentarán mediante conducción; el calentamiento de éstos dependerá de su tamaño y de las características geométricas de estos, por lo que su calentamiento podría variar de envase a envase. Estaríamos hablando entonces de un producto que presenta un calentamiento mixto.

Al igual que el caso de la pechuga de pollo desmenuzada, este fenómeno de calentamiento por convección es posible debido que el producto no es compactado dentro de la lata y el líquido puede fluir con relativa facilidad a medida que la temperatura de éste aumenta. Entonces se podría considerar que el calentamiento dentro de este envase será relativamente uniforme pues como indica Stumbo (1973), debido al movimiento producido en los productos que se calientan por convección, la temperatura a través del producto es razonablemente uniforme durante el calentamiento y enfriamiento. Debido a las fuerzas adhesivas existe siempre, durante el calentamiento, una delgada capa de alta temperatura próxima a la pared del envase y durante el enfriamiento sucede lo inverso.

Un punto a tener en cuenta y motivo por el cual no habría mayor problema en realizar las asunciones realizadas previamente es que, como menciona Stumbo (1973), el punto de calentamiento y enfriamiento más lento se encuentra sobre el eje vertical

ligeramente más bajo que el centro geométrico. Sin embargo, la temperatura correspondiente al centro geométrico, se considera bastante aproximada al promedio efectivo del envase. Esto quiere decir que las diferencias no son significativas, y éste aspecto se respalda por el hecho de que el envase es pequeño.

4.2.3. ESTABLECIMIENTO DEL VALOR F_0 OBJETIVO

El valor F_0 se fijó en función al *Clostridium botulinum* (como microorganismo esporulado patógeno más resistente) cuyos parámetros de destrucción térmica, de los serotipos más resistentes y letales (A y B), según lo indicado por Sharma (2003) son $D_{250^\circ\text{F}}=0.21$ minutos y $z=18^\circ\text{F}$. Se buscó alcanzar un tratamiento de $12D$; suponiendo una carga inicial de una espora por gramo de producto.

Se realizó el siguiente cálculo utilizando la ecuación (5):

$$F_0 = D(\log N - \log N_0) \dots (5)$$

$$F_0 = 0.21(\log 10^{12} - \log 10^0)$$

$$F_0 = 2.52 \approx 3 \text{ min}$$

Para el control de las esporas mesófilas distintas de las del *C. botulinum*, es decir esporas de microorganismos capaces de causar solo deterioro, se considera como referencia el *C. Sporogenes* cuyo valor $D_{250^\circ\text{F}} = 1.5$ min; para esto se consideró suficiente un tratamiento $5D$ según lo indicado por Warne (1989).

El cálculo fue el siguiente:

$$F_0 = 1.5(\log 10^5 - \log 10^0)$$

$$F_0 = 7.5 \approx 8 \text{ min}$$

No se consideró la flora termófila pues las condiciones de almacenamiento tendrían que ser muy extremas (55°C) como para que estos microorganismos se desarrollen, condiciones que difícilmente se dan inclusive en zonas calurosas como la selva peruana en donde la temperatura media es de 25 a 28°C (SENAMHI). Además así se lleguen a temperaturas muy altas y el microorganismo termófilo se desarrolle, éste no representa peligro para la salud pública (Warne, 1989), por lo que no se justifica un sobretratamiento.

Con esto se definió el valor de F_0 a aplicar a las conservas el cual fue equivalente a 8 min a temperatura de referencia de 250°F.

Rees y Bettison (1994) mencionan que el tratamiento térmico para un alimento de baja acidez ($\text{pH} > 4.5$) debe ser suficiente para alcanzar un $F_0=3$. En la práctica los industriales suelen aplicar tratamientos térmicos superiores a $F_0=3$ (por ej., 6-7 o más) para asegurar el control de la flora alterante.

4.2.4. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE PENETRACIÓN DE CALOR Y DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO.

a. Pechuga de pollo desmenuzada

En la Figura 26, 27 y 28 se pueden observar las historias tiempo-temperatura para los procesos realizados en las muestras de pechuga de pollo desmenuzada en cada repetición respectivamente.

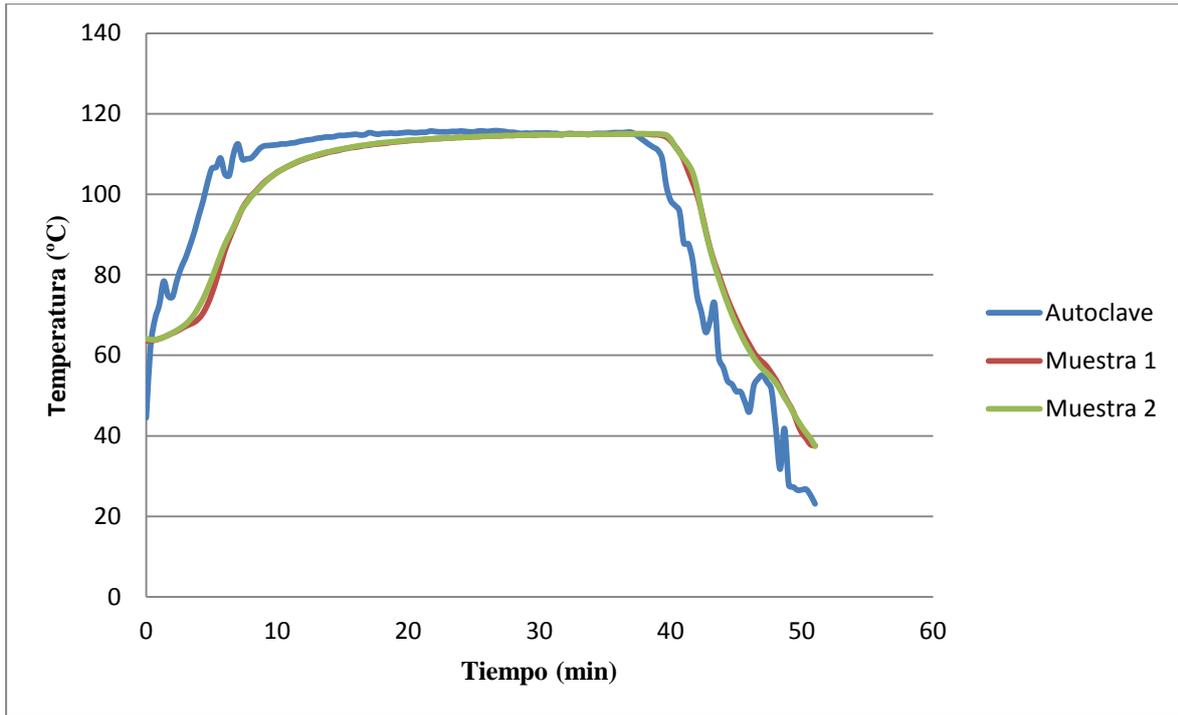


Figura 26: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo desmenuzada; Repetición 1.

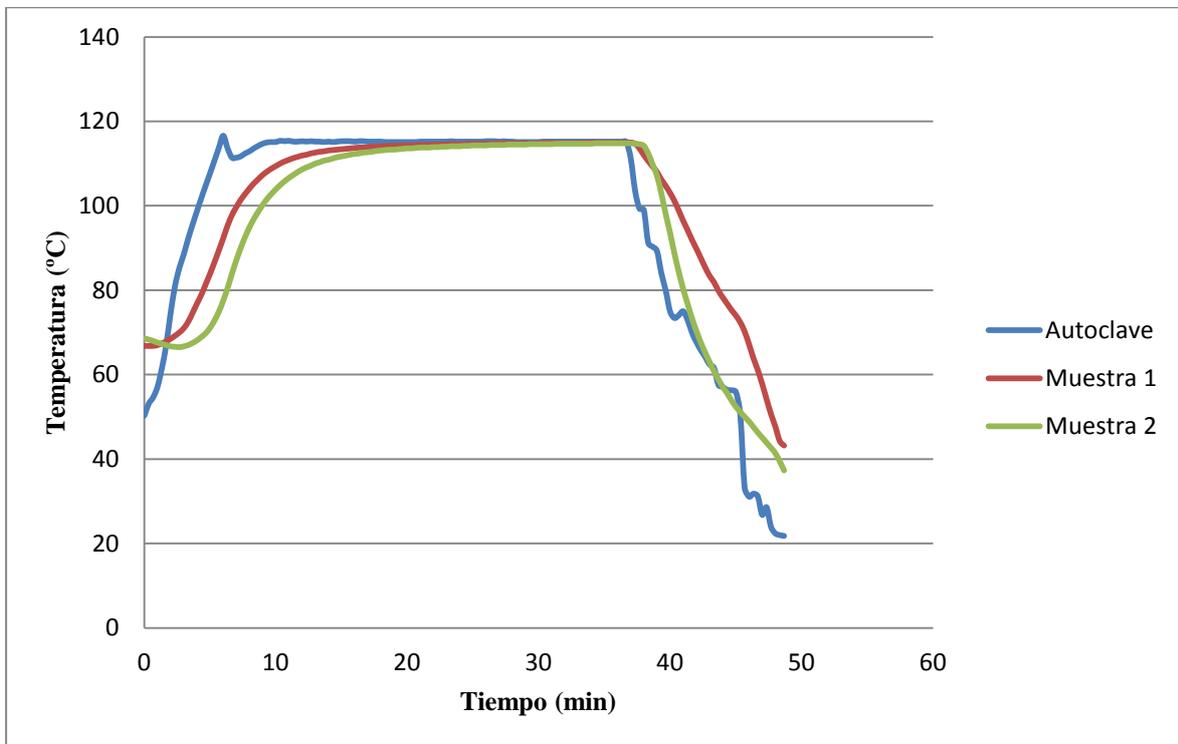


Figura 27: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo desmenuzada; Repetición 2.

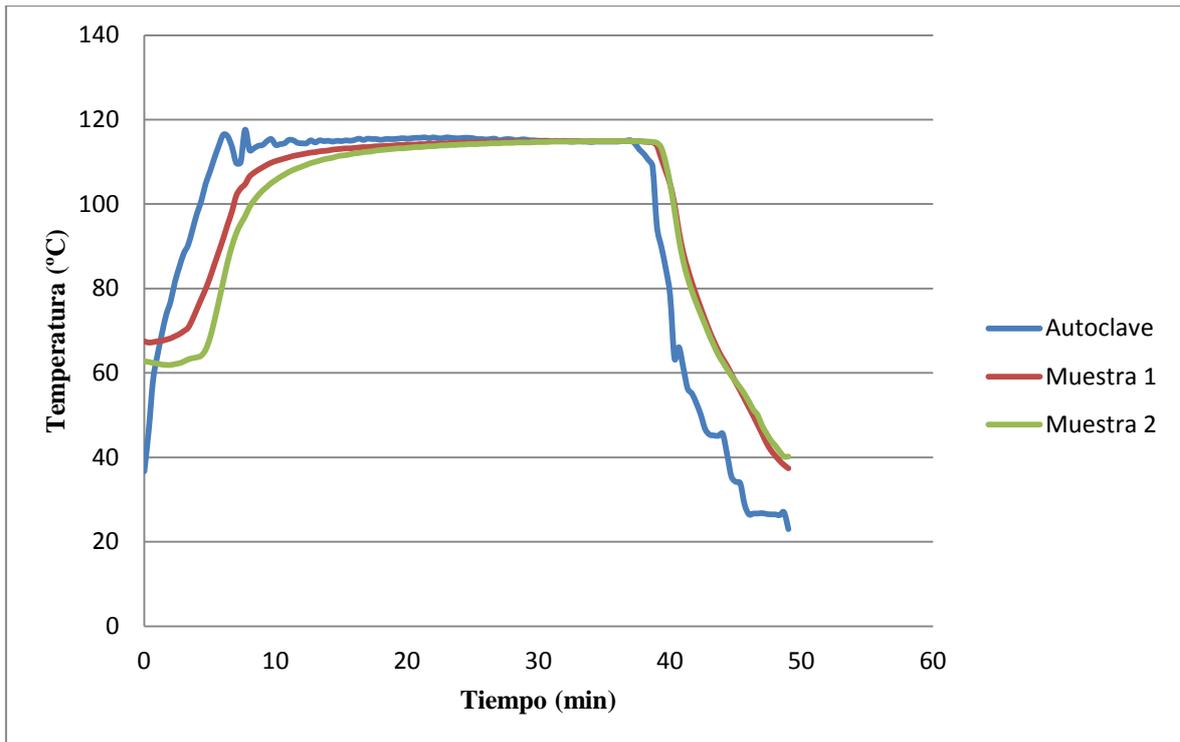


Figura 28: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo desmenuzada; Repetición 3.

En esta prueba se obtuvieron los datos de penetración de calor de seis muestras los cuales fueron trazados en escala semilogarítmica. En la Figura 29 se pueden observar las curvas generadas por el trazado. La descripción de la nomenclatura de las muestras es como sigue:

- M1 y M2: Muestras correspondientes a la primera repetición (R1).
- M3 y M4: Muestras correspondientes a la segunda repetición (R2).
- M5 y M6: Muestras correspondientes a la tercera repetición (R3).

En esta figura se puede observar que las curvas correspondientes a las muestras M1, M2, M4 y M6 se encuentran por encima las muestras M3 y M5. En este caso se hace difícil discernir cuál de las curvas representa un calentamiento lento pues a simple vista ninguna de las curvas se encuentra predominantemente por encima de las otras. En este caso se analizarán los valores de letalidad (F_0) obtenidos mediante el sistema DATATRACE además de las pendientes de las curvas semilogarítmicas. Estos valores se observan en el Cuadro 19.

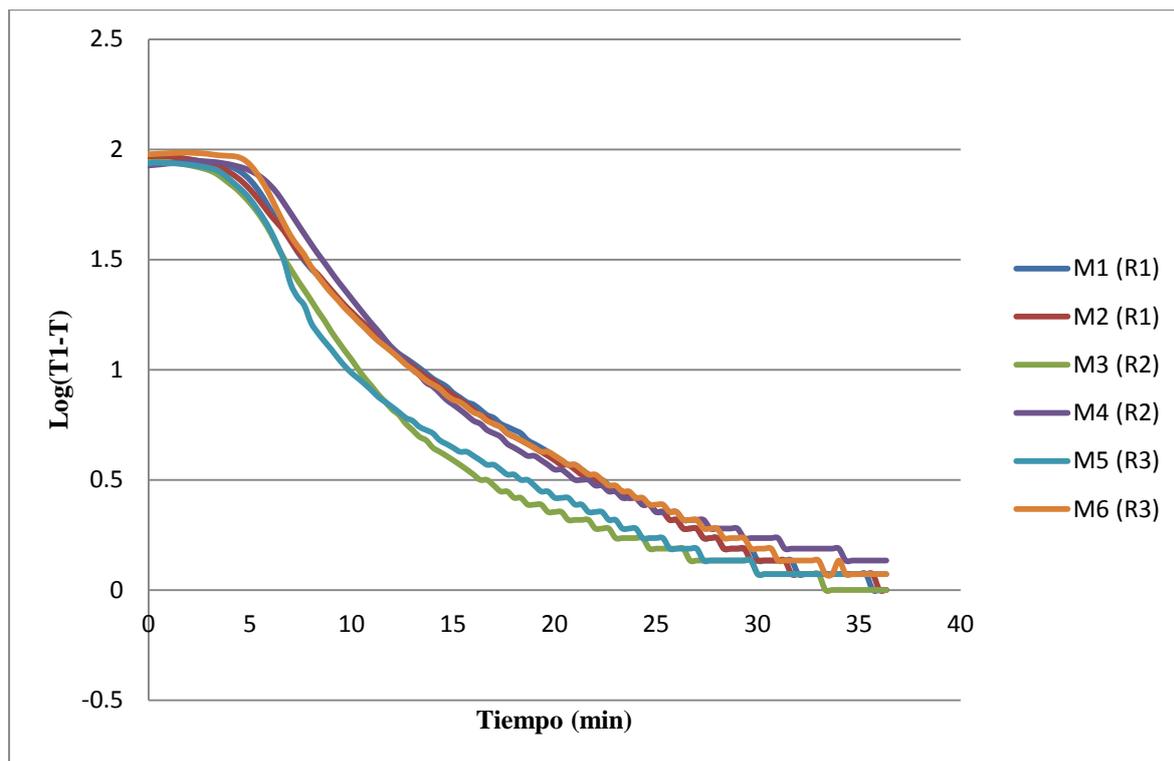


Figura 29: Comparación de las curvas semilogarítmicas de calentamiento de la muestras de pechuga de pollo desmenuzada.

Cuadro 19: Variables críticas características de las curvas de penetración de calor de cada una de las muestras de pechuga de pollo desmenuzada.

Repetición	Muestra	m1	m2	f_h	f_{h2}	T_0	Temperatura al final de la Esterilización (°C)	F_0 al final de la Esterilización
R1	M1	-0.130	-0.054	7.692	18.519	63.6	115.0	4.8
	M2	-0.113	-0.049	8.850	20.408	64.1	115.0	4.8
R2	M3	-0.139	-0.044	7.194	22.727	66.8	115.0	5.6
	M4	-0.122	-0.036	8.197	27.778	68.6	114.8	4.7
R3	M5	-0.188	-0.043	5.319	23.256	67.5	114.9	5.6
	M6	-0.143	-0.046	6.993	21.739	62.8	114.9	4.8

Para poder analizar las curvas y determinar la que será usada para calcular los parámetros de penetración de calor, se compararon los valores de letalidad entre las muestras de una misma repetición. Las muestras que tuviesen los valores de F_0 menores se compararan entre sí mediante un análisis de las pendientes de las curvas semilogarítmicas.

En el caso de la repetición R1, las muestras tienen un F_0 de igual valor. En este caso se compararon las pendientes de las curvas semilogarítmicas de cada muestra. Se puede observar en el Cuadro 19 que la muestra que tiene los mayores valores de f_h es la M2.

En las repeticiones R2 y R3, las muestras con menor valor F_0 son las M4 y M6 respectivamente.

Entonces para determinar la muestra a utilizar, se comparan las pendientes de las curvas semilogarítmicas de las muestras M2, M4 y M6. Se puede observar que el mayor valor f_h corresponde a la muestra M2 y que el mayor valor f_{h2} corresponde a la muestra M4. Considerando que la diferencia entre los valores f_h de las muestra M2 y M4 es mucho menor que la diferencia entre los valores f_{h2} de las mismas muestras, y que el tiempo que la curva permanece con la pendiente correspondiente al f_{h2} es mucho mayor que el tiempo del valor f_h , se puede asumir que la curva que se calienta más lentamente es la correspondiente a la muestra M4. Además comparando los valores de F_0 , la muestra M4 presenta un menor valor a pesar de haber comenzado con una mayor temperatura inicial.

En la Figura 30, se observa la curva de calentamiento de la muestra seleccionada para calcular los parámetros de penetración de calor. Se puede observar que la curva presenta un marcado quiebre lo cual genera dos fases de calentamiento de diferentes velocidades. El tiempo en que ocurre el quiebre es calculado y corresponde a los 15.792 min de iniciado el proceso. En la Figura 31 se puede observar la curva de enfriamiento de la muestra seleccionada.

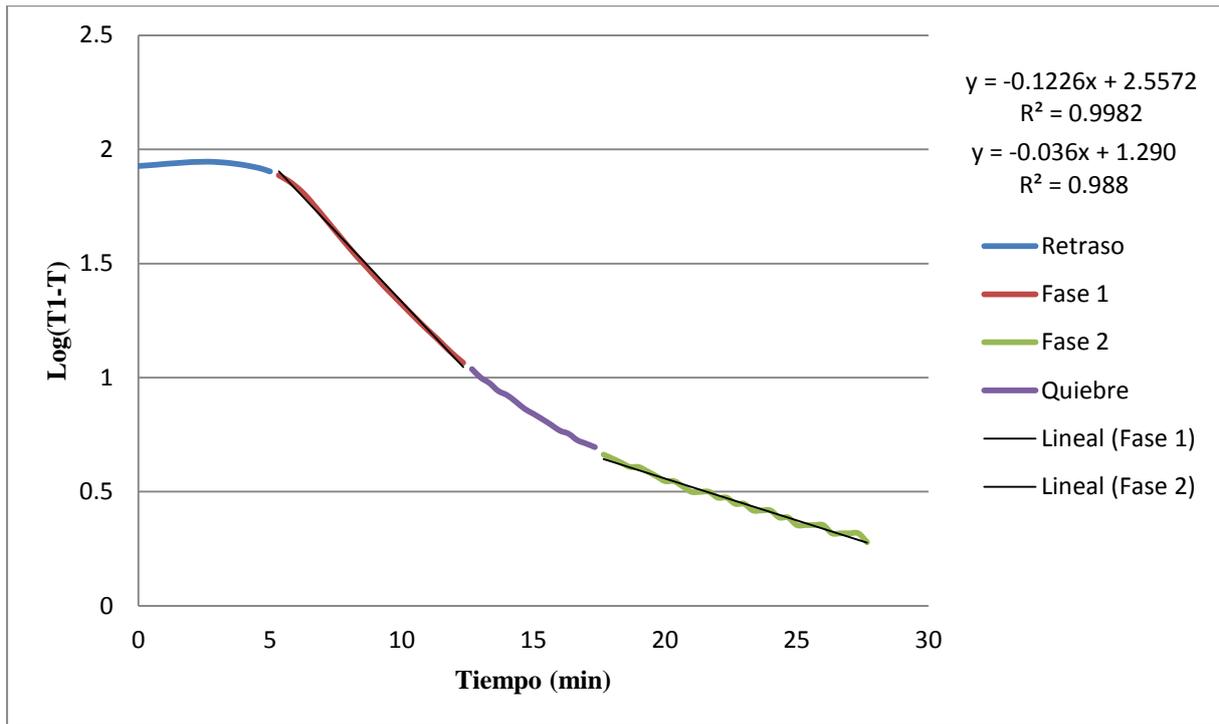


Figura 30: Curva semilogarítmica de calentamiento de la Muestra 4 (Lata 2, R2).

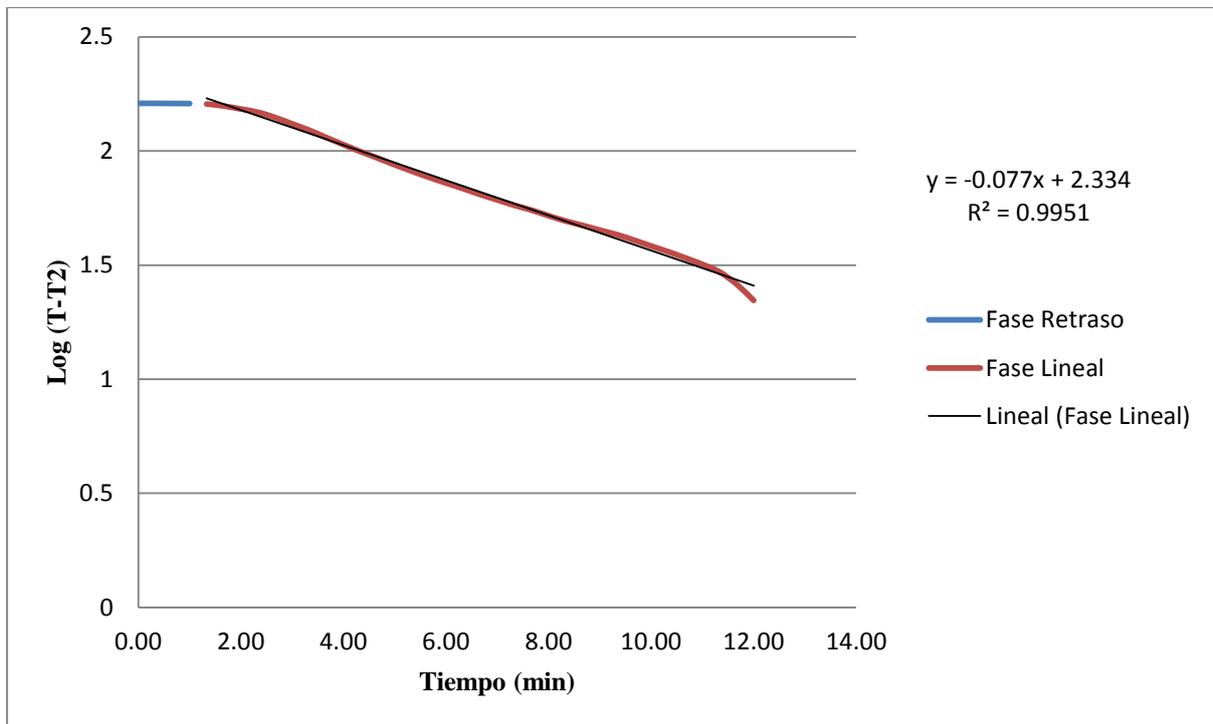


Figura 31: Curva semilogarítmica de enfriamiento de la Muestra 4 (Lata 2, R2).

Los datos obtenidos de las regresiones lineales realizadas a las curvas semilogarítmicas de calentamiento y enfriamiento son mostrados en los Cuadros 20 y 21 respectivamente. En la curva de calentamiento se realizaron dos regresiones lineales para las dos porciones rectas que posea la curva.

Cuadro 20: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva calentamiento de la muestra 4

Fase	Pendiente	Intercepto
Lineal 1	-0.122	2.557
Lineal 2	-0.036	1.290

Cuadro 21: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva de enfriamiento de la muestra 4

Fase	Pendiente	Intercepto
Lineal	-0.077	2.334

Los datos de los Cuadros 20 y 21 fueron usados para calcular los parámetros de penetración de calor de la curva quebrada. Los cálculos se detallan en el ANEXO 7. Los parámetros que se calcularon son mostrados en el Cuadro 22.

Cuadro 22: Parámetros calculados de las curvas de calentamiento y enfriamiento de la muestra 4 de pechuga de pollo desmenuzada.

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$T_0 = 155.48^\circ\text{F}$ $f_h = 8.197 \text{ min}$ $T_A = 104.34^\circ\text{F}$ $j_h = 1.605$ $f_2 = 27.778 \text{ min}$ $g_{bh} = 5.749 \text{ }^\circ\text{F}$	$T_B = 238.64^\circ\text{F}$ $f_c = 12.987 \text{ min}$ $T_{BA} = 292.774^\circ\text{F}$ $j_c = 1.335$

Cuando la curva de calentamiento es quebrada se tiene que tener cuidado al momento de calcular tiempos de procesamiento, para otras condiciones, usando los parámetros obtenidos experimentalmente (Stumbo, 1973).

b. Pechuga de pollo en trozos

En la Figura 32, 33 y 34 se pueden observar las historias tiempo-temperatura para los procesos realizados en las muestras de pechuga de pollo en trozos en cada repetición respectivamente.

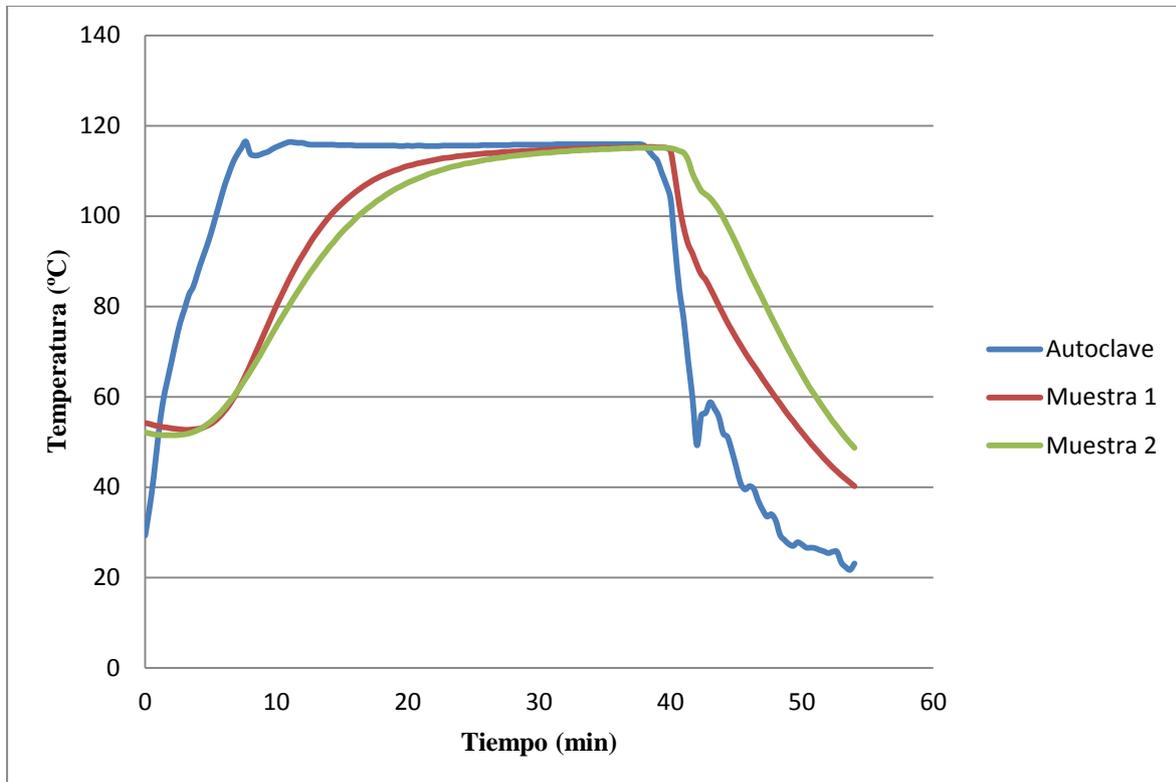


Figura 32: Historia tiempo-temperatura de muestras de Pechuga de pollo en trozos; Repetición 1.

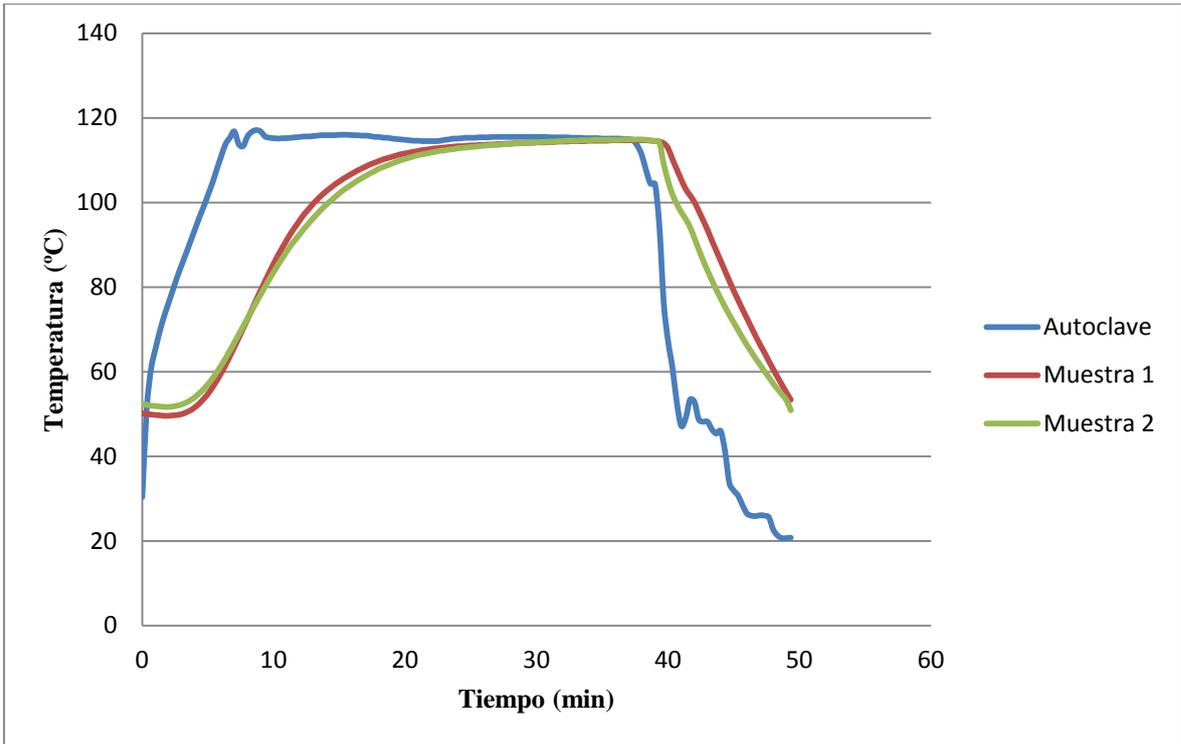


Figura 33: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo en trozos; Repetición 2.

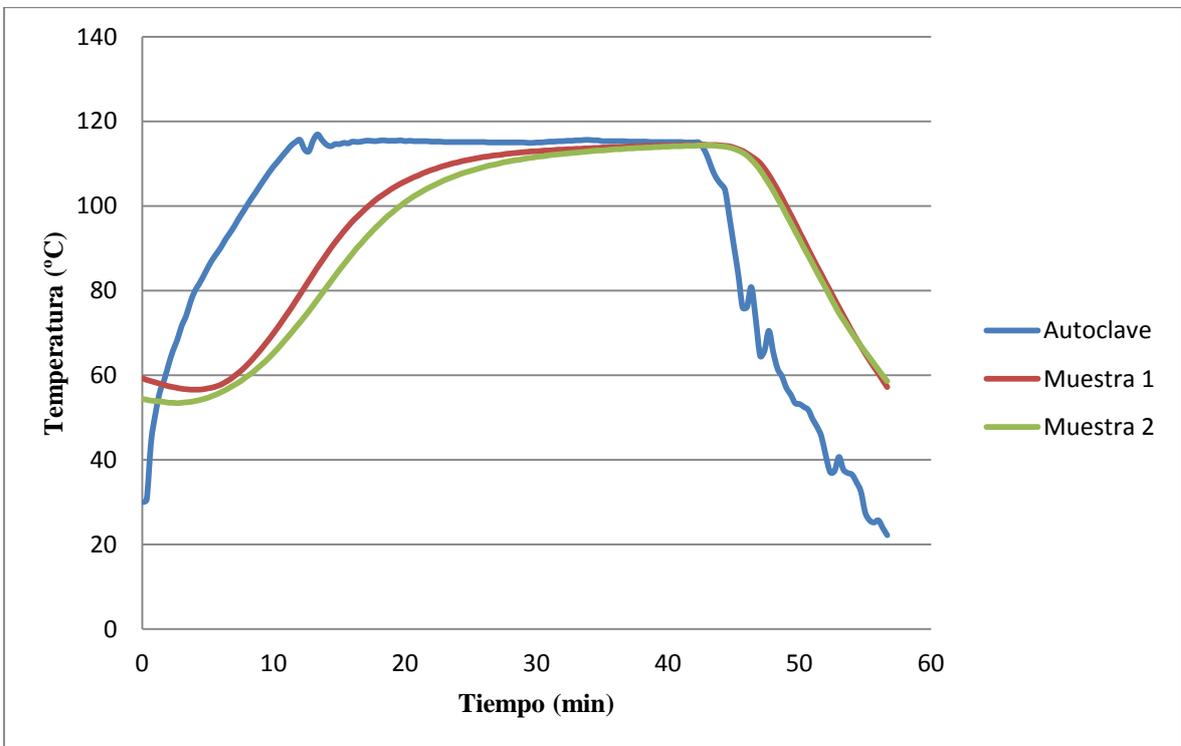


Figura 34: Historia tiempo temperatura de muestras de Pechuga de pollo en trozos; Repetición 3.

Se puede observar en la Figura 34, que corresponde a la tercera repetición, que el tiempo que tarda la autoclave en llegar a la temperatura de proceso es mucho mayor que en las dos repeticiones anteriores. En las primeras repeticiones el tiempo de levante es 7.67 y 7.0 min respectivamente. En la tercera repetición este tiempo asciende hasta 12 min, esto altera notablemente la velocidad de calentamiento de las muestras. Por tal razón se decidió no considerar en el análisis las muestras correspondientes a la tercera repetición, pues no correspondían a un proceso “normal”.

Considerando solo las muestras de la primera y segunda repetición se realizó el trazado de los datos en escala semilogarítmica. En la Figura 35 se encuentran las curvas generadas por el trazado de los datos; se puede observar que las curvas correspondientes a las muestras M1 y M2, se encuentran por encima las muestras M3 y M4. Además la muestra M1 se encuentra por encima de la M2. Con esto se puede deducir que la muestra que presenta un calentamiento más lento es la muestra M1. Se puede observar un quiebre en las curvas semilogarítmicas de las muestras M3 y M4, pero mucho más pronunciada en la muestra M3. A diferencia de los quiebres observados en las curvas de las muestras de pechuga de pollo desmenuzada, este quiebre se podría deber una ligera disminución de la temperatura de la autoclave que se da alrededor del minuto 20 y puede ser observado en la Figura 33. Considerando esto se calcularon las pendientes de las secciones rectas de las curvas semilogarítmicas de las muestras M3 y M4.

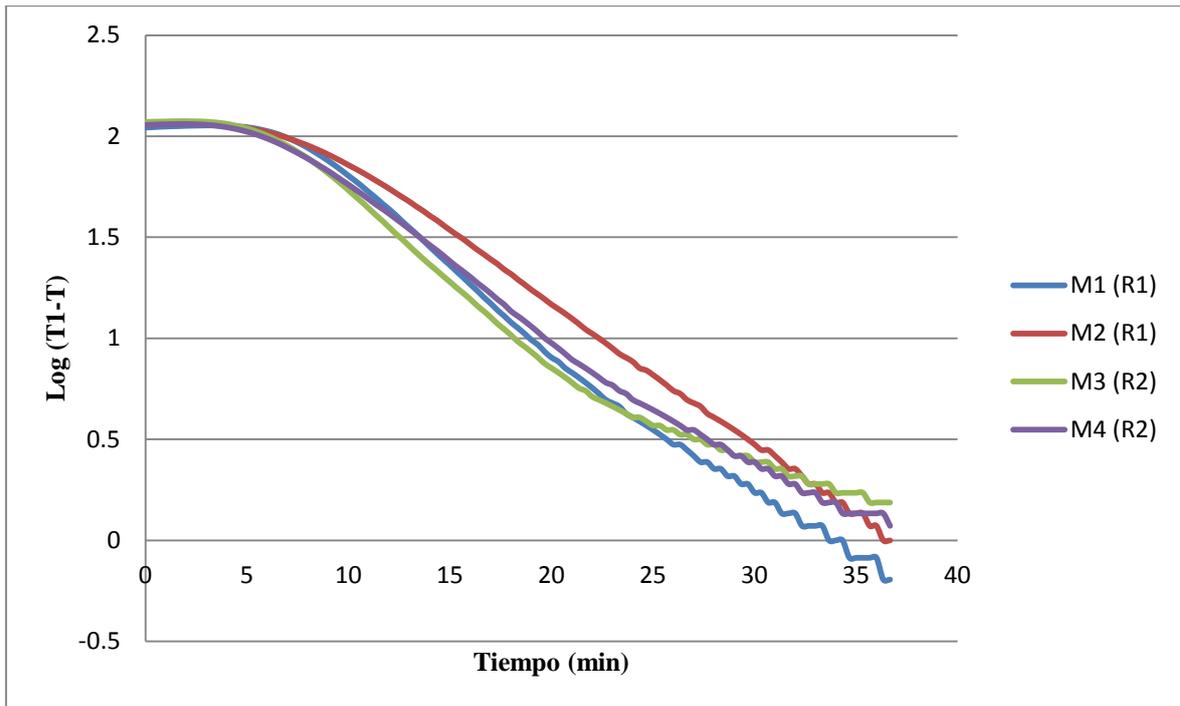


Figura 35: Comparación de las curvas semilogarítmicas de calentamiento de la muestras de pechuga de pollo en trozos.

Además del análisis de la gráfica es posible obtener información mediante el análisis de los valores de F_0 al final de la fase de esterilización. Los datos de F_0 obtenidos mediante el uso del DataTrace se puede observar en el Cuadro 23. En éste se puede observar que la muestra M2 presenta un menor valor F_0 , correspondiente a la segunda muestra de la repetición 1. Además esta muestra presenta el mayor valor f_h (14.493) lo cual permite confirmarlo como muestra de calentamiento más lento.

Cuadro 23: Variables críticas características de las curvas de penetración de calor de cada una de las muestras analizadas.

Repetición	Muestra	m1	f_h	T_0	T al final de la Esterilización (30 min)	F_0 al final de la Esterilización (30 min)
R1	M1	-0.081	12.346	54.2	115.3	3.9
	M2	-0.069	14.493	52.1	115.1	3.0
R2	M3	-0.087	11.494	50.2	114.7	3.6
	M4	-0.076	13.158	52.4	114.9	3.4

En la Figura 36 se observa la curva de calentamiento de la muestra seleccionada para calcular los parámetros de penetración de calor de Pechuga de pollo en trozos. Se puede observar que luego de la fase de retraso la línea es prácticamente una línea recta.

En la Figura 37 se puede observar la curva de enfriamiento de la muestra seleccionada.

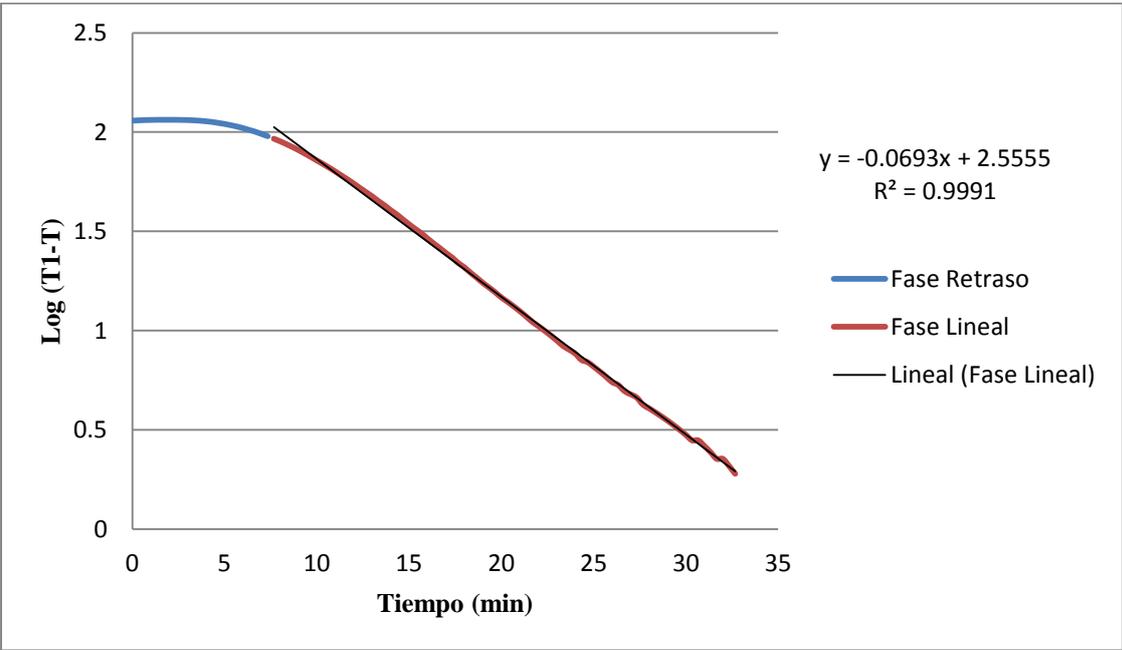


Figura 36: Curva semilogarítmica de calentamiento de la Muestra 2 (Lata 2, R1).

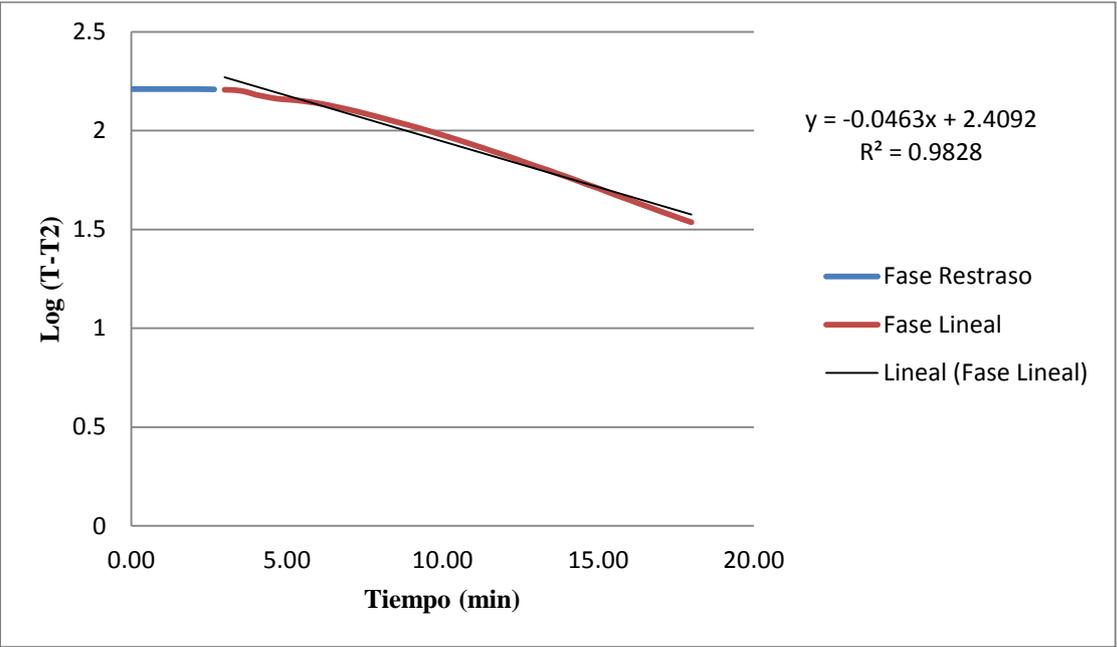


Figura 37: Curva semilogarítmica de enfriamiento de la Muestra 2 (Lata 2, R1).

Los datos obtenidos de las regresiones lineales realizadas a las curvas semilogarítmicas de calentamiento y enfriamiento son mostrados en los 24 y 25 respectivamente.

Cuadro 24: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva calentamiento de la muestra 2

Fase	Pendiente	Intercepto
Lineal	-0.069	2.555

Cuadro 25: Datos obtenidos de la regresión lineal de las rectas ajustadas de la curva de enfriamiento de la muestra 2

Fase	Pendiente	Intercepto
Lineal	-0.046	2.409

Los datos de los cuadros 24 y 25 fueron usados para calcular los parámetros de penetración de calor. Los cálculos se detallan en el ANEXO 8. Los parámetros que se calcularon son los mostrados en el Cuadro 26.

Cuadro 26: Parámetros calculados de las curvas de calentamiento y enfriamiento de la muestra 2 de pechuga de pollo en trozos.

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$T_0 = 125.78^\circ\text{F}$ $f_h = 14.493 \text{ min}$ $T_A = 62.93^\circ\text{F}$ $j_h = 1.550$	$T_B = 239.18^\circ\text{F}$ $f_c = 21.739 \text{ min}$ $T_{BA} = 333.448^\circ\text{F}$ $j_c = 1.581$

Con el fin de corroborar si los parámetros de las curvas analizadas para las dos presentaciones brindan resultados cercanos a lo obtenido mediante el sistema DataTrace (el cual utiliza el método general), se calculó el tiempo necesario para lograr el F_0 alcanzado en cada evaluación.

En el caso de la pechuga de pollo desmenuzada, usando la ecuación de Stumbo (1973) para curvas quebradas, se calculó el tiempo de procesamiento (t_p) para alcanzar un $F_0 = 5.1$. La ecuación usada y los detalles del cálculo se encuentran en el ANEXO 9.

Según este cálculo se determina que para alcanzar un F_0 de 5.1 se necesitaría 28.29 min. Este tiempo es algo menor del tiempo de procesamiento usado realmente durante la prueba que fue de 30 min. La variación porcentual en base al tiempo real es de aproximadamente 5.7%. En el caso de la pechuga de pollo en trozos, mediante el método de Stumbo, se calculó el tiempo de procesamiento (t_p) para alcanzar un $F_0 = 4.0$. La ecuación usada y los detalles del cálculo se encuentran en el ANEXO 10. Según este cálculo se determina que para alcanzar un F_0 de 4.0 se necesitaría 31.79 min. Este tiempo es algo mayor del tiempo de procesamiento usado realmente durante la prueba que fue de 30 min. La variación porcentual en base al tiempo real es de aproximadamente 5.97%.

Cuadro 27: Comparación de los tiempos experimentales y calculados por el método Stumbo para obtener el mismo F_0

Producto	F_0 Obtenido (min)	Tiempo Experimental (min)	Tiempo Calculado (min)	Diferencia porcentual (%)
Pechuga de Pollo Desmenuzada	5.1	30	28.29	5.70
Pechuga de Pollo en Trozos	4.0	30	31.79	5.97

Según Mendoza (1993), si los valores calculados tienen una diferencia mayor al 15% se considerará el valor obtenido por el método general (es decir el método calculado por el sistema DataTrace). Ya que en ambos casos la variación es menor del 15%, los parámetros de penetración de calor se consideran válidos para realizar los cálculos de tiempo para alcanzar un F_0 determinado y viceversa.

Con respecto a las curvas encontradas en pechuga de pollo en trozos, Condori (2002), Obregón (2001) y Mendoza (1993) encontraron curvas similares al evaluar el tratamiento térmico de habas en salmuera en conserva, mandarinas en conserva y crema de olluco enlatada, respectivamente.

Según Hersom y Hulland (1984), los productos que exhiben curvas de calentamiento quebradas, tienen el punto de calentamiento más tardío, bien sea en el centro geométrico del envase o cerca del extremo inferior de su eje central. Por esta razón en la

determinación inicial de la penetración de calor se sitúan dos termocuplas en ambas posiciones, para establecer cuál es la de calentamiento más tardío.

La temperatura inicial es la temperatura del alimento en el tiempo cero del calentamiento o enfriamiento. Influye grandemente en el tiempo de calentamiento requerido para administrar a un proceso una letalidad determinada. A mayor temperatura inicial del producto, menor será el tiempo requerido (Stumbo 1973). La temperatura inicial para el desmenuzado fue de 155.48°F (68.6°C) y la de los trozos de 125.78°F (52.1°C). Estas temperaturas son diferentes a pesar de haber pasado por un mismo proceso. Dado el tamaño de las piezas, los trozos se calentaron menos en su centro que el desmenuzado.

Mendoza (1993) menciona que si se llenan los botes en caliente, con un producto que transmita lentamente el calor y se deja transcurrir algún tiempo antes de someterlos a tratamiento térmico, la temperatura dentro del envase no es uniforme, por sufrir un enfriamiento en las proximidades de la pared; y a la inversa, llenos en frío muestran temperaturas más altas en las zonas próximas a la pared. Alstrand y Benjamin (1949); citado por Mendoza (1993), demostraron que, al calcular los datos de penetración de calor se cometen errores debido a la falta de uniformidad en la distribución del calor, y sugiere que como “temperatura inicial” debe tomarse no la del centro del envase, sino la media de su contenido.

Por otro lado Giannoni (1977) menciona que el efecto de la temperatura inicial puede considerarse despreciable para todos los tamaños de envase debido a que los tiempos de exhausting son de tan corta duración que no aportan ningún beneficio al proceso de esterilización.

Como se puede observar los valores f_h y f_c presentan una diferencia de 4.79 y 7.246 para la pechuga desmenuzada y en trozos respectivamente. Al respecto Stumbo y Longley (1966); citados por Condori (2002), indican que el valor de f_h igualaría exactamente el valor de f_c en el caso de existir una convección o conducción pura, pero recomiendan que para la mayoría de los procesos debe asumirse que $f_c=f_h$ y que cuando se note una variación mayor del 20% entre ellos, debe emplearse el método general para evaluar el proceso. En este caso se puede observar que para el desmenuzado se nota una diferencia de 58.4% y para los trozos una diferencia de 50%. Estos valores sobrepasan lo indicado anteriormente,

por lo que se trataría de procesos en los que no se da ni conducción ni convección pura sino un calentamiento mixto. A pesar de lo anterior y ya que mediante el método general no es posible calcular los tiempos de proceso para diferentes temperaturas a las de análisis, se decidió utilizar finalmente el método de Stumbo para los cálculos.

Stumbo (1973) reporta que en aquellos alimentos donde existe una convección pura, j_c será igual a la unidad y en los que la transferencia de calor es una conducción pura j_c será igual a 2. En el caso de la pechuga de pollo desmenuzada este el valor j_c es de 1.335, este valor se encuentra más cerca de 1 por lo que el calentamiento principal sería mediante convección; por otro lado para el caso de la pechuga de pollo en trozos el valor de j_c es igual a 1.581, este valor se encuentra prácticamente entre el 1 y 2 por lo que se trataría de calentamiento mixto. Se tiene que tener en cuenta que dado que el valor j_c es un parámetro de respuesta al enfriamiento y debido a que el enfriamiento considerado en las experiencias realizadas eran factibles de sufrir variaciones, el valor j_c no necesariamente representa las condiciones óptimas de enfriamiento, por lo que su influencia dentro de los cálculos ha de tomarse con precaución.

Para alimentos calentados únicamente por conducción, se requiere tiempos de proceso largos, para que el centro geométrico alcance la temperatura suficiente para la preservación. A este grupo, pertenecen aquellos productos de consistencia pesada que exhiben líneas rectas en sus curvas semilogarítmicas de calentamiento (Mendoza, 1993).

Desrosier (1963), clasifica dentro del grupo de alimentos calentados por conducción, a los alimentos empacados sólidamente con alto contenido de agua, pero poco o ningún líquido libre. Ejemplo de estos son: crema espesa de maíz, calabazas, crema de papas, puré de hortalizas, ensaladas de papa y frijoles horneados; productos de frutas empacados sólidamente; productos de hortalizas, carne y pescado en crema de salsa espesa, crema de papas y pollo a la reina; sopas concentradas de muchos tipos, mezclas de carne y hortalizas en salsa espesa y productos de almidón empacados sólidamente.

De forma similar, Desrosier (1963), clasifica a los alimentos calentados por convección en dos grupos: aquellos calentados por convección lenta tales como jugos de frutas y hortalizas, caldos y sopas, frutas empacadas en agua o jarabes con grandes pedazos presentes, productos de carne y pescado empacados en salmuera si los pedazos pequeños

no son empacados sólidamente, hortalizas empacadas en salmuera o agua con pedazos como los anteriores; y aquellos calentados por convección rápida tales como, pequeñas piezas de productos de frutos, hortalizas, carne y pescado empacadas en líquido libre.

Casp (1999) menciona que en la industria existen productos a base de líquidos que contienen en su seno sólidos de pequeño tamaño, de forma que la penetración de calor viene determinada en gran medida por la movilidad del líquido (proporcional a la relación líquido/sólido existente). La temperatura de los sólidos puede considerarse la misma que la del líquido que los rodea. Este sería el caso de la pechuga de pollo desmenuzada mas no de los trozos pues el tamaño de estos influye mucho en la penetración de calor a estos.

El valor j es también llamado factor de retraso, dado que a mayor valor de j , mayor será el tiempo que tome la temperatura del punto que se esté monitoreando en que responda a un repentino cambio en la temperatura del medio de calentamiento (Toledo, 1999). Los valores j_h para cada producto se puede observar en los Cuadros 22 y 26 para desmenuzado y trozos respectivamente. En estos se puede observar que el valor j_h correspondiente al desmenuzado es de 1.605 y el de los trozos es de 1.55 lo que indicaría una respuesta mucho más lenta al cambio de temperatura por parte del pollo desmenuzado, aspecto que es inconsistente con lo que realmente sucede.

En el enlatado, el calor se transfiere a través de las paredes de los recipientes a las sustancias alimenticias sólidas por conducción y a los alimentos líquidos por convección, ya sea natural o forzada. La rapidez de calentamiento de los alimentos depende de la naturaleza del medio de calentamiento, el coeficiente de conducción (conductividad térmica) de la lata y el alimento, y de si la convección hace circular o no el alimento dentro de una lata (Sharma, 2003).

Sielaff (2000) menciona que la velocidad con que se difunde el calor en el producto depende decisivamente de la composición de éste. Los principales factores de influencia son la estructura, densidad, proporción entre componentes sólidos y líquidos, viscosidad y tamaño de los trozos o partículas.

4.2.5. CÁLCULO DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO

a. Pechuga de pollo desmenuzada

Los resultados de los cálculos se puede observar en el Cuadro 28. Los cálculos se pueden observar en el ANEXO 11.

Cuadro 28: Cálculos de tiempos de proceso para T_1 de 230, 240 y 250°F en pechuga de pollo desmenuzada.

Temperatura (°F)	Tiempo de proceso: t_p (min)	t_p redondeado (min)
230	114.75	115
240	40.33	41
250	17.45	18

En la Figura 38 se puede observar la relación temperatura de proceso vs tiempo de proceso para la pechuga de pollo desmenuzada.

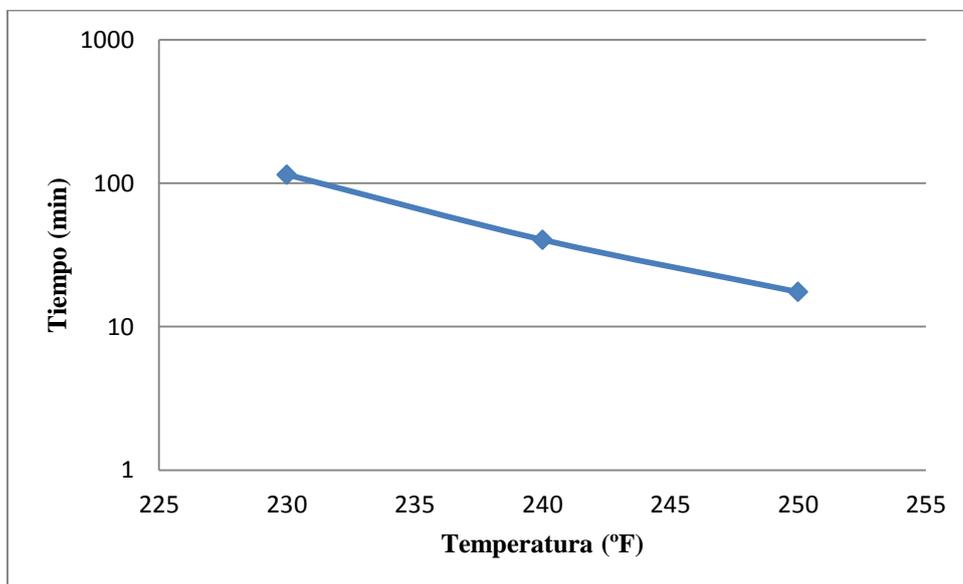


Figura 38: Relación temperatura de proceso vs. tiempo de proceso para pechuga de pollo desmenuzada.

b. Pechuga de pollo en trozos

Los resultados de los cálculos se puede observar en el Cuadro 29. Los cálculos se pueden observar en el ANEXO 12.

Cuadro 29: Cálculos de tiempos de proceso para T_1 de 230, 240 y 250°F para pechuga de pollo en trozos.

Temperatura (°F)	Tiempo de proceso: t_p (min)	t_p redondeado (min)
230	119.24	120
240	46.28	47
250	25.18	26

En la Figura 39 se puede observar la relación temperatura de proceso vs tiempo de proceso para la pechuga de pollo en trozos.

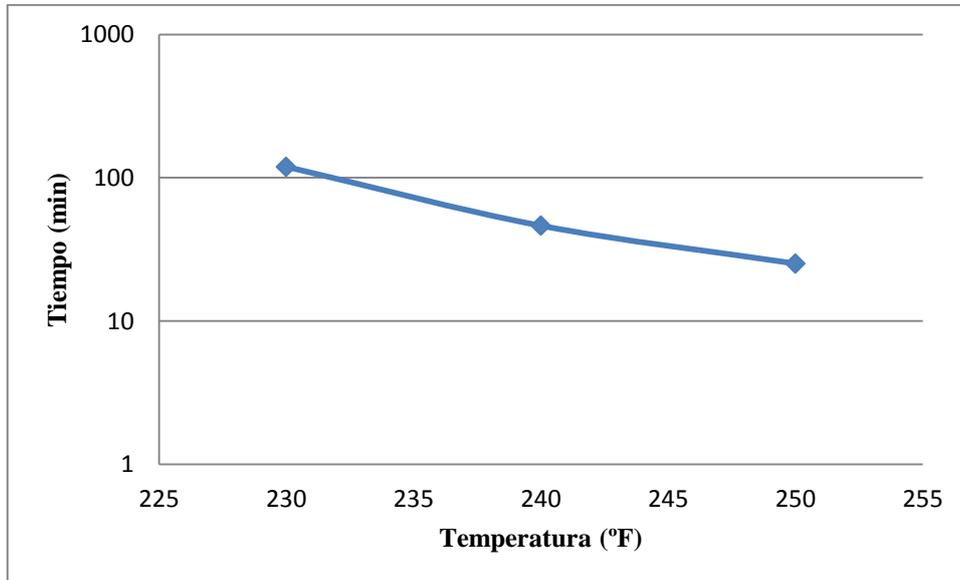


Figura 39: Relación temperatura de proceso vs. tiempo de proceso para pechuga de pollo en trozos.

Se puede observar en ambas Figuras (38 y 39) que el comportamiento de los tiempos de proceso con respecto a la temperatura de proceso sigue un comportamiento

logarítmico. Pues se puede notar que los puntos siguen una línea prácticamente recta en la escala semilogarítmica.

4.2.6. VERIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

Para corroborar que los cálculos brindan resultados confiables se procedió a evaluar los tiempos calculados para cada una de las temperaturas en cada uno de los productos.

a. Pechuga de pollo desmenuzada

En el Cuadro 30 se puede observar los datos de letalidad obtenidos con los calculados para cada una de las temperaturas, para la pechuga de pollo desmenuzada. El F_0 de diseño fue de 8 min.

Cuadro 30: Valores F_0 experimentales en la pechuga de pollo desmenuzada.

Temperatura de Proceso	Tiempo calculado (min)	F_0 experimental (min)
230°F	115	8.3
240°F	41	7.7
250°F	18	11.2

Para las temperaturas de 230, y 240°F se puede observar que el valor obtenido es muy cercano al de diseño. En porcentajes, las diferencias son de 3,75% para ambos casos, estos valores encuentra por debajo de 15%, valor que, como menciona Mendoza (1993), no se debe sobrepasar para que el cálculo sea válido. Por otro lado, esto no se da en el caso de 250°F, el valor de F_0 se encuentra por encima del esperado. En porcentaje esto es una diferencia de 40% con respecto al F_0 de diseño. Stumbo (1973) menciona que a menudo, la ruptura en la curva no se produce en el mismo lugar. Dado que son menores los tiempos a mayores temperaturas de proceso el efecto del cambio del punto de quiebre puede ser más crítico para el cálculo del tiempo de proceso. Efecto que no se ve en el caso de la temperatura de 230°F.

b. Pechuga de pollo en trozos

En la el Cuadro 31 se puede observar los datos obtenidos con los tiempos obtenidos de los cálculos para cada una de las temperaturas, en el caso de la pechuga de pollo en trozos. El F_0 de diseño fue de 8 min.

Cuadro 31: Valores F_0 experimentales en la pechuga de pollo en trozos.

Temperatura de Proceso	Tiempo calculado (min)	F_0 experimental (min)
230°F	120	7.2
240°F	47	8.3
250°F	26	12.3

Analizando de la misma forma que en el caso anterior, Para las temperaturas de 230, y 240°F se puede observar que el valor obtenido es cercano al de diseño. En porcentajes las diferencias son de 10% y de 3.75% respectivamente, lo cual se encuentra por debajo de 15% como menciona Mendoza (1993). En este caso se encuentra el mismo fenómeno encontrado en el caso de la pechuga de pollo desmenuzada. El porcentaje de diferencia es de 53.75%, valor que sobrepasa lo indicado.

Dado que para ambos casos, los cálculos de tiempo para 250°F no brindan valores con los que se pueda obtener el F_0 deseado, Se hace necesario utilizar el método general para la obtención de productos con $F_0 = 8$. En ambos casos se procesó producto a 250°F y se realizó la medición del F_0 en tiempo real mediante el uso del sistema DataTrace.

4.3. ANÁLISIS SENSORIAL

4.3.1. PECHUGA DE POLLO DESMENUZADA

El resumen de los datos obtenidos de la evaluación sensorial en pechuga de pollo desmenuzada, se pueden observar en el Cuadro 32 y la información completa en el ANEXO 16. Los cálculos del análisis de estadístico, así con el cuadro de ANVA, se muestran en el ANEXO 17.

Cuadro 32: Resumen de los datos obtenidos de la evaluación sensorial de pechuga de pollo desmenuzada.

Sexo	Panelistas	HT1	Prom-HT1	HT2	Prom-HT2	HT3	Prom-HT3
M	53	272	5.1	262	4.9	262	4.9
F	47	249	5.3	234	5.0	244	5.2
TOTAL	100	521	5.2	496	5.0	506	5.1

Dónde:

- HT1: Muestra de pechuga de pollo desmenuzada procesada a 230°F
- HT2: Muestra de pechuga de pollo desmenuzada procesada a 240°F
- HT3: Muestra de pechuga de pollo desmenuzada procesada a 250°F

Mediante el análisis estadístico se pudo encontrar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Es decir los jueces (panelistas) en su conjunto no pudieron detectar mayor diferencia entre las muestras evaluadas. En este caso se pudo encontrar que existe diferencia significativa entre los panelistas, lo cual indicaría que no necesariamente no existe diferencia entre los tratamientos sino que la percepción entre panelista y panelista es diferente.

4.3.2. PECHUGA DE POLLO EN TROZOS

El resumen de los datos obtenidos de la evaluación sensorial en pechuga de pollo en trozos, se pueden observar en el Cuadro 33 y la información completa en el ANEXO 18. Los cálculos del análisis de estadístico, así como el cuadro de ANVA, se muestran en el ANEXO 19.

Cuadro 33: Resumen de los datos obtenidos de la evaluación sensorial de pechuga de pollo en trozos.

Sexo	Panelistas	TT1	Prom-TT1	TT2	Prom-TT2	TT3	Prom-TT3
M	55	273	5.0	293	5.3	290	5.3
F	45	218	4.8	233	5.2	237	5.3
TOTAL	100	491	4.9	526	5.3	527	5.3

Dónde:

- TT1: Muestras de pechuga de pollo en trozos procesada a 230°F
- TT2: Muestras de pechuga de pollo en trozos procesada a 240°F
- TT3: Muestras de pechuga de pollo en trozos procesada a 250°F

De forma similar al caso anterior, mediante el análisis estadístico se pudo encontrar que no existe diferencias significativas entre ninguna de los tratamiento evaluados; tampoco existe diferencia significativa entre los jueces.

Revisando los comentarios de los panelistas se puede encontrar algunos como: “me gusta más la muestra TT1 porque es más suave y porque se siente con sabor a conserva de atún, no obstante es seca”. También se pueden encontrar comentarios como: “me gusta más la TT3 porque se siente más firme y más jugosa”.

Es posible deducir, en el caso de la pechuga de pollo desmenuzada que la variabilidad de las respuestas se debe a los panelistas. Según Lawrie (1998); citado por Cossio (2008), la evaluación del olor y sabor todavía dependen principalmente de los paneles de catadores. La variabilidad entre los individuos en la intensidad y calidad de la respuesta a un estímulo dado e incluso en un individuo dado debido a factores extraños, y las condiciones operatorias del panel, son materias de importancia.

Lawrie (1998); citado por Cossio (2008) también indica que la impresión global de la blandura al paladar incluye además de la textura otros aspectos: primeramente, la facilidad inicial de penetrar los dientes en la carne; en segundo lugar, la facilidad con que se desintegra la carne y finalmente la cantidad de residuo que queda después de la masticación.

4.4. ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

4.4.1. CONTROLES FÍSICOS

a. Control del Peso

En el Cuadros 34 se muestran los resultados de los pesos netos y drenados de los productos elaborados.

Cuadro 34: Control de peso y control de cierre.

Peso	Muestra: Pechuga de pollo desmenuzada	Muestra: Pechuga de pollo en trozos
Peso de Envasado	90.0 g	90.0 g
Peso Neto	172.64 g	171.94 g
Peso Drenado	84.05 g	64.72 g

Como se observa en el Cuadro 34, la pérdida de peso de la carne se da en ambos casos, pero es mucho más notoria en el caso de pechuga en trozos. Es probable que esto se deba a que como en este caso la pechuga entra parcialmente cocida (escaldada), contiene más agua que la pechuga deshilachada, que entra totalmente cocida y ya ha perdido cierto porcentaje de humedad. Dado que la cocción se completa dentro del envase durante el proceso, la desnaturalización de la proteína hace que esta pierda su capacidad de retención de agua, haciendo que el agua se traslade de la pieza sólida al líquido de gobierno. Según Sielaff (2000), en el precalentamiento según la temperatura y el tiempo de actuación pueden producirse pérdidas por cocción comprendidas entre el 10 y 50%. Una carne seca y fibrosa sufre superiores pérdidas de agua.

4.4.2. EVALUACIÓN DEL CIERRE

En el Cuadro 35, se muestran los resultados de las mediciones externas e internas de los envases utilizados en las pruebas.

Cuadro 35: Valores de las medidas principales del cierre en envases utilizados.

EVALUACIÓN DEL CIERRE DEL PRODUCTO FINAL						
Muestra*	Largo (mm)	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	Gancho de cuerpo (mm)	Gancho de tapa (mm)	Traslape (%)
H1	2.87	1.22	3.94	1.85	1.82	47.1
	2.86	1.20	3.96	1.82	1.75	43.3
	2.89	1.24	3.97	1.73	1.82	40.4
H2	2.86	1.22	3.91	1.90	1.74	46.5
	2.87	1.21	3.99	1.88	1.69	42.6
	2.85	1.18	3.84	1.90	1.70	45.3
H3	2.84	1.17	4.00	1.82	1.82	47.8
	2.88	1.20	4.06	1.86	1.80	46.0
	2.87	1.24	3.90	1.88	1.75	45.3
H4	2.77	1.25	3.86	1.84	1.76	50.8
	2.85	1.23	3.93	1.84	1.70	42.6
	2.82	1.19	3.83	1.82	1.77	46.9
H5	2.82	1.23	3.99	1.83	1.77	47.3
	2.82	1.16	4.04	1.88	1.71	46.9
	2.79	1.21	4.02	1.88	1.72	49.4
T1	2.85	1.23	3.93	1.84	1.74	44.4
	2.85	1.17	3.91	1.81	1.72	42.1
	2.83	1.17	3.93	1.84	1.75	46.2
T2	2.83	1.22	3.96	1.87	1.71	45.7
	2.80	1.16	3.90	1.88	1.70	47.8
	2.82	1.19	3.98	1.84	1.69	44.1
T3	2.87	1.21	3.93	1.84	1.79	45.3
	2.86	1.23	4.03	1.93	1.71	46.5
	2.85	1.26	3.97	1.80	1.77	43.9
T4	2.89	1.18	3.87	1.84	1.73	41.3
	2.82	1.14	3.86	1.86	1.76	48.2
	2.83	1.17	3.89	1.85	1.79	48.5
T5	2.86	1.22	3.86	1.88	1.80	48.3
	2.81	1.22	3.94	1.81	1.76	46.6
	2.82	1.21	3.88	1.85	1.79	49.2

* H: Muestra de Pechuga de pollo desmenuzada.

T: Muestra de pechuga de pollo en trozos.

Se puede notar que el porcentaje de traslape se encuentra entre 40.4 y 50.8% con un promedio de 45.9%.

4.4.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

En el Cuadro 36 se muestran los resultados de los análisis físicoquímicos realizados a las conservas de pechuga de pollo desmenuzado y en trozos respectivamente.

Cuadro 36: Resultados de los análisis físicoquímicos realizados al producto final.

Componente o Propiedad	Contenido (%)			Diferencia respecto a la pechuga fresca (%)	
	Pechuga de pollo desmenuzada	Pechuga de pollo en trozos	Pechuga de pollo fresca	Pechuga desmenuzada	Pechuga en trozos
Humedad	72.20	70.67	75.29	-4.10	-6.14
Proteína (N * 6.25)	25.34	26.20	22.21	+14.09	+17.96
Grasa	0.92	1.06	1.52	-39.47	-30.26
pH	6.20	6.19	6.1	-	-

El Cuadro 36, se puede notar que se dan cambios en el porcentaje de proteína y el porcentaje de humedad. Se puede notar que disminuye la proporción de agua y aumenta la de proteína. Este cambio se debe a que a medida que la proteína se desnaturaliza disminuye su capacidad de retención de agua. Sielaff (2000), menciona que por encima de los 50°C, se produce la salida de agua, a lo que se une la retracción y consolidación del tejido muscular. Finalmente esto puede influir notablemente en la sensación de boca del producto.

Con respecto a los valores de pH, tal como se muestra en los resultados, no existe variación significativa alguna con respecto a los valores iniciales. Este aumento podría deberse a un aumento de la concentración de sustancias nitrogenadas derivadas de la degradación de proteínas. Sielaff, (2000) menciona que cuando se aplican temperaturas en

torno a los 120°C, las pérdidas de aminoácidos, en especial cistina, lisina, metionina, son relativamente elevadas.

4.4.4. EVALUACIÓN DE LA ESTERILIDAD COMERCIAL

En el Cuadro 37 y 38 se muestran los resultados de las pruebas de esterilidad comercial de 5 muestras de pechuga de pollo desmenuzada y 5 muestras de pechuga de pollo en trozos, respectivamente.

Cuadro 37: Esterilidad comercial pechuga de pollo desmenuzada.

	Aerobios Mesófilos Incubación 35°C	Anaerobios Mesófilos Incubación 35°C	Aerobios Termófilos Incubación 55°C	Anaerobios Termófilos Incubación 55°C
	BPDB	CMM	BPDB	CMM
M-H1	0/2	0/2	0/2	0/2
M-H2	0/2	0/2	0/2	0/2
M-H3	0/2	0/2	0/2	0/2
M-H4	0/2	0/2	0/2	0/2
M-H5	0/2	0/2	0/2	0/2

Cuadro 38: Esterilidad comercial de pechuga de pollo en trozos.

	Aerobios Mesófilos Incubación 35°C	Anaerobios Mesófilos Incubación 35°C	Aerobios Termófilos Incubación 55°C	Anaerobios Termófilos Incubación 55°C
	BPDB	CMM	BPDB	CMM
M-T1	0/2	0/2	0/2	0/2
M-T2	0/2	0/2	0/2	0/2
M-T3	0/2	0/2	0/2	0/2
M-T4	0/2	0/2	0/2	0/2
M-T5	0/2	0/2	0/2	0/2

M-H: Muestra de pechuga de pollo desmenuzada. M-T: Muestra de pechuga de pollo en trozos. (P/T) = Número de tubos positivos / Total de tubos incubados con la muestra. Temperatura y tiempo de incubación del envase: 35°C por 14 días (cantidad de muestra ensayada: 2 g aprox.). Medios de cultivo usados:

- (CMM) = Cooked Meat Medium (T ° incubación 35°C x 120 h y 55°C x 72 h)
- (BPDB) = Bromcresol Purple Dextrose Broth (T ° incubación 35°C x 120 h y 55°C x 72 h).

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

V. CONCLUSIONES

1. El punto más frío de la autoclave evaluado, fue ubicado en la parte inferior de este, a 15 cm de la base de la canastilla en el eje central de ésta. Los envases fueron estibados de forma vertical y sin anidamiento.
2. El punto más frío de calentamiento dentro del envase con pechuga de pollo desmenuzada y en trozos se encuentra en ambos casos por debajo del centro geométrico; a $\frac{1}{4}$ de la base del envase. Esto indica que el calentamiento se da principalmente por convección.
3. La curva semilogarítmica de calentamiento de la muestra de pechuga de pollo desmenuzada es una curva quebrada, es decir posee dos porciones rectas.
4. La curva semilogarítmica de calentamiento de la muestra de pechuga de pollo en trozos es una curva simple, posee una sola porción recta.
5. Los parámetros de penetración de calor que caracterizan el tratamiento térmico de la conserva de pechuga de pollo desmenuzado son: $f_h = 8.197$ min, $f_2 = 27.778$ min, $j_h = 1.605$, $f_c = 12.987$ min, $j_c = 1.335$, $T_A = 104.34^\circ\text{F}$, $T_{BA} = 292.774^\circ\text{F}$.
6. Los parámetros de penetración de calor que caracterizan el tratamiento térmico de la conserva de pechuga de pollo en trozos son: $f_h = 14.493$ min, $j_h = 1.550$, $f_c = 21.739$ min, $j_c = 1.581$, $T_A = 62.93^\circ\text{F}$, $T_{BA} = 333.448^\circ\text{F}$.
7. Los tiempos de procesamiento para pechuga de pollo desmenuzada, considerando un F_0 objetivo de 8 min, determinado a las temperaturas de 230, 240 y 250°F fueron: 115, 41 y 18 minutos respectivamente.

8. Los tiempos de procesamiento para pechuga de pollo en trozos, considerando un F_0 objetivo de 8 min, determinado a las temperaturas de 230, 240 y 250°F fueron: 120, 47 y 26 minutos respectivamente.
9. En ambos casos, con los parámetros obtenidos de las curvas de penetración de calor, es posible realizar cálculos de tiempos de proceso, basados en el método de Stumbo, bastante precisos para temperaturas inferiores a la temperatura de estudio. Esto no se cumple para temperaturas superiores a la de estudio pues se obtiene valores que resultan en valores de F_0 mayores al de diseño.
10. De la evaluación sensorial tanto de la pechuga de pollo desmenuzada como de la pechuga de pollo en trozos, se obtiene que no existen evidencia estadística que demuestren diferencias significativas entre las muestras analizadas.
11. Se desprende de lo anterior que la temperatura de 250°F por 18 min para el caso de pechuga de pollo desmenuzada; y 250°F por 26 min para la pechuga de pollo en trozos, son las más adecuadas dado que implican menores tiempos de procesamiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Para la determinación del punto más frío en productos que contengan sólidos con una proporción alta de líquido (cercana a la mitad del peso neto), se recomienda usar alimentos modelo, en el cual se tenga control sobre las dimensiones de las piezas, considerando las condiciones que podrían ser más críticas.
- Realizar estudios de penetración de calor con un número mayor de muestras dentro de una misma corrida a fin de tener información más exacta.
- Preparar un panel sensorial entrenado a fin de evaluar características más específicas de la pechuga de pollo en conserva.
- Realizar estudios de las características de calentamiento de productos de este tipo, mediante la construcción y análisis de modelos teóricos que pueda llevar a una optimización de procesos.
- Llevar a cabo investigaciones de productos de pollo en diferentes presentaciones gastronómicas a fin de generar opciones que puedan cubrir la potencial demanda del mercado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.O.A.C. INTERNATIONAL. 2007. Métodos Oficiales de Análisis de la A.O.A.C. Internacional. Edición N° 18. A.O.A.C. Intl. Estados Unidos.
2. ALVARADO, J; MARTINEZ, G; NAVARRETE, J; BOTELLO, E; CALDERÓN, M; JIMENEZ, H. 2009. Fenomenología de la esterilización de alimentos líquidos enlatados (en línea). Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía. N° 50, pp. 87-98. Consultado 14 feb. 2012. Disponible en:
<http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro050/Articulo%208.pdf>.
3. AMO, A. 1980. Industria de la carne: Salazones y Chacinería. Primera Edición. Editorial Aedos. 304 p. Barcelona, España.
4. ANZALDÚA, MA. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. 220 p. España.
5. ARANGO, CM; RESTREPO, CA. 1999. Microbiología de la Carne (en línea). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Consultado 6 de jul. 2011. Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/8717475/Cap-1-Microbiologia-de-La-Carne>.
6. BALL, CO; OLSON, FCW. 1957. Sterilization in food Technology: Theory, Practice and Calculations. Primera edición. Editorial McGraw-Hill Company, Inc. 654 p. Estados Unidos de América.
7. BARBADO, JL. 2004. Cría de Aves: Gallinas Ponedoras y Pollos Parrilleros. Primera Edición. Editorial Albatros. 192 p. Buenos Aires, Argentina.

8. BARBOSA-CANOVAS, GV. 2000. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Primera edición. Editorial Acribia. 153 p. Zaragoza, España.
9. CABEZA, EA. 2011. Prácticas de Termobacteriología (en línea). Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Microbiología, Universidad de Pamplona. Norte de Santander, Colombia. Consultado 22 feb. 2012. Disponible en:
http://unipamplona.academia.edu/EnriqueAlfonsoCabezaHerrera/Teaching/22612/Ma nuMa_de_practic as_de_Termobacteriologia.
10. CARBAJAL, LM. 2008. Evaluación de Textura a Cinco Cortes de Carne de Res Conservados por Esterilización en Envase de Hojalata (en línea). Volumen 15 número 2, año 2008. Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Consultado 2 oct. 2012. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169815391005>.
11. CARRILLO, L; AUDISIO, MC. 2007. Manual de microbiología de los alimentos. Primera edición (en línea). Impreso por la Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNJU. San Salvador de Jujuy, Argentina. Consultado 17 jun. 2012. Disponible en: <http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/>.
12. CASP, A; ABRIL, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. 494 p. Madrid, España.
13. CENAN (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, PE). 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos (en línea). Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud. Lima, Perú. Consultado 3 ene. 2013. Disponible en:
<http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>.
14. COLINA, MC; ORDOÑEZ, L; SOLANO, C; HERNANDEZ, M; CUEVA, P; ZEVALLOS, G; CAICHO, J. 2009. Guía para la exportación de alimentos envasados de baja acidez y acidificados a Estados Unidos (LACF/AF). Primera edición. Biblioteca Nacional del Perú. 167 p. Lima, Perú.

15. COLLAZOS C. 1975. La composición de los alimentos peruanos. Quinta Edición. Instituto de Nutrición, Institutos Nacionales de Salud. Ministerio de Salud. Lima, Perú.
16. CONDORI, M. 2002. Evaluación y optimización del tratamiento térmico del enlatado de habas verdes. Tesis para optar el título de Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
17. COSSIO, JA. 2008. Evaluación sensorial de canales de pollo enfriadas por inmersión utilizando fosfatos como mejoradores de calidad. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
18. DAQUI, D. 2005?. Diseño del proceso para industrializar los residuos provenientes del enlatado de atún (en línea). Consultado 22 feb. 2012. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2324/1/4630.pdf>.
19. DESROSIER, NW. 1963. Conservación de Alimentos. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental S.A. 468 p. México.
20. DOYLAN, A. 1971. Conservas alimenticias de todas clases: Recetas y procedimientos industriales y domésticos. Segunda Edición. Editorial Sintet S.A. 234 p. Barcelona, España.
21. FDA (Agencia de Alimentos y Medicamentos, US). 2001. Bacteriological Analytical Manual On Line. Chapter 3. Conventional Plate Count Method A-D. 8th Edition. Rev A 1998.
22. FDA (Agencia de Alimentos y Medicamentos, US)..2012. Thermally processed low-acid foods packaged in hermetically sealed containers (en línea). Code of Federal Regulations, Title 21, Volume 2, Part 113. Consultado 1 may. 2012. Disponible en: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=113&showFR=1>.
23. FERNANDEZ, MV. 2003. Estudio de la carne de pollo en tres dimensiones: valor nutricional, representación social y formas de preparación (en línea). Trabajo de

Investigación Final para obtener la Licenciatura en Nutrición. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud Fundación H. A. Barceló. Buenos Aires, Argentina. Consultado 7 jul. 2011. Disponible en:
<http://www.menu.com.py/upload/04Dec10201234pollo.pdf>.

24. GHANI, A; FARID, M; 2010. Sterilization of Food in Retort Pouches. Segunda edición. Springer Science+Business Media. 205 p. Nueva York, Estados Unidos de América.
25. GIANNONI, EB. 1977. Evaluación y Optimización del tratamiento térmico de alimentos enlatados. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
26. HERSON, A, HULLAND, ED. 1984. Conservas Alimenticias: Procesado Térmico y Microbiología. Editorial Acribia. 451 p. España.
27. HUREL, CT; 2008. Estudio de Penetración de Calor en el Desarrollo de una Salsa Gourmet a Base de Piña y mango (en línea). Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Consultado 12 may. 2012. Disponible en:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8695/1/D-65638.pdf>.
28. IBARZ, A; BARBOSA-CÁNOVAS, G; GARZA, S; GIMENO, V. 2000. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Editorial Acribia. 292 p. Zaragoza, España.
29. IBARZ, A; BARBOSA-CÁNOVAS, G; 1999. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Technomic Publishing CO, Inc. Pennsylvania. 882 p., Estados Unidos de América.
30. ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para los Alimentos, US). 1980. Ecología Microbiana de los Alimentos: Factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. Volumen 1. Editorial Acribia. 332 p. Zaragoza, España.

31. ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para los Alimentos, US). 2000. Microorganismos de los alimentos 1; Su significado y Métodos de Numeración. Segunda Edición. Editorial Acribia. 464 p. España.
32. IFTPS (Instituto para Especialistas en Procesamiento Térmico, US). 2004. Protocol for Carrying Out Heat Penetration Studies (en línea). Consultado 20 feb. 2012. Disponible en: http://www.iftps.org/pdf/heat_pen_6_04.pdf.
33. IFTPS (Instituto para Especialistas en Procesamiento Térmico, US). 2004. Temperature distribution protocol for processing in steam still retorts, excluding crateless retorts (en línea). Consultado 20 feb. 2012. Disponible en: http://www.iftps.org/pdf/td_still_steam_6_04.pdf.
34. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2013. IV Censo Nacional Agropecuario; Resultados Definitivos (en línea). Consultado 4 oct. 2013. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>.
35. JEN, Y; MANSON, J; STUMBO, C Y ZAHRADNIK, J. 1971. A procedure for estimating sterilization of and quality Factor Degradation in Thermally Processed Foods. *Journal of Food Science*. 36:693-698.
36. JIMÉNEZ, H; GONZALES, LM; BOTELLO, JE; NAVARRETE, JL. (2005). Estudio numérico de la esterilización térmica de alimentos líquidos enlatados que contienen partículas empleando el enfoque de medio poroso (en línea). *Revista mexicana de Ingeniería Química* Vol. 4, num. 1, 2005, pp. 1-23. Consultado 1 may. 2012. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62040102>.
37. LANDRY, WL; SCHWAB AH; LANCETTE GA. FDA. 2001. Examination of Canned Foods. Chapter 21A. *Bacteriological Analytical Manual* (en línea). FDA. Consultado 22 feb. 2012. Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm109398.htm>.

38. MÁRQUEZ, PY. 2008. Factibilidad del uso de unidades indicadoras biológicas en la evaluación de los tratamientos de esterilización en filetes de alimentos envasados al vacío en bolsas esterilizables (en línea). Tesis para optar el grado de licenciado en ciencia de los alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Consultado 7 may. 2012. Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fam357f/doc/fam357f.pdf>.
39. 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 Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
40. MINAG (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2010. Boletín Industria Avícola – Junio 2010 (en línea). Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. Consultado 5 jul. 2011. Disponible en:
<http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/industriaavicola/2010/Encarte-Sector-Avicola-Junio-17082010.pdf>.
41. MIRANDA-ZAMORA, WR; *et al.* 2010. Herramientas Computacionales Aplicadas a la Evaluación de Tratamientos Térmicos de los alimentos Envasados Usando el Método de Ball. Primera edición. Universidad Nacional de Piura. 94 p. Lima, Perú.
42. NCA (National Cannery Association, US). 1968. Laboratory Manual for Food Canners and Processors. Volume 1: Microbiology and Processing. The Avi Publishing Company, Inc. 336 p. Westport, Connecticut. United States of America.
43. OBREGON, AJ. 1998. Estudio técnico para la obtención de un enlatado de papas (*Solanum tuberosum*) a partir de variedades nativas. Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

44. OCHOA, O; *et al.* 2006. Propiedades Termo-físicas de la carne. *Dyna rev.fac.nac.minas* (en línea). 2006, vol.73, n.148 [cited 2012-07-10], pp. 103-118. Consultado 10 jul. 2012. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532006000100010.
45. ORDOÑEZ, J. 1998. Tecnología de los alimentos. Volumen 1: Componentes de los alimentos y procesos. Editorial Síntesis S.A. 365 p. España.
46. ORREGO, CE. 2003. Procesamiento de alimentos. Primera Edición. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 323 p. Colombia.
47. PADRÓN, JA; *et al.* 2003. Validación de ciclos de esterilización en autoclaves (en línea). Memorias del V Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería. Habana. Consultado 10 jul. 2012. Disponible en:
http://www.hab2003.sld.cu/Articles/T_0111.pdf.
48. PALACIOS, AS. 2008. Formulación de una sopa concentrada y diseño del proceso de esterilización comercial (en línea). Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero de alimentos. Escuela Superior Politécnica del litoral. Guayaquil, Ecuador. Consultado 9 feb. 2012. Disponible en:
http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-65621.pdf.
49. PASCUAL, MA. 2000. Microbiología Alimentaria: Metodología Analítica para alimentos y bebidas. Segunda Edición. Editorial Díaz de Santos. 464 p. Madrid, España.
50. PAZ, JFP. 1992. Estudio del enlatado de pescado dulceacuícola Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y Gamitana (*Colossoma macropomun*). Tesis para optar el título de *Magister Scientiae*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
51. PERRINS, C. 2005. Aves, La Gran Enciclopedia. Primera Edición. Editorial Libsa. 608 p. Madrid, España.

52. PRADO, A. 2011. Perú, tercer país con mayor consumo de pollo en Latinoamérica (en línea). Diario Gestión, Lima, PE, jun 23. Consultado 5 jul. 2011. Disponible en: gestion.pe/noticia/802197/peru-tercer-pais-mayor-consumo-pollo-latinoamerica.
53. PROMPERÚ (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo, PE). 2010. Guía de requisitos sanitarios y fitosanitarios para exportar alimentos a los Estados Unidos (en línea). Primera edición. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Lima, Perú. Consultado 1 may. 2012. Disponible en: http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/req_usa.pdf.
54. RAMIREZ, LP. 2007. Diseño e implementación del sistema HACCP para línea de pechuga desmechada enlatada (en línea). Revista Lasallista de Investigación. Año/vol 4, número 001. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquía, Colombia. Consultado 6 jul. 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69540105.pdf>.
55. REES, JAG; BETTISON, J. 1994. Procesado térmico y envasado de alimentos. Editorial Acibria. 287 p. Zaragoza, España.
56. RENGIFO LI; ORDOÑEZ ES. 2010. Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco (en línea). Laboratorio de Carnes, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Revista ECIPerú v.7 n.2 Lima. Consultado 3 ene. 2013. Disponible en: <http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/eciperu/v7n2/a12v7n2.pdf>.
57. RESTREPO DA; ARANGO CM; AMÉZQUITA A; RESTREPO RA. 2001. Industria de Carnes (en línea). Editado por la Universidad Nacional de Colombia en la ciudad de Medellín, Colombia. Consultado 8 ene. 2013. Disponible en: <http://decarnes.wikispaces.com/file/view/Libro+de+carnes.pdf>.
58. RICHARDSON, P. 2005. Tecnologías térmicas para el procesado de los alimentos. Primera Edición. Editorial Acibria. 328 p. Zaragoza, España.

59. ROBLES, JF. 2008. Estudio comparativo de tres tipos de enlatados de carne de vacuno (*Bos taurus*) (en línea). Revista Semestral Hatun Runa, ISSN 2070-912, N°. 1, 2008. Consultado 6 jul. 2011. Disponible en:
dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2710496&orden=0.
60. RODRÍGUEZ, JM. 2010. Monografía XXXI: Aspectos higiénicos de los alimentos microbiológicamente seguros. Capítulo 2: Consecuencias higiénicas de la alteración de los alimentos (en línea). Real Academia Nacional de Farmacia. España. Consultado 6 jul. 2011. Disponible en:
<http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/1107/1121>.
61. RODRÍGUEZ, MA. 2007. Conservas de Pescado y sus derivados (en línea). Universidad del Valle. Consultado el 6 jul. 2011. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/conserva-pescado/conserva-pescado.pdf>.
62. SERRANO, R. 2003. Introducción al Análisis de Datos Experimentales: Tratamiento de Datos en Bioensayos. Primera edición. Publicaciones de la Universidad Jaime I. Castellón de la Plana, España.
63. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, PE). S.F. Datos históricos. Consultado 9 feb. 2012. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/>.
64. SHARMA, SK. 2003. Ingeniería de Alimentos: Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio. Primera Edición. Editorial Limusa Liwey. 348 p. México.
65. SIELAFF, H. 2000. Tecnología de la fabricación de conservas. Editorial Acribia. 287 p. Zaragoza, España.
66. SOLOMON, HM; LILLY TJr. 2001. Clostridium botulinum. Chapter 17. Bacteriological Analytical Manual. FDA (en línea). Consultado 22 feb. 2012. Disponible en:
<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm070879.htm>.

67. STUMBO, CR. 1973. Thermobacteriology in Food Processing. Second Edition. Academic Press. 329 p. New York.
68. TAMAYO, JJ. 2008. Diseño y Optimización del tratamiento térmico para sopa de frejoles enlatada en envases de formato A6. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos. Facultad de Ingeniería en Mecánica y ciencias de la producción. Guayaquil, Ecuador. Consultado 13 may. 2012. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9044/1/D-39894.pdf>.
69. TOLEDO, RT. 1999. Fundamentals of Food Process Engineering. Second Edition. Aspen Publishers Inc. 602 p. Gaithersburg, Maryland.
70. UREÑA, M. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Primera Edición. Editorial Agraria. Universidad Nacional Agraria La Molina. 197 p. Lima, Perú.
71. VÁSQUEZ, CJ. 2010. Estudio de Penetración de Calor en una Conserva de Camarón Envasada en Empaque Flexible. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Consultado 6 jul. 2011. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2401/1/4741.pdf>.
72. WARNE, D. 1989. Manual sobre el envasado de pescado en conserva. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Victoria, Australia. Consultado 9 feb. 2012. Disponible en: http://books.google.com.pe/books?id=atOFU94ZkAMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
73. WELTI, J; *et al.* 2005. Aplicaciones de ingeniería y fenómenos de transporte al estudio de la transferencia convectiva de calor en alimentos envasados. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Año/vol. 4, número 001. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, Distrito Federal, México. Pp 89-106.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Terminología.

- T_1 : Temperatura procesamiento de la autoclave.
- T_2 : Temperatura del agua de enfriamiento.
- T_0 : Temperatura inicial del producto.
- T_A : Temperatura pseudoinicial de la etapa de calentamiento.
- T_B : Temperatura inicial de la etapa de enfriamiento.
- T_{BA} : Temperatura pseudoinicial de la etapa de enfriamiento.
- T : Temperatura del producto a cualquier tiempo.
- 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_2 : f de la segunda 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.
- g_{bh} : Diferencia entre la temperatura de retorta y la temperatura del alimento en el tiempo en que el quiebre ocurre.

- g_{h2} : valor g al final del calentamiento cuando la curva de calentamiento es quebrada.
- I_h : Diferencia entre la temperatura de retorta y la temperatura del alimento cuando el calentamiento ha comenzado.
- I_c : Diferencia entre la temperatura del agua de enfriamiento y la temperatura del alimento cuando el enfriamiento ha comenzado.
- j : Factor de retraso.
- j_h : j de la curva de calentamiento.
- j_c : j de la curva de enfriamiento.
- l : tiempo, en minutos, requeridos para que la autoclave llegue a la temperatura de proceso (CUT)
- 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 $t_p + 0.42l$.
- 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.
- F_0 : 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.
- U_{bh} : U en f_h/U_{bh} correspondiente a g_{bh} .
- U_{h2} : U en f_h/U_{h2} correspondiente a g_{h2} .
- m : Pendiente de la fase recta de las curvas.
- b : intercepto de la fase recta de las curvas.

ANEXO 2: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación del punto más frío de la autoclave (Distribución Térmica).

Tiempo (min)	¼ de la canastilla	½ de la canastilla	¾ de la canastilla
	M4T11718-°C	M4T11734-°C	M4T11741-°C
0	46.6	47.2	47.2
0.33	46.6	47.5	47.4
0.67	47.0	47.8	47.8
1.00	57.0	56.4	60
1.33	63.8	65.1	69.8
1.67	67.8	70	75.7
2.00	71.2	75	81.1
2.33	76.4	80.3	85.9
2.67	80.7	84	90.5
3.00	84.7	88.7	94.3
3.33	88.4	92.7	97.2
3.67	92.5	96.7	100.4
4.00	96.0	100.2	103.5
4.33	99.8	103.7	106.5
4.67	104.8	107.3	110.1
5.00	107.5	110.8	113.2
5.33	111.5	113.8	115.9
5.67	113.1	114.6	117.8
6.00	109.9	115.4	115.9
6.33	111.3	114.9	115.7
6.67	112.7	115.1	115.8
7.00	114.6	116.4	117.2
7.33	114.9	117.1	117.7
7.67	114.7	117.2	117.5
8.00	114.3	116.2	116.4
8.33	114.4	116	116.1
8.67	114.3	115.7	115.7
9.00	114.3	115.4	115.5
9.33	114.1	115.2	115.2
9.67	114.1	114.9	115.1
10.00	114	114.8	114.9
10.33	114.2	114.7	114.9
10.67	114.1	114.8	114.9
11.00	114.3	114.8	115
11.33	114.4	114.8	115
11.67	114.6	114.9	115
12.00	114.6	114.9	115
12.33	114.8	115.1	115.1

12.67	114.9	115.2	115.2
13.00	115.1	115.3	115.3
13.33	115.1	115.4	115.3
13.67	115.2	115.5	115.4
14.00	115.3	115.5	115.5
14.33	115.4	115.6	115.5
14.67	115.5	115.7	115.7
15.00	115.5	115.7	115.7
15.33	115.6	115.8	115.8
15.67	115.7	115.9	115.9
16.00	115.8	116	116
16.33	115.5	115.8	115.6
16.67	115.3	115.5	115.4
17.00	115.2	115.3	115.2
17.33	115	115.2	115.1
17.67	114.9	115	114.9
18.00	114.7	114.9	114.8
18.33	114.6	114.7	114.7
18.67	114.4	114.6	114.6
19.00	114.3	114.5	114.5
19.33	115.2	114.9	115.2
19.67	116	115.9	116.2
20.00	116.6	116.6	117
20.33	116.1	116.5	116.3
20.67	115.4	115.8	115.6
21.00	115.2	115.3	115.2
21.33	115.9	115.9	115.9
21.67	116.1	116.2	116.2
22.00	116.4	116.5	116.6
22.33	116	116.3	116
22.67	115.5	115.8	115.6
23.00	115.2	115.4	115.3
23.33	114.8	115.1	114.9
23.67	114.5	114.7	114.7
24.00	114.2	114.5	114.4
24.33	114.1	114.3	114.3
24.67	114.3	114.4	114.4
25.00	114.4	114.5	114.6
25.33	114.6	114.7	114.7
25.67	114.8	114.9	114.9
26.00	114.8	114.9	114.9
26.33	115	115	114.9
26.67	115.1	115.2	115.1
27.00	115.3	115.3	115.3
27.33	115.5	115.5	115.4

27.67	115.1	115.2	115.1
28.00	115	115	114.9
28.33	114.8	115	114.8
28.67	114.7	114.8	114.7
29.00	114.6	114.7	114.6
29.33	114.5	114.6	114.6
29.67	115.2	115.1	115.1
30.00	115.5	115.5	115.5
30.33	115.9	115.9	115.9
30.67	115.3	115.5	115.3
31.00	115.2	115.2	115.1
31.33	115.1	115.2	115.1
31.67	115	115.1	115
32.00	115.1	115.1	115
32.33	115	115.1	114.9
32.67	115	115.1	115
33.00	114.9	115	114.9
33.33	114.9	115	114.9
33.67	114.9	115	114.8
34.00	114.8	114.9	114.8
34.33	114.7	114.8	114.7
34.67	114.9	114.9	114.8
35.00	114.9	114.9	114.8
35.33	114.7	114.9	114.8
35.67	114.8	114.9	114.9
36.00	114.9	114.9	114.8
36.33	114.9	114.9	114.8
36.67	114.2	114.4	114.2
37.00	113.7	113.9	113.7
37.33	113.2	113.5	113.3
37.67	112.8	113.1	112.9
38.00	112.4	112.8	112.6
38.33	112.1	112.5	112.3
38.67	111.8	112.2	111.9
39.00	111.4	111.8	111.6
39.33	111.1	111.5	111.2
39.67	110.3	110.8	110.3
40.00	109.8	110.3	109.9
40.33	108.4	109.2	108.1
40.67	101.5	103	101.5
41.00	95.5	96.9	74.5
41.33	91.7	90.2	73.7
41.67	90.5	83.1	70
42.00	89.5	87.6	76.9
42.33	88	86.2	71.7

42.67	86.5	84.1	64.5
43.00	84.6	80.4	58.6
43.33	81.2	78.1	58.2
43.67	75.3	66.4	45.6
44.00	57.8	48.1	36.3
44.33	60.8	54.2	42
44.67	59.7	55.7	38.5
45.00	64.5	56.1	41.2
45.33	62.8	55.3	39.3
45.67	62.5	51.9	38.6
46.00	62.1	47.2	32.9
46.33	64.8	48.9	40.5
46.67	64.6	45.6	32.9
47.00	63.4	48.6	35.5
47.33	65.6	52.7	48.4
47.67	64.9	54	49.1
48.00	62.1	50.5	48.6
48.33	57	43.2	33.4
48.67	61.2	53.1	47.7
49.00	57.9	52.3	38.8
49.33	58.1	52.1	35.7
49.67	56.1	47.1	39.3
50.00	56.5	45.9	38.2
50.33	56.4	48.7	45
50.67	41.6	40.8	32.7
51.00	53.7	44.2	41.5
51.33	55.5	46.2	43.6
51.67	50.3	43.7	33.2
52.00	50	40.4	37.6
52.33	52.8	44.9	39.1
52.67	53.4	44.6	29.7
53.00	53.6	44.7	27.8
53.33	54.1	35.9	26.8
53.67	53.6	30.2	26.7
54.00	40.6	27.5	27.3
54.33	31.9	26.8	27.7
54.67	27.1	26	27.8
55.00	26.9	25.7	27.8

- M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

ANEXO 3: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación del punto más frío del envase con pechuga de pollo desmenuzada.

Repetición 1.

Tiempo (min)	¼ del envase		½ del envase		¾ del envase	
	M4T11718- °C	M4T11718- Fo	M4T11734- °C	M4T11734- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	70.4	0	59.3	0	64.7	0
0.33	70.2	0	59.2	0	64.4	0
0.67	69.9	0	58.9	0	64.1	0
1.00	69.7	0	58.8	0	63.9	0
1.33	69.6	0	58.7	0	63.8	0
1.67	69.4	0	58.6	0	63.9	0
2.00	69.4	0	58.5	0	64	0
2.33	69.4	0	58.5	0	64.4	0
2.67	69.5	0	58.6	0	65.1	0
3.00	69.7	0	58.8	0	66.2	0
3.33	69.9	0	59	0	67.9	0
3.67	70	0	59.2	0	70	0
4.00	70.1	0	59.6	0	71.9	0
4.33	70.2	0	60.2	0	73.7	0
4.67	70.3	0	61.1	0	75.4	0
5.00	70.5	0	62.4	0	77.1	0
5.33	71	0	64.1	0	78.8	0
5.67	72	0	66.2	0	80.7	0
6.00	73.3	0	68.4	0	82.7	0
6.33	75	0	70.8	0	84.9	0
6.67	76.8	0	73.3	0	87.2	0
7.00	78.8	0	75.9	0	89.7	0
7.33	81	0	78.6	0	92.1	0
7.67	83.2	0	81.4	0	94.5	0
8.00	85.5	0	84.1	0	96.7	0
8.33	87.8	0	86.9	0	98.6	0
8.67	90.2	0	89.6	0	100.2	0
9.00	92.5	0	92.3	0	101.9	0
9.33	94.9	0	94.9	0	103.7	0
*9.67	97.6	0	97.5	0	105.5	0
10.00	99.5	0	99.3	0	106.7	0
10.33	101.1	0	100.9	0	107.2	0
10.67	102.5	0	102.3	0	107.7	0.1
11.00	103.7	0	103.6	0	108	0.1
11.33	104.7	0	104.7	0	108.5	0.1
11.67	105.7	0	105.7	0	108.9	0.1
12.00	106.5	0	106.6	0	109.3	0.1

12.33	107.3	0.1	107.5	0.1	109.8	0.2
12.67	107.9	0.1	108.2	0.1	110.3	0.2
13.00	108.4	0.1	108.8	0.1	110.7	0.2
13.33	108.9	0.1	109.3	0.1	111	0.3
13.67	109.3	0.1	109.8	0.1	111.4	0.3
14.00	109.7	0.2	110.2	0.2	111.6	0.3
14.33	110.1	0.2	110.6	0.2	111.9	0.4
14.67	110.4	0.2	111	0.2	112.1	0.4
15.00	110.7	0.2	111.3	0.3	112.4	0.5
15.33	110.9	0.3	111.6	0.3	112.6	0.5
15.67	111.2	0.3	111.8	0.3	112.8	0.6
16.00	111.4	0.3	112.1	0.4	113	0.6
16.33	111.6	0.4	112.3	0.4	113.2	0.7
16.67	111.8	0.4	112.5	0.5	113.3	0.7
17.00	111.9	0.5	112.6	0.5	113.5	0.8
17.33	112.1	0.5	112.8	0.6	113.6	0.8
17.67	112.2	0.5	113	0.6	113.7	0.9
18.00	112.4	0.6	113.1	0.7	113.8	1
18.33	112.5	0.6	113.2	0.7	114	1
18.67	112.6	0.7	113.4	0.8	114.1	1.1
19.00	112.8	0.7	113.5	0.8	114.2	1.2
19.33	112.9	0.8	113.6	0.9	114.3	1.2
19.67	113	0.8	113.7	1	114.3	1.3
20.00	113.1	0.9	113.8	1	114.4	1.4
20.33	113.2	0.9	113.9	1.1	114.5	1.4
20.67	113.3	1	113.9	1.2	114.5	1.5
21.00	113.3	1.1	114	1.2	114.6	1.6
21.33	113.4	1.1	114.1	1.3	114.6	1.7
21.67	113.5	1.2	114.2	1.4	114.7	1.7
22.00	113.6	1.2	114.2	1.4	114.7	1.8
22.33	113.6	1.3	114.3	1.5	114.8	1.9
22.67	113.7	1.3	114.4	1.6	114.8	2
23.00	113.8	1.4	114.4	1.6	114.9	2
23.33	113.8	1.5	114.5	1.7	114.9	2.1
23.67	113.9	1.5	114.5	1.8	114.9	2.2
24.00	113.9	1.6	114.6	1.9	115	2.3
24.33	114	1.7	114.6	1.9	115	2.4
24.67	114.1	1.7	114.6	2	115	2.5
25.00	114.1	1.8	114.7	2.1	115.1	2.5
25.33	114.2	1.9	114.7	2.2	115.1	2.6
25.67	114.2	1.9	114.8	2.2	115.1	2.7
26.00	114.2	2	114.8	2.3	115.1	2.8
26.33	114.3	2.1	114.9	2.4	115.1	2.9
26.67	114.3	2.1	114.9	2.5	115.2	3
27.00	114.4	2.2	114.9	2.6	115.2	3

27.33	114.4	2.3	114.9	2.6	115.2	3.1
27.67	114.5	2.4	115	2.7	115.2	3.2
28.00	114.5	2.4	115	2.8	115.2	3.3
28.33	114.5	2.5	115	2.9	115.3	3.4
28.67	114.6	2.6	115.1	3	115.3	3.5
29.00	114.6	2.6	115.1	3	115.3	3.6
29.33	114.6	2.7	115.1	3.1	115.3	3.6
29.67	114.7	2.8	115.1	3.2	115.3	3.7
30.00	114.7	2.9	115.2	3.3	115.3	3.8
30.33	114.7	3	115.2	3.4	115.3	3.9
30.67	114.8	3	115.2	3.5	115.4	4
31.00	114.8	3.1	115.2	3.6	115.4	4.1
31.33	114.8	3.2	115.2	3.6	115.4	4.2
31.67	114.9	3.3	115.2	3.7	115.4	4.3
32.00	114.9	3.3	115.2	3.8	115.4	4.4
32.33	114.9	3.4	115.3	3.9	115.4	4.5
32.67	114.9	3.5	115.3	4	115.4	4.5
33.00	114.9	3.6	115.3	4.1	115.4	4.6
33.33	115	3.7	115.3	4.2	115.4	4.7
33.67	115	3.8	115.3	4.2	115.4	4.8
34.00	115	3.8	115.3	4.3	115.4	4.9
34.33	115	3.9	115.3	4.4	115.4	5
34.67	115	4	115.3	4.5	115.4	5.1
35.00	115.1	4.1	115.3	4.6	115.4	5.2
35.33	115.1	4.2	115.3	4.7	115.4	5.3
35.67	115.1	4.2	115.3	4.8	115.4	5.3
36.00	115.1	4.3	115.3	4.9	115.4	5.4
36.33	115.1	4.4	115.3	5	115.4	5.5
36.67	115.1	4.5	115.3	5	115.4	5.6
37.00	115.1	4.6	115.3	5.1	115.4	5.7
37.33	115.1	4.7	115.4	5.2	115.4	5.8
37.67	115.2	4.8	115.4	5.3	115.4	5.9
38.00	115.2	4.8	115.4	5.4	115.3	6
38.33	115.2	4.9	115.3	5.5	115.3	6.1
38.67	115.2	5	115.4	5.6	115.3	6.1
39.00	115.2	5.1	115.4	5.7	115.3	6.2
39.33	115.2	5.2	115.3	5.7	115.3	6.3
**39.67	115.2	5.3	115.3	5.8	115.3	6.4
40.00	115.2	5.4	115.2	5.9	115.2	6.5
40.33	114.9	5.4	114.7	6	114.3	6.6
40.67	112.7	5.5	113.6	6.1	113.1	6.6
41.00	110.5	5.5	111	6.1	110.2	6.6
41.33	107.6	5.5	107.6	6.1	107.2	6.7
41.67	101.4	5.5	103.4	6.1	104	6.7
42.00	95.1	5.5	97.2	6.1	101.2	6.7

42.33	89.7	5.5	90.6	6.1	97.5	6.7
42.67	84.7	5.5	84.6	6.1	93.8	6.7
43.00	80	5.5	79.2	6.1	89.9	6.7
43.33	76.5	5.5	74.7	6.1	86.1	6.7
43.67	73.7	5.5	71.5	6.1	82.7	6.7
44.00	71	5.5	68.5	6.1	79.6	6.7
44.33	68.3	5.5	65.3	6.1	76.5	6.7
44.67	66	5.5	62.6	6.1	73.4	6.7
45.00	63.9	5.5	60.5	6.1	70.6	6.7
45.33	61.9	5.5	58.7	6.1	68	6.7
45.67	60.1	5.5	57	6.1	65.6	6.7
46.00	58.6	5.5	55.6	6.1	63.5	6.7
46.33	57.1	5.5	54	6.1	61.6	6.7
46.67	55.7	5.5	52.6	6.1	59.9	6.7
47.00	54.4	5.5	51.4	6.1	58.2	6.7
47.33	53.1	5.5	50.3	6.1	56.5	6.7
47.67	51.8	5.5	49.3	6.1	55	6.7
48.00	50.8	5.5	48.3	6.1	53.5	6.7
48.33	49.8	5.5	47.3	6.1	51.9	6.7
48.67	48.9	5.5	46.4	6.1	50.6	6.7
49.00	48	5.5	45.6	6.1	49.3	6.7
49.33	47.1	5.5	44.7	6.1	48	6.7
49.67	46.1	5.5	43.9	6.1	46.9	6.7
50.00	45.1	5.5	43.2	6.1	45.7	6.7
50.33	44.2	5.5	42.5	6.1	44.8	6.7
50.67	43.2	5.5	41.9	6.1	44.2	6.7
51.00	42.3	5.5	41.2	6.1	43.2	6.7
51.33	41.4	5.5	40.5	6.1	42.3	6.7
51.67	40.5	5.5	39.8	6.1	41.5	6.7
52.00	39.7	5.5	39.2	6.1	40.7	6.7
52.33	39	5.5	38.5	6.1	40	6.7
52.67	38.7	5.5	37.9	6.1	39.5	6.7
53.00	37.8	5.5	37.4	6.1	39	6.7

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

– M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

Repetición 2.

Tiempo (min)	¼ del envase		½ del envase	
	M4T11734- °C	M4T11734- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	51.7	0	55.9	0
0.33	51.7	0	55.9	0
0.67	51.8	0	55.9	0
1.00	52	0	56	0
1.33	52.3	0	56.2	0
1.67	52.9	0	56.6	0
2.00	53.8	0	57.9	0
2.33	55.3	0	60.3	0
2.67	57.6	0	63.5	0
3.00	60.7	0	67.7	0
3.33	64.3	0	72.6	0
3.67	68.5	0	77.6	0
4.00	73	0	82.8	0
4.33	77.8	0	88	0
4.67	82.8	0	92.9	0
5.00	87.7	0	97.4	0
5.33	92.3	0	100.4	0
5.67	95.4	0	102.4	0
*6.00	98.2	0	104.1	0
6.33	100.7	0	105.8	0
6.67	102.6	0	106.9	0
7.00	104.1	0	107.8	0.1
7.33	105.6	0	108.7	0.1
7.67	106.7	0	109.2	0.1
8.00	107.6	0.1	109.6	0.1
8.33	108.3	0.1	110	0.1
8.67	109	0.1	110.4	0.2
9.00	109.5	0.1	110.7	0.2
9.33	110	0.1	111	0.2
9.67	110.4	0.2	111.4	0.3
10.00	110.8	0.2	111.7	0.3
10.33	111.2	0.2	112	0.3
10.67	111.5	0.3	112.2	0.4
11.00	111.8	0.3	112.5	0.4
11.33	112.1	0.3	112.6	0.5
11.67	112.4	0.4	112.8	0.5
12.00	112.6	0.4	113	0.6
12.33	112.8	0.5	113.2	0.6
12.67	113	0.5	113.3	0.7
13.00	113.1	0.6	113.4	0.8

13.33	113.3	0.7	113.5	0.8
13.67	113.4	0.7	113.6	0.9
14.00	113.5	0.8	113.7	0.9
14.33	113.6	0.8	113.8	1
14.67	113.7	0.9	113.8	1.1
15.00	113.8	0.9	113.9	1.1
15.33	113.9	1	114	1.2
15.67	114	1.1	114	1.2
16.00	114	1.1	114.1	1.3
16.33	114.1	1.2	114.2	1.4
16.67	114.1	1.3	114.2	1.4
17.00	114.2	1.3	114.3	1.5
17.33	114.2	1.4	114.3	1.6
17.67	114.3	1.5	114.4	1.7
18.00	114.3	1.5	114.4	1.7
18.33	114.4	1.6	114.5	1.8
18.67	114.4	1.7	114.5	1.9
19.00	114.4	1.8	114.6	2
19.33	114.5	1.8	114.6	2
19.67	114.5	1.9	114.6	2.1
20.00	114.5	2	114.7	2.2
20.33	114.5	2.1	114.7	2.3
20.67	114.6	2.1	114.8	2.3
21.00	114.6	2.2	114.8	2.4
21.33	114.6	2.3	114.8	2.5
21.67	114.6	2.4	114.8	2.6
22.00	114.6	2.4	114.9	2.6
22.33	114.7	2.5	114.9	2.7
22.67	114.7	2.6	114.9	2.8
23.00	114.7	2.7	114.9	2.9
23.33	114.7	2.7	114.9	3
23.67	114.7	2.8	114.9	3
24.00	114.7	2.9	114.9	3.1
24.33	114.7	3	115	3.2
24.67	114.8	3	115	3.3
25.00	114.8	3.1	115	3.4
25.33	114.8	3.2	115	3.5
25.67	114.8	3.3	115	3.5
26.00	114.8	3.4	115	3.6
26.33	114.8	3.4	115	3.7
26.67	114.8	3.5	115	3.8
27.00	114.8	3.6	115	3.9
27.33	114.8	3.7	115	3.9
27.67	114.8	3.7	115	4
28.00	114.8	3.8	115	4.1

28.33	114.8	3.9	115	4.2
28.67	114.9	4	115.1	4.3
29.00	114.9	4.1	115.1	4.4
29.33	114.8	4.1	115.1	4.4
29.67	114.9	4.2	115.1	4.5
30.00	114.9	4.3	115.1	4.6
30.33	114.9	4.4	115.1	4.7
30.67	114.9	4.5	115.1	4.8
31.00	114.9	4.5	115.1	4.9
31.33	114.9	4.6	115.1	4.9
31.67	114.9	4.7	115.1	5
32.00	114.9	4.8	115.1	5.1
32.33	114.9	4.9	115.1	5.2
32.67	114.9	4.9	115.1	5.3
33.00	114.9	5	115.1	5.4
33.33	114.9	5.1	115.1	5.4
33.67	114.9	5.2	115.1	5.5
34.00	114.9	5.3	115.1	5.6
34.33	114.9	5.3	115.1	5.7
34.67	114.9	5.4	115	5.8
35.00	114.9	5.5	115	5.9
35.33	114.9	5.6	115	5.9
35.67	114.9	5.7	115	6
**36.00	114.9	5.7	115	6.1
36.33	114.9	5.8	114.9	6.2
36.67	114.8	5.9	108	6.2
37.00	113.6	6	92.6	6.2
37.33	110.2	6	92.3	6.2
37.67	106.7	6	91.4	6.2
38.00	102.9	6	90.3	6.2
38.33	98.9	6	89.1	6.2
38.67	92.7	6	87.8	6.2
39.00	87.1	6	86.4	6.2
39.33	82.2	6	84.4	6.2
39.67	77.5	6	82.7	6.2
40.00	72.9	6	81	6.2
40.33	69.2	6	79.1	6.2
40.67	65.5	6	76.4	6.2
41.00	62.1	6	73.7	6.2
41.33	59.5	6	71.6	6.2
41.67	57.4	6	69.8	6.2
42.00	55.6	6	68.1	6.2
42.33	54.1	6	66.2	6.2
42.67	52.8	6	64.6	6.2
43.00	51.6	6	63.1	6.2

43.33	50.4	6	61.7	6.2
43.67	49.3	6	60.7	6.2
44.00	48	6	59.8	6.2
44.33	46.6	6	58.9	6.2
44.67	45.2	6	58.2	6.2
45.00	43.8	6	57.4	6.2
45.33	42.3	6	56.6	6.2
45.67	40.9	6	55.9	6.2

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

- M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

ANEXO 4: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación del punto más frío del envase con pechuga de pollo en trozos.

Tiempo (min)	¼ del envase	½ del envase	¾ del envase
	M4T11718-°C	M4T11734-°C	M4T11741-°C
0	51.6	51.2	52
0.33	51.5	51.1	51.8
0.67	51.5	51	51.7
1.00	51.5	51.3	52.2
1.33	51.8	52.1	54.5
1.67	52.9	54.3	57.9
2.00	55.2	57.4	62
2.33	58.4	61.1	66.1
2.67	62	65	69.8
3.00	65.9	68.9	73.5
3.33	69.8	72.7	76.8
3.67	73.5	76.4	80.2
4.00	77.1	80	83.4
4.33	80.7	83.5	86.5
4.67	84.2	87	89.6
5.00	87.6	90.3	92.8
5.33	91.1	93.6	95.9
5.67	94.4	96.9	99.1
6.00	96.3	98.7	100.9
6.33	98.1	100.1	102.1
6.67	99.5	101.3	103.3
7.00	100.9	102.5	104.4
7.33	102.4	103.9	105.7
7.67	104.2	105.6	107.3
8.00	106	107.5	109.2
8.33	107.5	109.1	110.7
*8.67	108.3	109.7	111.1
9.00	108.8	109.9	111.2
9.33	109.1	110.1	111.3
9.67	109.5	110.4	111.4
10.00	109.9	110.7	111.6
10.33	110.2	111	111.8
10.67	110.6	111.3	112.1
11.00	111	111.6	112.3
11.33	111.3	111.9	112.6
11.67	111.6	112.2	112.8
12.00	111.9	112.4	113.1
12.33	112.2	112.7	113.3

12.67	112.5	113	113.5
13.00	112.7	113.2	113.7
13.33	112.9	113.3	113.8
13.67	113.1	113.5	113.9
14.00	113.2	113.6	114
14.33	113.3	113.7	114.1
14.67	113.4	113.8	114.2
15.00	113.5	113.9	114.2
15.33	113.6	114	114.3
15.67	113.7	114.1	114.4
16.00	113.8	114.1	114.4
16.33	113.9	114.2	114.5
16.67	114	114.3	114.5
17.00	114	114.3	114.6
17.33	114.1	114.4	114.6
17.67	114.1	114.4	114.6
18.00	114.2	114.4	114.7
18.33	114.2	114.4	114.7
18.67	114.3	114.5	114.7
19.00	114.3	114.5	114.7
19.33	114.3	114.5	114.8
19.67	114.4	114.6	114.8
20.00	114.4	114.6	114.8
20.33	114.4	114.6	114.8
20.67	114.5	114.6	114.8
21.00	114.5	114.7	114.8
21.33	114.5	114.7	114.9
21.67	114.5	114.7	114.9
22.00	114.6	114.8	114.9
22.33	114.6	114.8	114.9
22.67	114.6	114.8	114.9
23.00	114.6	114.8	114.9
23.33	114.7	114.8	114.9
23.67	114.7	114.8	114.9
24.00	114.7	114.9	114.9
24.33	114.7	114.8	114.9
24.67	114.7	114.9	114.9
25.00	114.7	114.9	114.9
25.33	114.7	114.9	114.9
25.67	114.7	114.9	115
26.00	114.8	114.9	114.9
26.33	114.8	114.9	114.9
26.67	114.8	114.9	114.9
27.00	114.8	114.9	114.9
27.33	114.8	114.9	114.9

27.67	114.8	114.9	115
28.00	114.8	114.9	115
28.33	114.9	114.9	115
28.67	114.9	114.9	115
29.00	114.9	114.9	115
29.33	114.9	114.9	115
29.67	114.9	115	115
30.00	114.9	115	115
30.33	114.9	115	115
30.67	114.9	115	115.1
31.00	114.9	115	115
31.33	114.9	115	115.1
31.67	114.9	115	115.1
32.00	114.9	115	115.1
32.33	114.9	115	115.1
32.67	115	115	115.1
33.00	115	115	115.1
33.33	115	115.1	115.1
33.67	115	115.1	115.1
34.00	115	115.1	115.1
34.33	115	115.1	115.1
34.67	115	115.1	115.2
35.00	115	115.1	115.1
35.33	115	115.1	115.2
35.67	115.1	115.1	115.2
36.00	115.1	115.1	115.2
36.33	115.1	115.1	115.2
36.67	115.1	115.1	115.2
37.00	115.1	115.1	115.2
37.33	115.1	115.1	115.2
37.67	115.1	115.1	115.2
38.00	115.1	115.1	115.2
38.33	115.1	115.1	115.2
**38.67	115.1	115.1	115.2
39.00	115.1	115.1	115.2
39.33	115.1	115.1	115.2
39.67	115.1	115.1	115.1
40.00	115.1	115	115.1
40.33	115.1	115	115
40.67	114.9	114.7	115
41.00	114.7	114.4	114.9
41.33	114.2	113.9	114.7
41.67	113.6	113.3	114.2
42.00	112.8	112.7	113.7
42.33	112.2	112.3	113.2

42.67	111.3	111.4	112.4
43.00	109.6	110	111.4
43.33	107.6	108.2	109.9
43.67	105	105.8	107.6
44.00	99.6	101.9	104.9
44.33	91.3	94	100.4
44.67	83.2	86.1	95.2
45.00	78.6	80.6	90
45.33	74.9	76.8	85.7
45.67	71.4	73	81.9
46.00	68.5	70.1	78.3
46.33	66.4	67.6	75.3
46.67	64.5	65.7	72.7
47.00	63	64	70.4
47.33	61.6	62.5	68.4
47.67	60.4	61.1	66.5
48.00	59.2	60.1	64.9
48.33	58.2	59.1	63.4
48.67	57.2	58.1	62.1
49.00	56.3	57.1	60.9
49.33	55.4	56.2	59.8
49.67	54.3	55.1	58.6
50.00	53.4	53.9	57.4
50.33	52.2	52.6	56.2
50.67	51.1	51.4	55.1
51.00	50.4	50.6	54.1
51.33	49.9	49.9	53.3
51.67	49	48.9	52.3
52.00	47.6	47.3	51.2
52.33	46.3	45.8	50
52.67	45	44.4	48.9
53.00	44.2	43.6	47.8
53.33	43.5	43.1	46.9
53.67	42.3	41.9	45.9
54.00	40.8	40.5	44.8
54.33	39.3	39.1	43.5
54.67	37.8	37.6	42
55.00	36.4	36.5	40.9

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

– M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

ANEXO 5: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación de la penetración de calor en pechuga de pollo desmenuzada.

Repetición 1.

Tiempo (min)	Autoclave	Lata 1		Lata 2	
	M4T11718- °C	M4T11734- °C	M4T11734- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	44.5	63.6	0	64.1	0
0.33	62.3	63.6	0	63.9	0
0.67	69	63.8	0	63.9	0
1.00	72.6	64.1	0	64.1	0
1.33	78.4	64.5	0	64.5	0
1.67	74.8	65	0	65	0
2.00	74.5	65.5	0	65.6	0
2.33	78.5	66	0	66.2	0
2.67	81.8	66.6	0	66.9	0
3.00	84.2	67.2	0	67.7	0
3.33	87.3	67.7	0	68.8	0
3.67	90.6	68.2	0	70.2	0
4.00	94.6	69.1	0	72	0
4.33	98.3	70.5	0	74	0
4.67	102.8	72.6	0	76.4	0
5.00	106.4	75.3	0	79.1	0
5.33	106.7	78.6	0	82	0
5.67	109	82.3	0	84.9	0
6.00	105	86	0	87.6	0
6.33	104.7	88.9	0	89.8	0
6.67	110.1	91.5	0	91.9	0
*7.00	112.5	94	0	94.3	0
7.33	108.7	96.5	0	96.4	0
7.67	108.8	98.2	0	97.9	0
8.00	109	99.6	0	99.4	0
8.33	110.1	100.7	0	100.5	0
8.67	111.4	101.9	0	101.7	0
9.00	112	103	0	102.8	0
9.33	112.1	103.9	0	103.8	0
9.67	112.2	104.7	0	104.7	0
10.00	112.3	105.5	0	105.4	0
10.33	112.5	106.1	0	106.1	0
10.67	112.5	106.7	0.1	106.7	0.1
11.00	112.7	107.2	0.1	107.3	0.1
11.33	112.8	107.7	0.1	107.8	0.1
11.67	113.1	108.2	0.1	108.3	0.1
12.00	113.3	108.6	0.1	108.7	0.1

12.33	113.5	109	0.1	109.1	0.1
12.67	113.6	109.3	0.2	109.4	0.2
13.00	113.9	109.6	0.2	109.8	0.2
13.33	114	109.9	0.2	110.1	0.2
13.67	114.2	110.2	0.2	110.4	0.2
14.00	114.2	110.5	0.3	110.6	0.3
14.33	114.3	110.7	0.3	110.9	0.3
14.67	114.6	110.9	0.3	111.1	0.3
15.00	114.6	111.2	0.4	111.3	0.4
15.33	114.7	111.4	0.4	111.5	0.4
15.67	114.8	111.6	0.4	111.7	0.5
16.00	114.9	111.7	0.5	111.9	0.5
16.33	114.7	111.9	0.5	112.1	0.5
16.67	114.8	112.1	0.6	112.2	0.6
17.00	115.3	112.2	0.6	112.4	0.6
17.33	115.1	112.4	0.6	112.5	0.7
17.67	114.9	112.5	0.7	112.7	0.7
18.00	115.1	112.6	0.7	112.8	0.8
18.33	115.1	112.7	0.8	112.9	0.8
18.67	115.2	112.9	0.8	113	0.9
19.00	115.1	113	0.9	113.1	0.9
19.33	115.2	113.1	0.9	113.2	1
19.67	115.3	113.2	1	113.3	1
20.00	115.4	113.3	1.1	113.4	1.1
20.33	115.3	113.4	1.1	113.5	1.1
20.67	115.3	113.5	1.2	113.5	1.2
21.00	115.4	113.5	1.2	113.6	1.3
21.33	115.4	113.6	1.3	113.7	1.3
21.67	115.7	113.7	1.3	113.7	1.4
22.00	115.6	113.8	1.4	113.8	1.4
22.33	115.5	113.8	1.5	113.9	1.5
22.67	115.5	113.9	1.5	113.9	1.6
23.00	115.5	114	1.6	114	1.6
23.33	115.6	114	1.7	114	1.7
23.67	115.6	114.1	1.7	114.1	1.8
24.00	115.7	114.1	1.8	114.1	1.8
24.33	115.6	114.2	1.9	114.2	1.9
24.67	115.5	114.2	1.9	114.2	2
25.00	115.5	114.3	2	114.3	2
25.33	115.7	114.3	2.1	114.3	2.1
25.67	115.7	114.4	2.1	114.4	2.2
26.00	115.6	114.4	2.2	114.4	2.3
26.33	115.7	114.5	2.3	114.5	2.3
26.67	115.8	114.5	2.4	114.5	2.4
27.00	115.7	114.5	2.4	114.5	2.5

27.33	115.6	114.6	2.5	114.6	2.5
27.67	115.4	114.6	2.6	114.6	2.6
28.00	115.4	114.6	2.7	114.6	2.7
28.33	115.2	114.7	2.7	114.7	2.8
28.67	115.1	114.7	2.8	114.7	2.8
29.00	115.2	114.7	2.9	114.7	2.9
29.33	115.1	114.7	3	114.7	3
29.67	115.2	114.7	3	114.8	3.1
30.00	115.2	114.8	3.1	114.8	3.2
30.33	115.2	114.8	3.2	114.8	3.2
30.67	115.2	114.8	3.3	114.8	3.3
31.00	115.1	114.8	3.4	114.8	3.4
31.33	115.1	114.8	3.4	114.8	3.5
31.67	114.8	114.8	3.5	114.9	3.5
32.00	115	114.9	3.6	114.9	3.6
32.33	115.1	114.9	3.7	114.9	3.7
32.67	115	114.9	3.7	114.9	3.8
33.00	115	114.9	3.8	114.9	3.9
33.33	115	114.9	3.9	114.9	3.9
33.67	114.8	114.9	4	114.9	4
34.00	115	114.9	4.1	114.9	4.1
34.33	115.1	114.9	4.1	114.9	4.2
34.67	115.1	114.9	4.2	114.9	4.3
35.00	115.1	114.9	4.3	114.9	4.3
35.33	115.2	114.9	4.4	114.9	4.4
35.67	115.3	115	4.5	114.9	4.5
36.00	115.3	115	4.6	115	4.6
36.33	115.3	115	4.6	115	4.7
36.67	115.4	115	4.7	115	4.8
**37.00	115.4	115	4.8	115	4.8
37.33	114.8	115	4.9	115	4.9
37.67	114	115	5	115	5
38.00	113.2	115	5	115	5.1
38.33	112.4	114.9	5.1	115	5.2
38.67	111.7	114.8	5.2	115	5.2
39.00	111	114.8	5.3	115	5.3
39.33	109	114.6	5.4	114.9	5.4
39.67	102	114.2	5.4	114.7	5.5
40.00	98.4	113.3	5.5	113.7	5.5
40.33	97.2	111.9	5.5	111.9	5.6
40.67	95.8	110.5	5.5	110.3	5.6
41.00	87.8	108.5	5.6	108.9	5.6
41.33	87.7	105.7	5.6	107.5	5.6
41.67	83.6	103	5.6	105.4	5.7
42.00	74.9	99.9	5.6	101.5	5.7

42.33	70.7	95.9	5.6	95.6	5.7
42.67	65.7	91	5.6	90.7	5.7
43.00	68.6	86.6	5.6	86.3	5.7
43.33	72.9	83	5.6	82.4	5.7
43.67	59.3	80	5.6	79.1	5.7
44.00	57	76.8	5.6	75.9	5.7
44.33	53.6	73.9	5.6	72.9	5.7
44.67	52.8	71.3	5.6	70.1	5.7
45.00	51	68.9	5.6	67.6	5.7
45.33	50.9	66.6	5.6	65.3	5.7
45.67	48.3	64.5	5.6	63.1	5.7
46.00	46	62.6	5.6	61.2	5.7
46.33	52.5	60.7	5.6	59.4	5.7
46.67	54.2	59.3	5.6	57.9	5.7
47.00	55.1	58.3	5.6	56.6	5.7
47.33	53.4	57.2	5.6	55.6	5.7
47.67	51.6	55.6	5.6	54.5	5.7
48.00	42.2	54	5.6	53.2	5.7
48.33	31.7	52	5.6	51.5	5.7
48.67	41.8	49.9	5.6	49.5	5.7
49.00	27.7	48	5.6	47.8	5.7
49.33	27.3	46	5.6	45.8	5.7
49.67	26.5	43	5.6	43.9	5.7
50.00	26.6	40.7	5.6	42.2	5.7
50.33	26.7	39.3	5.6	40.7	5.7
50.67	25.2	37.8	5.6	39.3	5.7
51.00	23.1	37.6	5.6	37.4	5.7

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

- M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

Repetición 2.

Tiempo (min)	Autoclave	Lata 1		Lata 2	
	M4T11718- °C	M4T11734- °C	M4T11734- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	50.3	66.8	0	68.6	0
0.33	53.1	66.8	0	68.3	0
0.67	54.6	66.8	0	68	0
1.00	57.1	67	0	67.6	0
1.33	61.5	67.4	0	67.3	0
1.67	67.1	67.9	0	67	0
2.00	74.6	68.5	0	66.7	0
2.33	81	69.2	0	66.6	0
2.67	85.3	70	0	66.5	0
3.00	88.5	71	0	66.7	0
3.33	92.2	72.5	0	67	0
3.67	95.5	74.6	0	67.5	0
4.00	98.7	76.8	0	68.1	0
4.33	101.8	78.9	0	68.9	0
4.67	104.8	81.4	0	69.8	0
5.00	107.7	83.9	0	71.1	0
5.33	110.7	86.6	0	72.8	0
5.67	113.7	89.4	0	74.9	0
*6.00	116.6	92.3	0	77.5	0
6.33	113.6	95.3	0	80.5	0
6.67	111.4	97.8	0	83.9	0
7.00	111.4	99.7	0	87.1	0
7.33	111.7	101.4	0	90	0
7.67	112.4	102.8	0	92.6	0
8.00	112.9	104.1	0	94.9	0
8.33	113.6	105.3	0	96.9	0
8.67	114.2	106.3	0	98.6	0
9.00	114.7	107.3	0	100.2	0
9.33	115	108.1	0.1	101.6	0
9.67	115.1	108.8	0.1	102.8	0
10.00	115.1	109.4	0.1	103.9	0
10.33	115.4	110	0.1	104.9	0
10.67	115.3	110.5	0.2	105.8	0
11.00	115.4	110.9	0.2	106.6	0
11.33	115.2	111.3	0.2	107.3	0.1
11.67	115.2	111.6	0.3	108	0.1
12.00	115.3	111.9	0.3	108.6	0.1
12.33	115.2	112.1	0.3	109.1	0.1
12.67	115.3	112.4	0.4	109.5	0.1
13.00	115.2	112.6	0.4	110	0.2

13.33	115.2	112.8	0.5	110.3	0.2
13.67	115.1	112.9	0.5	110.7	0.2
14.00	115.2	113.1	0.6	110.9	0.3
14.33	115.1	113.2	0.6	111.2	0.3
14.67	115.2	113.3	0.7	111.5	0.3
15.00	115.3	113.4	0.8	111.7	0.4
15.33	115.3	113.5	0.8	111.9	0.4
15.67	115.3	113.6	0.9	112.1	0.4
16.00	115.2	113.7	0.9	112.3	0.5
16.33	115.3	113.8	1	112.4	0.5
16.67	115.3	113.8	1.1	112.6	0.6
17.00	115.2	113.9	1.1	112.7	0.6
17.33	115.2	114	1.2	112.8	0.7
17.67	115.2	114	1.3	113	0.7
18.00	115.2	114.1	1.3	113.1	0.8
18.33	115.1	114.1	1.4	113.2	0.8
18.67	115.1	114.2	1.5	113.3	0.9
19.00	115.1	114.2	1.5	113.3	0.9
19.33	115.1	114.2	1.6	113.4	1
19.67	115.1	114.3	1.7	113.5	1.1
20.00	115.1	114.3	1.7	113.6	1.1
20.33	115.1	114.3	1.8	113.6	1.2
20.67	115.1	114.4	1.9	113.7	1.2
21.00	115.2	114.4	1.9	113.8	1.3
21.33	115.2	114.4	2	113.8	1.4
21.67	115.2	114.4	2.1	113.8	1.4
22.00	115.2	114.5	2.2	113.9	1.5
22.33	115.2	114.5	2.2	113.9	1.6
22.67	115.2	114.5	2.3	114	1.6
23.00	115.2	114.6	2.4	114	1.7
23.33	115.3	114.6	2.5	114.1	1.8
23.67	115.2	114.6	2.5	114.1	1.8
24.00	115.2	114.6	2.6	114.1	1.9
24.33	115.2	114.6	2.7	114.2	2
24.67	115.2	114.7	2.8	114.2	2
25.00	115.2	114.7	2.8	114.3	2.1
25.33	115.2	114.7	2.9	114.3	2.2
25.67	115.2	114.7	3	114.3	2.2
26.00	115.3	114.7	3.1	114.3	2.3
26.33	115.3	114.7	3.1	114.4	2.4
26.67	115.3	114.8	3.2	114.4	2.4
27.00	115.2	114.8	3.3	114.4	2.5
27.33	115.3	114.8	3.4	114.4	2.6
27.67	115.2	114.8	3.4	114.5	2.7
28.00	115.2	114.8	3.5	114.5	2.7

28.33	115.1	114.8	3.6	114.5	2.8
28.67	115.1	114.8	3.7	114.5	2.9
29.00	115.1	114.8	3.8	114.5	3
29.33	115.1	114.8	3.8	114.6	3
29.67	115.1	114.8	3.9	114.6	3.1
30.00	115.1	114.9	4	114.6	3.2
30.33	115.2	114.9	4.1	114.6	3.2
30.67	115.2	114.9	4.2	114.6	3.3
31.00	115.2	114.9	4.2	114.6	3.4
31.33	115.2	114.9	4.3	114.7	3.5
31.67	115.2	114.9	4.4	114.7	3.6
32.00	115.2	114.9	4.5	114.7	3.6
32.33	115.2	114.9	4.6	114.7	3.7
32.67	115.2	114.9	4.6	114.7	3.8
33.00	115.2	114.9	4.7	114.7	3.9
33.33	115.2	115	4.8	114.7	3.9
33.67	115.2	115	4.9	114.7	4
34.00	115.2	115	5	114.7	4.1
34.33	115.2	115	5	114.8	4.2
34.67	115.2	115	5.1	114.8	4.2
35.00	115.2	115	5.2	114.8	4.3
35.33	115.2	115	5.3	114.8	4.4
35.67	115.2	115	5.4	114.8	4.5
36.00	115.2	115	5.5	114.8	4.6
36.33	115.2	115	5.5	114.8	4.6
**36.67	115.1	115	5.6	114.8	4.7
37.00	111.3	115	5.7	114.8	4.8
37.33	103.6	114.7	5.8	114.7	4.9
37.67	99.3	113.6	5.8	114.6	4.9
38.00	99	112	5.9	114.2	5
38.33	91.2	110.6	5.9	112.4	5.1
38.67	90.3	109.3	5.9	109.8	5.1
39.00	89.3	108	5.9	107.1	5.1
39.33	84	106.2	6	102.9	5.1
39.67	79.9	104.7	6	98	5.1
40.00	74.9	103	6	93.5	5.1
40.33	73.4	101.1	6	88.6	5.1
40.67	74.1	98.8	6	84.2	5.1
41.00	75	96.4	6	80.2	5.1
41.33	72.9	94.2	6	76.7	5.1
41.67	69.9	91.9	6	73.3	5.1
42.00	67.7	89.8	6	70.3	5.1
42.33	65.8	87.6	6	67.6	5.1
42.67	64.2	85.4	6	65.2	5.1

43.00	62.4	83.4	6	63	5.1
43.33	61.6	81.9	6	60.8	5.1
43.67	57.6	79.9	6	58.9	5.1
44.00	57.1	78.3	6	57.1	5.1
44.33	56.4	76.8	6	55.6	5.1
44.67	56.3	75.3	6	53.9	5.1
45.00	55.9	74	6	52.4	5.1
45.33	50.6	72.4	6	51.2	5.1
45.67	33.2	70.2	6	50	5.1
46.00	31.1	67.2	6	48.9	5.1
46.33	31.8	63.9	6	47.6	5.1
46.67	31.2	61.1	6	46.3	5.1
47.00	26.8	57.8	6	45.1	5.1
47.33	28.6	54.2	6	43.9	5.1
47.67	24	50.7	6	42.7	5.1
48.00	22.4	47.7	6	41.4	5.1
48.33	22	44.3	6	39.5	5.1
48.67	21.8	43.2	6	37.3	5.1

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

- M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

Repetición 3.

Tiempo (min)	Autoclave	Lata 1		Lata 2	
	M4T11718- °C	M4T11734- °C	M4T11734- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	36.7	67.5	0	62.8	0
0.33	46.3	67.2	0	62.6	0
0.67	58.3	67.3	0	62.4	0
1.00	64.2	67.5	0	62.2	0
1.33	69.2	67.6	0	62	0
1.67	73.8	67.9	0	61.9	0
2.00	76.9	68.2	0	61.9	0
2.33	81.6	68.7	0	62.1	0
2.67	85.1	69.2	0	62.3	0
3.00	88.3	69.9	0	62.7	0
3.33	90.3	70.7	0	63.2	0
3.67	93.9	72.7	0	63.5	0
4.00	97.7	75.1	0	63.7	0
4.33	100.7	77.5	0	64.1	0
4.67	104.8	79.9	0	65.5	0
5.00	107.7	82.6	0	68.3	0
5.33	110.9	85.7	0	72.4	0
5.67	113.8	88.7	0	76.9	0
*6.00	116.4	91.8	0	81.6	0
6.33	116.1	95.1	0	86.2	0
6.67	113.6	98.2	0	90	0
7.00	109.7	102	0	93.1	0
7.33	109.9	103.7	0	95.3	0
7.67	117.6	104.7	0	97.1	0
8.00	112.8	106.5	0	99.3	0
8.33	113.2	107.4	0	100.8	0
8.67	113.8	108.1	0.1	102.1	0
9.00	114	108.7	0.1	103.2	0
9.33	114.9	109.3	0.1	104.1	0
9.67	115.4	109.8	0.1	105	0
10.00	114	110.2	0.2	105.7	0
10.33	114.2	110.5	0.2	106.4	0
10.67	114.4	110.8	0.2	107	0.1
11.00	115.2	111.1	0.2	107.6	0.1
11.33	115.1	111.4	0.3	108.1	0.1
11.67	114.5	111.6	0.3	108.5	0.1
12.00	114.4	111.8	0.4	108.9	0.1
12.33	114.4	112	0.4	109.3	0.2
12.67	115.1	112.2	0.4	109.7	0.2
13.00	114.6	112.3	0.5	110	0.2

13.33	115.1	112.5	0.5	110.3	0.2
13.67	114.9	112.6	0.6	110.6	0.3
14.00	115	112.7	0.6	110.8	0.3
14.33	114.8	112.9	0.7	111	0.3
14.67	115	113	0.7	111.3	0.4
15.00	114.9	113.1	0.8	111.5	0.4
15.33	115.1	113.2	0.8	111.6	0.4
15.67	115	113.2	0.9	111.8	0.5
16.00	115.2	113.3	0.9	112	0.5
16.33	115.5	113.4	1	112.1	0.6
16.67	115.2	113.5	1.1	112.3	0.6
17.00	115.5	113.5	1.1	112.4	0.6
17.33	115.4	113.6	1.2	112.5	0.7
17.67	115.4	113.7	1.2	112.7	0.7
18.00	115.2	113.7	1.3	112.8	0.8
18.33	115.4	113.8	1.4	112.9	0.8
18.67	115.4	113.8	1.4	113	0.9
19.00	115.4	113.9	1.5	113.1	0.9
19.33	115.5	114	1.6	113.2	1
19.67	115.6	114	1.6	113.2	1.1
20.00	115.5	114.1	1.7	113.3	1.1
20.33	115.6	114.1	1.8	113.4	1.2
20.67	115.7	114.1	1.8	113.5	1.2
21.00	115.7	114.2	1.9	113.5	1.3
21.33	115.8	114.2	2	113.6	1.3
21.67	115.6	114.3	2	113.7	1.4
22.00	115.8	114.3	2.1	113.7	1.5
22.33	115.6	114.3	2.2	113.8	1.5
22.67	115.6	114.4	2.2	113.9	1.6
23.00	115.8	114.4	2.3	113.9	1.6
23.33	115.7	114.5	2.4	114	1.7
23.67	115.6	114.5	2.5	114	1.8
24.00	115.6	114.5	2.5	114.1	1.8
24.33	115.7	114.6	2.6	114.1	1.9
24.67	115.7	114.6	2.7	114.2	2
25.00	115.6	114.6	2.7	114.2	2
25.33	115.4	114.6	2.8	114.2	2.1
25.67	115.4	114.7	2.9	114.3	2.2
26.00	115.3	114.7	3	114.3	2.3
26.33	115.4	114.7	3.1	114.4	2.3
26.67	115.5	114.7	3.1	114.4	2.4
27.00	115.1	114.7	3.2	114.4	2.5
27.33	115.3	114.8	3.3	114.5	2.5
27.67	115.4	114.8	3.4	114.5	2.6
28.00	115.3	114.8	3.4	114.5	2.7

28.33	115.1	114.8	3.5	114.6	2.8
28.67	115.3	114.8	3.6	114.6	2.8
29.00	115.3	114.8	3.7	114.6	2.9
29.33	115.1	114.8	3.8	114.6	3
29.67	115.1	114.8	3.8	114.7	3.1
30.00	115	114.9	3.9	114.7	3.1
30.33	115	114.9	4	114.7	3.2
30.67	115	114.9	4.1	114.7	3.3
31.00	114.9	114.9	4.1	114.8	3.4
31.33	115	114.9	4.2	114.8	3.4
31.67	114.9	114.9	4.3	114.8	3.5
32.00	115	114.9	4.4	114.8	3.6
32.33	114.8	114.9	4.5	114.8	3.7
32.67	114.8	114.9	4.5	114.8	3.8
33.00	114.9	114.9	4.6	114.8	3.8
33.33	114.8	114.9	4.7	114.9	3.9
33.67	114.8	114.9	4.8	114.9	4
34.00	114.7	114.9	4.9	114.8	4.1
34.33	114.8	114.9	4.9	114.9	4.2
34.67	114.8	114.9	5	114.9	4.2
35.00	114.8	114.9	5.1	114.9	4.3
35.33	114.8	114.9	5.2	114.9	4.4
35.67	114.8	114.9	5.3	114.9	4.5
36.00	114.8	114.9	5.3	114.9	4.6
36.33	114.9	114.9	5.4	114.9	4.6
36.67	115	114.9	5.5	114.9	4.7
**37.00	115.1	114.9	5.6	114.9	4.8
37.33	114.3	114.9	5.7	114.9	4.9
37.67	112.9	114.9	5.7	114.9	5
38.00	111.9	114.8	5.8	114.8	5
38.33	110.5	114.7	5.9	114.8	5.1
38.67	108.9	114.6	6	114.7	5.2
39.00	94.6	113.8	6	114.5	5.3
39.33	89.9	110.8	6.1	113.3	5.3
39.67	84.8	107.8	6.1	109.8	5.3
40.00	78.4	104.7	6.1	104.8	5.3
40.33	63.4	100	6.1	98.6	5.3
40.67	66.1	93.6	6.1	91.8	5.3
41.00	61.3	88.5	6.1	86.5	5.3
41.33	56.3	84.7	6.1	82.5	5.3
41.67	55.1	81.3	6.1	79.3	5.3
42.00	52.8	78.3	6.1	76.5	5.3
42.33	50.1	75.4	6.1	73.9	5.3
42.67	46.7	72.6	6.1	71.4	5.3
43.00	45.4	69.9	6.1	68.8	5.3

43.33	45.2	67.5	6.1	66.5	5.3
43.67	45.1	65.3	6.1	64.3	5.3
44.00	45.6	63.4	6.1	62.6	5.3
44.33	40.7	61.7	6.1	60.9	5.3
44.67	35.4	59.7	6.1	59.3	5.3
45.00	34.2	57.7	6.1	57.9	5.3
45.33	33.9	55.8	6.1	56.5	5.3
45.67	28.8	53.8	6.1	55	5.3
46.00	26.5	51.8	6.1	53.2	5.3
46.33	26.7	49.8	6.1	51.3	5.3
46.67	26.7	47.7	6.1	50	5.3
47.00	26.8	45.6	6.1	47.5	5.3
47.33	26.6	43.4	6.1	45.7	5.3
47.67	26.5	41.7	6.1	44	5.3
48.00	26.5	40.4	6.1	42.8	5.3
48.33	26.3	39.2	6.1	41.4	5.3
48.67	27	38.2	6.1	40.2	5.3
49.00	23	37.4	6.1	40.2	5.3

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

- M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

ANEXO 6: Datos exportados del sistema DataTrace para la determinación de la penetración de calor en pechuga de pollo en trozos.

Repetición 1.

Tiempo (min)	Autoclave	Lata 1		Lata 2	
	M4T11734- °C	M4T11718- °C	M4T11718- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	29.3	54.2	0	52.1	0
0.33	35.4	54	0	51.9	0
0.67	42.6	53.7	0	51.7	0
1.00	51.4	53.5	0	51.6	0
1.33	58.5	53.3	0	51.5	0
1.67	63.3	53.2	0	51.5	0
2.00	67.7	53	0	51.5	0
2.33	72.3	52.9	0	51.5	0
2.67	76.4	52.8	0	51.6	0
3.00	79.4	52.7	0	51.7	0
3.33	82.6	52.7	0	51.9	0
3.67	84.4	52.8	0	52.2	0
4.00	87.5	52.9	0	52.6	0
4.33	90.4	53.1	0	53.1	0
4.67	93.1	53.5	0	53.8	0
5.00	96.1	54	0	54.5	0
5.33	99.5	54.7	0	55.4	0
5.67	102.9	55.6	0	56.3	0
6.00	106.3	56.7	0	57.4	0
6.33	109.1	57.9	0	58.6	0
6.67	111.7	59.4	0	59.8	0
7.00	113.6	61.1	0	61.2	0
7.33	115.1	62.9	0	62.6	0
*7.67	116.5	64.9	0	64.1	0
8.00	113.8	67	0	65.6	0
8.33	113.4	69.2	0	67.2	0
8.67	113.5	71.4	0	68.8	0
9.00	113.9	73.6	0	70.5	0
9.33	114.2	75.8	0	72.2	0
9.67	114.8	78	0	73.9	0
10.00	115.3	80.2	0	75.6	0
10.33	115.7	82.2	0	77.2	0
10.67	116.1	84.2	0	78.8	0
11.00	116.4	86.2	0	80.4	0
11.33	116.3	88	0	82	0
11.67	116.2	89.8	0	83.5	0
12.00	116.2	91.4	0	85	0

12.33	115.9	93	0	86.5	0
12.67	115.8	94.6	0	87.9	0
13.00	115.8	96	0	89.2	0
13.33	115.8	97.3	0	90.6	0
13.67	115.8	98.6	0	91.8	0
14.00	115.8	99.8	0	93.1	0
14.33	115.8	100.9	0	94.2	0
14.67	115.7	101.9	0	95.4	0
15.00	115.7	102.8	0	96.5	0
15.33	115.7	103.7	0	97.5	0
15.67	115.7	104.5	0	98.4	0
16.00	115.6	105.3	0	99.4	0
16.33	115.6	106	0	100.3	0
16.67	115.6	106.7	0.1	101.1	0
17.00	115.6	107.3	0.1	101.9	0
17.33	115.6	107.9	0.1	102.6	0
17.67	115.6	108.4	0.1	103.4	0
18.00	115.6	108.9	0.1	104	0
18.33	115.6	109.3	0.1	104.7	0
18.67	115.6	109.7	0.2	105.3	0
19.00	115.6	110.1	0.2	105.9	0.1
19.33	115.5	110.4	0.2	106.4	0.1
19.67	115.5	110.8	0.3	106.9	0.1
20.00	115.6	111.1	0.3	107.4	0.1
20.33	115.5	111.3	0.3	107.8	0.1
20.67	115.6	111.6	0.4	108.2	0.1
21.00	115.6	111.8	0.4	108.6	0.1
21.33	115.5	112	0.4	109	0.2
21.67	115.5	112.2	0.5	109.4	0.2
22.00	115.5	112.4	0.5	109.7	0.2
22.33	115.5	112.6	0.6	110	0.2
22.67	115.6	112.8	0.6	110.3	0.3
23.00	115.6	112.9	0.7	110.6	0.3
23.33	115.6	113	0.7	110.9	0.3
23.67	115.6	113.2	0.8	111.1	0.4
24.00	115.6	113.3	0.8	111.3	0.4
24.33	115.6	113.4	0.9	111.6	0.4
24.67	115.6	113.5	1	111.7	0.5
25.00	115.6	113.6	1	111.9	0.5
25.33	115.6	113.7	1.1	112.1	0.6
25.67	115.7	113.8	1.1	112.3	0.6
26.00	115.7	113.9	1.2	112.5	0.6
26.33	115.7	113.9	1.3	112.6	0.7
26.67	115.7	114	1.3	112.8	0.7
27.00	115.7	114.1	1.4	112.9	0.8

27.33	115.7	114.2	1.5	113	0.8
27.67	115.7	114.2	1.5	113.2	0.9
28.00	115.8	114.3	1.6	113.3	0.9
28.33	115.8	114.3	1.7	113.4	1
28.67	115.8	114.4	1.7	113.5	1.1
29.00	115.8	114.4	1.8	113.6	1.1
29.33	115.8	114.5	1.9	113.7	1.2
29.67	115.8	114.5	2	113.8	1.2
30.00	115.8	114.6	2	113.9	1.3
30.33	115.8	114.6	2.1	114	1.4
30.67	115.8	114.7	2.2	114	1.4
31.00	115.8	114.7	2.3	114.1	1.5
31.33	115.9	114.8	2.3	114.2	1.6
31.67	115.9	114.8	2.4	114.3	1.6
32.00	115.9	114.8	2.5	114.3	1.7
32.33	115.9	114.9	2.6	114.4	1.8
32.67	115.9	114.9	2.7	114.5	1.9
33.00	115.9	114.9	2.7	114.5	1.9
33.33	115.9	114.9	2.8	114.6	2
33.67	115.9	115	2.9	114.6	2.1
34.00	115.9	115	3	114.7	2.2
34.33	115.9	115	3.1	114.7	2.2
34.67	115.9	115.1	3.1	114.8	2.3
35.00	115.9	115.1	3.2	114.8	2.4
35.33	115.9	115.1	3.3	114.8	2.5
35.67	115.9	115.1	3.4	114.9	2.5
36.00	115.9	115.1	3.5	114.9	2.6
36.33	115.9	115.2	3.6	115	2.7
36.67	115.9	115.2	3.6	115	2.8
37.00	115.9	115.2	3.7	115	2.9
37.33	115.9	115.2	3.8	115.1	3
**37.67	115.9	115.3	3.9	115.1	3
38.00	115.6	115.3	4	115.1	3.1
38.33	114.5	115.3	4.1	115.1	3.2
38.67	113.3	115.3	4.2	115.1	3.3
39.00	112.2	115.2	4.3	115.1	3.4
39.33	109.5	115.2	4.3	115.1	3.5
39.67	107	115.1	4.4	115.1	3.5
40.00	103.7	114.4	4.5	115	3.6
40.33	93.4	108.8	4.5	114.8	3.7
40.67	83.7	102.4	4.5	114.4	3.8
41.00	77.1	97.4	4.5	114	3.8
41.33	68	93.8	4.5	112.4	3.9
41.67	59.8	91.7	4.5	109.4	3.9
42.00	49.3	89.2	4.5	107.4	3.9

42.33	55.9	87.1	4.5	105.6	3.9
42.67	56.4	85.9	4.5	104.8	3.9
43.00	58.8	84.1	4.5	104	3.9
43.33	57.4	82.2	4.5	102.8	3.9
43.67	55.6	80.2	4.5	101.4	4
44.00	51.9	78.3	4.5	99.7	4
44.33	51.1	76.4	4.5	97.8	4
44.67	48	74.7	4.5	95.9	4
45.00	44.4	73	4.5	93.9	4
45.33	40.8	71.4	4.5	91.8	4
45.67	39.5	69.8	4.5	89.7	4
46.00	40.2	68.3	4.5	87.6	4
46.33	39.6	66.9	4.5	85.6	4
46.67	37	65.5	4.5	83.7	4
47.00	35	64	4.5	81.7	4
47.33	33.5	62.6	4.5	79.7	4
47.67	34	61.2	4.5	77.7	4
48.00	32.6	59.8	4.5	75.8	4
48.33	29.4	58.5	4.5	73.9	4
48.67	28.3	57.1	4.5	72	4
49.00	27.4	55.8	4.5	70.2	4
49.33	27	54.6	4.5	68.4	4
49.67	27.8	53.3	4.5	66.7	4
50.00	27.3	52.1	4.5	65	4
50.33	26.6	50.9	4.5	63.3	4
50.67	26.6	49.7	4.5	61.7	4
51.00	26.5	48.6	4.5	60.3	4
51.33	26.1	47.5	4.5	58.8	4
51.67	25.8	46.4	4.5	57.4	4
52.00	25.4	45.4	4.5	56	4
52.33	25.7	44.4	4.5	54.6	4
52.67	25.7	43.5	4.5	53.4	4
53.00	23.3	42.6	4.5	52.1	4
53.33	22.3	41.8	4.5	50.9	4
53.67	21.7	41	4.5	49.8	4
54.00	23.1	40.2	4.5	48.7	4

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

– M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

Repetición 2.

Tiempo (min)	Autoclave	Lata 1		Lata 2	
	M4T11734- °C	M4T11718- °C	M4T11718- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	30.4	50.2	0	52.4	0
0.33	51.1	50	0	52.2	0
0.67	60.7	49.9	0	52	0
1.00	65.4	49.8	0	51.9	0
1.33	69.6	49.7	0	51.8	0
1.67	73.2	49.6	0	51.7	0
2.00	76.3	49.6	0	51.7	0
2.33	79.4	49.7	0	51.8	0
2.67	82.5	49.8	0	52	0
3.00	85.3	50	0	52.3	0
3.33	88	50.4	0	52.7	0
3.67	90.8	50.9	0	53.3	0
4.00	93.6	51.6	0	54	0
4.33	96.4	52.5	0	54.9	0
4.67	99	53.6	0	55.9	0
5.00	101.8	54.8	0	57.1	0
5.33	104.6	56.3	0	58.4	0
5.67	107.8	57.9	0	59.9	0
6.00	110.9	59.7	0	61.5	0
6.33	113.8	61.6	0	63.2	0
6.67	115.3	63.7	0	65	0
*7.00	116.8	65.8	0	66.9	0
7.33	113.8	68	0	68.8	0
7.67	113.3	70.2	0	70.7	0
8.00	115.6	72.4	0	72.6	0
8.33	116.7	74.7	0	74.5	0
8.67	117.1	77	0	76.4	0
9.00	116.8	79.2	0	78.2	0
9.33	115.6	81.4	0	80.1	0
9.67	115.3	83.5	0	81.9	0
10.00	115.2	85.6	0	83.6	0
10.33	115.1	87.6	0	85.3	0
10.67	115.2	89.4	0	86.9	0
11.00	115.2	91.2	0	88.5	0
11.33	115.3	92.9	0	90	0
11.67	115.4	94.4	0	91.3	0
12.00	115.5	95.9	0	92.6	0
12.33	115.6	97.3	0	93.9	0
12.67	115.6	98.5	0	95.1	0
13.00	115.7	99.7	0	96.3	0

13.33	115.8	100.8	0	97.4	0
13.67	115.9	101.8	0	98.5	0
14.00	115.9	102.7	0	99.5	0
14.33	115.9	103.5	0	100.4	0
14.67	115.9	104.3	0	101.3	0
15.00	116	105	0	102.2	0
15.33	116	105.7	0	103	0
15.67	116	106.3	0.1	103.7	0
16.00	115.9	106.9	0.1	104.4	0
16.33	115.9	107.5	0.1	105.1	0
16.67	115.8	108	0.1	105.7	0
17.00	115.8	108.5	0.1	106.3	0.1
17.33	115.7	109	0.1	106.9	0.1
17.67	115.5	109.4	0.2	107.4	0.1
18.00	115.5	109.8	0.2	108	0.1
18.33	115.3	110.2	0.2	108.4	0.1
18.67	115.3	110.5	0.2	108.8	0.1
19.00	115.1	110.8	0.3	109.2	0.2
19.33	115	111.1	0.3	109.6	0.2
19.67	114.9	111.4	0.3	110	0.2
20.00	114.8	111.6	0.4	110.3	0.2
20.33	114.7	111.8	0.4	110.6	0.3
20.67	114.6	112	0.5	110.9	0.3
21.00	114.6	112.2	0.5	111.2	0.3
21.33	114.5	112.4	0.5	111.4	0.4
21.67	114.5	112.5	0.6	111.6	0.4
22.00	114.5	112.7	0.6	111.8	0.4
22.33	114.5	112.8	0.7	112	0.5
22.67	114.6	112.9	0.7	112.2	0.5
23.00	114.8	113	0.8	112.3	0.6
23.33	114.9	113.1	0.8	112.5	0.6
23.67	115.1	113.2	0.9	112.6	0.7
24.00	115.1	113.3	1	112.8	0.7
24.33	115.2	113.3	1	112.9	0.8
24.67	115.3	113.4	1.1	113	0.8
25.00	115.3	113.5	1.1	113.1	0.9
25.33	115.3	113.5	1.2	113.2	0.9
25.67	115.4	113.6	1.2	113.3	1
26.00	115.4	113.6	1.3	113.4	1
26.33	115.4	113.7	1.4	113.5	1.1
26.67	115.5	113.7	1.4	113.6	1.2
27.00	115.5	113.8	1.5	113.6	1.2
27.33	115.5	113.8	1.5	113.7	1.3
27.67	115.5	113.9	1.6	113.8	1.3
28.00	115.5	113.9	1.7	113.9	1.4

28.33	115.5	114	1.7	113.9	1.5
28.67	115.5	114	1.8	114	1.5
29.00	115.5	114.1	1.9	114.1	1.6
29.33	115.5	114.1	1.9	114.1	1.7
29.67	115.5	114.1	2	114.2	1.7
30.00	115.5	114.2	2.1	114.2	1.8
30.33	115.5	114.2	2.1	114.3	1.9
30.67	115.5	114.2	2.2	114.3	1.9
31.00	115.4	114.3	2.3	114.4	2
31.33	115.4	114.3	2.3	114.4	2.1
31.67	115.4	114.4	2.4	114.5	2.2
32.00	115.4	114.4	2.5	114.5	2.2
32.33	115.4	114.4	2.6	114.6	2.3
32.67	115.3	114.5	2.6	114.6	2.4
33.00	115.3	114.5	2.7	114.6	2.4
33.33	115.3	114.5	2.8	114.7	2.5
33.67	115.2	114.5	2.8	114.7	2.6
34.00	115.2	114.6	2.9	114.7	2.7
34.33	115.2	114.6	3	114.8	2.8
34.67	115.2	114.6	3.1	114.8	2.8
35.00	115.1	114.6	3.1	114.8	2.9
35.33	115.1	114.6	3.2	114.8	3
35.67	115.1	114.7	3.3	114.8	3.1
36.00	115.1	114.7	3.4	114.8	3.1
36.33	115.1	114.7	3.5	114.8	3.2
36.67	115	114.7	3.5	114.9	3.3
**37.00	115	114.7	3.6	114.9	3.4
37.33	114.7	114.7	3.7	114.9	3.5
37.67	113.4	114.7	3.8	114.9	3.5
38.00	111.2	114.7	3.8	114.9	3.6
38.33	107.5	114.7	3.9	114.8	3.7
38.67	104.4	114.6	4	114.7	3.8
39.00	104.4	114.5	4.1	114.5	3.9
39.33	94.6	114.4	4.1	114.2	3.9
39.67	76.4	114	4.2	109.1	3.9
40.00	67.2	112.8	4.2	105.1	3.9
40.33	60.9	110.2	4.3	101.9	4
40.67	52.6	107.8	4.3	99.6	4
41.00	47.2	105.4	4.3	97.7	4
41.33	49	103.2	4.3	96.1	4
41.67	53.4	101.7	4.3	94.2	4
42.00	52.9	100.1	4.3	91.6	4
42.33	48.7	98	4.3	88.9	4
42.67	48.2	95.8	4.3	86.3	4
43.00	48.2	93.5	4.3	83.9	4

43.33	46.4	91	4.3	81.6	4
43.67	45.4	88.6	4.3	79.4	4
44.00	46	86.2	4.3	77.3	4
44.33	41.1	83.8	4.3	75.3	4
44.67	33.6	81.4	4.3	73.4	4
45.00	31.9	79.1	4.3	71.6	4
45.33	30.7	76.9	4.3	69.8	4
45.67	28.4	74.7	4.3	68	4
46.00	26.5	72.6	4.3	66.3	4
46.33	26	70.5	4.3	64.7	4
46.67	25.9	68.4	4.3	63.1	4
47.00	26.1	66.4	4.3	61.6	4
47.33	26	64.5	4.3	60.1	4
47.67	25.6	62.5	4.3	58.7	4
48.00	22.7	60.6	4.3	57.2	4
48.33	21.3	58.7	4.3	55.9	4
48.67	20.7	56.9	4.3	54.6	4
49.00	20.7	55.1	4.3	53.3	4
49.33	20.8	53.4	4.3	50.9	4

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

- M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

Repetición 3.

Tiempo (min)	Autoclave	Lata 1		Lata 2	
	M4T11734- °C	M4T11718- °C	M4T11718- Fo	M4T11741- °C	M4T11741- Fo
0	30	59.3	0	54.4	0
0.33	30.6	58.9	0	54.2	0
0.67	44.2	58.6	0	54	0
1.00	50.9	58.3	0	53.9	0
1.33	56	58	0	53.8	0
1.67	58.9	57.7	0	53.7	0
2.00	62.5	57.4	0	53.5	0
2.33	65.8	57.2	0	53.5	0
2.67	68.4	57	0	53.4	0
3.00	71.7	56.8	0	53.5	0
3.33	74	56.7	0	53.6	0
3.67	77.3	56.6	0	53.7	0
4.00	79.9	56.6	0	53.9	0
4.33	81.6	56.6	0	54.1	0
4.67	83.5	56.7	0	54.4	0
5.00	85.5	56.9	0	54.7	0
5.33	87.3	57.1	0	55.1	0
5.67	88.8	57.4	0	55.5	0
6.00	90.3	57.8	0	56	0
6.33	92.1	58.4	0	56.5	0
6.67	93.6	59	0	57.1	0
7.00	95.2	59.8	0	57.7	0
7.33	97	60.6	0	58.3	0
7.67	98.6	61.5	0	59	0
8.00	100.3	62.5	0	59.8	0
8.33	101.9	63.6	0	60.5	0
8.67	103.4	64.8	0	61.4	0
9.00	105	66	0	62.3	0
9.33	106.5	67.3	0	63.2	0
9.67	108	68.6	0	64.2	0
10.00	109.4	70	0	65.3	0
10.33	110.6	71.4	0	66.4	0
10.67	111.9	72.9	0	67.6	0
11.00	113.1	74.4	0	68.8	0
11.33	114.3	75.9	0	70	0
11.67	115.1	77.5	0	71.3	0
*12.00	115.6	79.1	0	72.5	0
12.33	113.4	80.7	0	73.8	0
12.67	112.9	82.3	0	75.1	0
13.00	115.5	83.9	0	76.5	0

13.33	116.9	85.5	0	77.9	0
13.67	115.6	87	0	79.3	0
14.00	114.5	88.5	0	80.7	0
14.33	114.1	90	0	82.1	0
14.67	114.6	91.4	0	83.5	0
15.00	114.6	92.7	0	84.9	0
15.33	114.9	94	0	86.2	0
15.67	114.8	95.2	0	87.5	0
16.00	115.2	96.4	0	88.8	0
16.33	115.1	97.4	0	90.1	0
16.67	115.2	98.4	0	91.2	0
17.00	115.4	99.4	0	92.4	0
17.33	115.4	100.3	0	93.5	0
17.67	115.3	101.2	0	94.6	0
18.00	115.4	102	0	95.6	0
18.33	115.5	102.7	0	96.6	0
18.67	115.4	103.4	0	97.6	0
19.00	115.4	104.1	0	98.4	0
19.33	115.4	104.7	0	99.3	0
19.67	115.5	105.3	0	100.1	0
20.00	115.3	105.8	0.1	100.9	0
20.33	115.4	106.3	0.1	101.6	0
20.67	115.3	106.8	0.1	102.3	0
21.00	115.3	107.2	0.1	102.9	0
21.33	115.3	107.7	0.1	103.5	0
21.67	115.3	108.1	0.1	104.1	0
22.00	115.2	108.5	0.1	104.6	0
22.33	115.2	108.8	0.2	105.1	0
22.67	115.2	109.2	0.2	105.6	0.1
23.00	115.1	109.5	0.2	106.1	0.1
23.33	115.1	109.8	0.2	106.5	0.1
23.67	115.1	110.1	0.3	106.9	0.1
24.00	115.1	110.3	0.3	107.3	0.1
24.33	115.1	110.6	0.3	107.7	0.1
24.67	115.1	110.8	0.3	108	0.1
25.00	115.1	111	0.4	108.3	0.2
25.33	115.1	111.2	0.4	108.6	0.2
25.67	115.1	111.4	0.4	108.9	0.2
26.00	115.1	111.6	0.5	109.2	0.2
26.33	115	111.7	0.5	109.5	0.2
26.67	115	111.9	0.6	109.7	0.3
27.00	115	112	0.6	109.9	0.3
27.33	115	112.1	0.6	110.2	0.3
27.67	115	112.3	0.7	110.4	0.3
28.00	115	112.4	0.7	110.6	0.4

28.33	115	112.5	0.8	110.8	0.4
28.67	115	112.6	0.8	110.9	0.4
29.00	115	112.7	0.9	111.1	0.5
29.33	114.9	112.8	0.9	111.3	0.5
29.67	114.9	112.9	1	111.4	0.5
30.00	115	112.9	1	111.6	0.6
30.33	115	113	1.1	111.7	0.6
30.67	115.1	113.1	1.1	111.8	0.7
31.00	115.2	113.1	1.2	112	0.7
31.33	115.2	113.2	1.2	112.1	0.7
31.67	115.3	113.3	1.3	112.2	0.8
32.00	115.3	113.3	1.3	112.3	0.8
32.33	115.4	113.4	1.4	112.4	0.9
32.67	115.4	113.4	1.5	112.5	0.9
33.00	115.5	113.5	1.5	112.6	1
33.33	115.5	113.5	1.6	112.7	1
33.67	115.6	113.6	1.6	112.8	1.1
34.00	115.6	113.6	1.7	112.9	1.1
34.33	115.5	113.7	1.8	113	1.2
34.67	115.5	113.7	1.8	113.1	1.2
35.00	115.3	113.8	1.9	113.1	1.3
35.33	115.3	113.8	1.9	113.2	1.3
35.67	115.3	113.9	2	113.3	1.4
36.00	115.3	113.9	2.1	113.4	1.4
36.33	115.3	113.9	2.1	113.4	1.5
36.67	115.3	114	2.2	113.5	1.5
37.00	115.2	114	2.3	113.6	1.6
37.33	115.2	114.1	2.3	113.6	1.7
37.67	115.2	114.1	2.4	113.7	1.7
38.00	115.2	114.1	2.5	113.7	1.8
38.33	115.2	114.2	2.5	113.8	1.8
38.67	115.1	114.2	2.6	113.8	1.9
39.00	115.1	114.2	2.7	113.9	2
39.33	115.1	114.3	2.7	113.9	2
39.67	115.1	114.3	2.8	114	2.1
40.00	115.1	114.3	2.9	114	2.2
40.33	115.1	114.3	2.9	114.1	2.2
40.67	115.1	114.3	3	114.1	2.3
41.00	115.1	114.4	3.1	114.1	2.4
41.33	115	114.4	3.2	114.2	2.4
41.67	115	114.4	3.2	114.2	2.5
**42.00	115	114.4	3.3	114.2	2.6
42.33	115	114.4	3.4	114.3	2.6
42.67	113.7	114.5	3.4	114.3	2.7

43.00	111.6	114.4	3.5	114.3	2.8
43.33	108.8	114.4	3.6	114.3	2.9
43.67	106.6	114.4	3.7	114.2	2.9
44.00	105.2	114.3	3.7	114.1	3
44.33	103.7	114.2	3.8	114	3.1
44.67	97.3	114.1	3.9	113.8	3.1
45.00	90.6	113.8	3.9	113.5	3.2
45.33	83.9	113.4	4	113.1	3.2
45.67	76	113	4	112.6	3.3
46.00	76.1	112.4	4.1	111.9	3.3
46.33	80.8	111.7	4.1	110.9	3.3
46.67	73.2	111	4.1	109.8	3.4
47.00	64.6	110.1	4.2	108.5	3.4
47.33	65.8	108.8	4.2	106.9	3.4
47.67	70.5	107.3	4.2	105.3	3.4
48.00	65.4	105.6	4.2	103.6	3.4
48.33	61.5	103.8	4.2	101.7	3.4
48.67	59.7	101.9	4.2	99.9	3.4
49.00	57	99.9	4.2	97.9	3.4
49.33	55.4	97.9	4.2	96	3.4
49.67	53.4	95.9	4.2	94	3.4
50.00	53.2	93.8	4.2	92.1	3.4
50.33	52.5	91.8	4.2	90.1	3.4
50.67	51.8	89.7	4.2	88.2	3.4
51.00	49.6	87.7	4.2	86.3	3.4
51.33	47.8	85.7	4.2	84.3	3.4
51.67	45.5	83.8	4.2	82.4	3.4
52.00	40.9	81.8	4.2	80.5	3.4
52.33	37.1	79.9	4.2	78.5	3.4
52.67	37.4	77.9	4.2	76.6	3.4
53.00	40.7	76	4.2	74.7	3.4
53.33	37.7	74.1	4.2	73.1	3.4
53.67	36.9	72.2	4.2	71.5	3.4
54.00	36.5	70.3	4.2	69.9	3.4
54.33	34.7	68.5	4.2	68.4	3.4
54.67	32.5	66.8	4.2	66.9	3.4
55.00	27.5	65.1	4.2	65.5	3.4
55.33	25.7	63.5	4.2	64.1	3.4

* Inicio de Fase de Mantenimiento.

** Fin de Fase de Mantenimiento (Inicio de Fase de Enfriamiento).

– M4T11718-°C, M4T11734-°C, M4T11741-°C: Números de serie de los sensores DataTrace utilizados para la adquisición de datos.

ANEXO 7: Cálculos realizados para determinar los parámetros de penetración de calor en pechuga de pollo desmenuzada.

1. Cálculo de los parámetros de calentamiento

Datos:

$$T_1 = 240^\circ F$$

$$T_0 = 155.48^\circ F$$

$$l = 6.00 \text{ min}$$

A partir de los datos de la fase de calentamiento del ANEXO 5, tomando como modelo, para las porciones rectas, la siguiente ecuación:

$$\log(T_1 - T) = -\frac{t}{f_h} + \log(T_1 - T_A)$$

Mediante regresión lineal, para la primera fase de la curva quebrada, se encuentra que:

$$\log(T_1 - T) = -0.122t + 2.557$$

Por consiguiente:

$$\frac{1}{f_h} = 0.122 \rightarrow f_h = 8.197 \text{ min}$$

Asimismo, se determina el valor de T_A .

Primero, con el valor l , se calcula el tiempo cero corregido (t_{0corr}):

$$t_{0corr} = 0.58 * l = 0.58 * 6.00 = 3.48 \text{ min}$$

Luego, con el valor del tiempo cero corregido, se calcula el intercepto de la recta al tiempo cero corregido.

$$\text{int}_{0corr} = 3.48 * (-0.122) + 2.557 = 2.132$$

La temperatura en el cruce de la línea vertical que pasa por el intercepto al tiempo cero corregido y la prolongación de la recta, es la temperatura pseudoinicial de calentamiento (T_A).

$$T_A = T_1 - 10^{\text{int}_{0corr}}$$

$$T_A = 240 - 10^{2.132} = 103.34^\circ F$$

El factor de retraso j_h se calcula como sigue:

$$j_h = \frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0} = \frac{(240 - 103.34)}{(240 - 155.48)} = 1.605$$

Mediante una segunda regresión lineal, para la segunda fase de la curva quebrada. Se encuentra que:

$$\log(T_1 - T) = -0.026 + 1.041$$

Por consiguiente:

$$\frac{1}{f_2} = 0.026 \rightarrow f_2 = 38.462 \text{ min}$$

Así mismo g_{bh} , se obtiene de la siguiente forma:

Se calcula el tiempo en que se quiebra la curva, es decir se calcula el tiempo de cruce de las rectas (x_{bh}).

$$x_{bh} = \frac{1.041 - 2.557}{(-0.122 - (-0.026))} = 15.792 \text{ min}$$

$$\log(T_1 - T)_{x_{bh}} = -0.026 * 15.792 + 1.041 = 0.63$$

Entonces g_{bh} es igual a:

$$g_{bh} = 10^{\log(T_1 - T)_{x_{bh}}}$$

$$g_{bh} = 10^{0.63} = 4.27^\circ F$$

2. Cálculo de los parámetros de enfriamiento

Datos:

$$T_2 = 77^\circ F$$

$$T_B = 238.64^\circ F$$

A partir de los datos de la fase de enfriamiento del ANEXO 5, tomando como modelo la siguiente ecuación:

$$\log(T_2 - T) = -\frac{t}{f_c} + \log(T_2 - T_{BA})$$

Mediante regresión lineal, para la primera fase de la curva quebrada, se encuentra que:

$$\log(T_2 - T) = -0.077t + 2.334$$

Por consiguiente:

$$\frac{1}{f_c} = 0.077 \rightarrow f_c = 12.987 \text{ min}$$

Asimismo, se determina el valor de T_{BA} :

$$T_{BA} = T_2 + 10^{\text{intercepto}} = 77 + 10^{2.334} = 292.774^\circ F$$

Factor de retraso de enfriamiento:

$$j_c = \frac{T_{BA} - T_2}{T_B - T_2} = \frac{(292.774 - 77)}{(238.64 - 77)} = 1.335$$

ANEXO 8: Cálculos realizados para determinar los parámetros de penetración de calor en pechuga de pollo en trozos.

1. Cálculo de los parámetros de calentamiento

Datos:

$$T_1 = 240^\circ F$$

$$T_0 = 125.78^\circ F$$

$$l = 7.67 \text{ min}$$

A partir de los datos de la fase de calentamiento del ANEXO 6, tomando como modelo, para las porciones rectas, la siguiente ecuación:

$$\log(T_1 - T) = -\frac{t}{f_h} + \log(T_1 - T_A)$$

Mediante regresión lineal, para la primera fase de la curva quebrada, se encuentra que:

$$\log(T_1 - T) = -0.069t + 2.555$$

Por consiguiente:

$$\frac{1}{f_h} = 0.069 \rightarrow f_h = 14.493 \text{ min}$$

Asimismo, se determina el valor de T_A .

Primero, con el valor l , se calcula el tiempo cero corregido (t_{0corr}):

$$t_{0corr} = 0.58 * l = 0.58 * 7.67 = 4.448 \text{ min}$$

Luego, con el valor del tiempo cero corregido, se calcula el intercepto de la recta al tiempo cero corregido.

$$\text{int}_{0corr} = 4.448 * (-0.069) + 2.555 = 2.248$$

La temperatura en el cruce de la línea vertical que pasa por el intercepto al tiempo cero corregido y la prolongación de la recta, es la temperatura pseudoinicial de calentamiento (T_A).

$$T_A = T_1 - 10^{\text{int}_{0corr}}$$

$$T_A = 240 - 10^{2.248} = 62.99^\circ F$$

El factor de retraso j_h se calcula como sigue:

$$j_h = \frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0} = \frac{(240 - 62.99)}{(240 - 125.78)} = 1.550$$

2. Cálculo de los parámetros de enfriamiento

Datos:

$$T_1 = 77^\circ F$$

$$T_0 = 239.18^\circ F$$

A partir de los datos de la fase de enfriamiento del ANEXO 6, tomando como modelo la siguiente ecuación:

$$\log(T_2 - T) = -\frac{t}{f_c} + \log(T_2 - T_{BA})$$

Mediante regresión lineal, para la primera fase de la curva quebrada, se encuentra que:

$$\log(T_2 - T) = -0.046t + 2.409$$

Por consiguiente:

$$\frac{1}{f_c} = 0.046 \rightarrow f_c = 21.739 \text{ min}$$

Asimismo, se determina el valor de T_{BA} :

$$T_{BA} = T_2 + 10^{\text{intercepto}} = 77 + 10^{2.409} = 333.448^\circ F$$

Factor de retraso de enfriamiento:

$$j_c = \frac{T_{BA} - T_2}{T_B - T_2} = \frac{(333.448 - 77)}{(239.18 - 77)} = 1.581$$

ANEXO 9: Cálculos para determinar el tiempo para alcanzar un $F_0 = 5.1$ a 240°F en pechuga de pollo desmenuzada.

Condiciones de Proceso

$$CUT = 6 \text{ min}$$

$$T_1 = 240^\circ\text{C}$$

$$t_p = 30 \text{ min}$$

$$F_0 = 5.1 \text{ min}$$

Parámetros de Penetración de Calor

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$T_0 = 155.48^\circ\text{F}$ $f_h = 8.197 \text{ min}$ $T_A = 104.34^\circ\text{F}$ $j_h = 1.605$ $f_2 = 27.778 \text{ min}$ $g_{bh} = 5.749^\circ\text{F}$	$T_B = 238.64^\circ\text{F}$ $f_c = 12.987 \text{ min}$ $T_{BA} = 292.774^\circ\text{F}$ $j_c = 1.335$

Parámetros de microorganismo

$$D_{250^\circ\text{F}} = 0.21 \text{ min}$$

$$z = 18^\circ\text{F}$$

Cálculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1)/z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 240)/18)} = 3.594$$

Cálculo de g_{h2} :

Siendo las ecuaciones de las secciones rectas:

$$y = m_1x + b_1 \quad \text{Para la fase 1}$$

$$y = -0.122x + 2.557$$

$$y = m_2x + b_2 \quad \text{Para la fase 2}$$

$$y = -0.036x + 1.290$$

$$x_{bh} = \frac{(b_2 - b_1)}{(m_1 - m_2)}$$

$$x_{bh} = \frac{(1.290 - 2.557)}{(-0.122 - (-0.036))} = 14.733$$

Hallando g_{bh} :

$$g_{bh} = (T_1 - T) \text{ Cuando el tiempo es igual a } x_{bh}$$

Entonces

$$\log(T_1 - T)_{x_{bh}} = m_2(x_{bh}) + b_2$$

$$\log(T_1 - T)_{x_{bh}} = -0.036(14.733) + 1.290$$

$$\log g_{bh} = \log(T_1 - T)_{x_{bh}} = 0.760$$

$$g_{bh} = (T_1 - T)_{x_{bh}} = 10^{0.76} = 5.75$$

Hallando f_h/U_{bh} mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z=18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.335$$

$$g_{bh} = 5.75$$

Mediante interpolación doble se obtiene que:

$$f_h = U_{bh} = 4.862$$

Hallando r :

Usando la gráfica de relación r vs. $\log(g_{bh})$ (ANEXO 13), se obtiene que:

$$r = 0.79$$

Calculando f_{h2}/U_{h2} :

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{f_2}{F_0 F_i + \frac{r(f_2 - f_h)}{f_h/U_{bh}}}$$

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{27.778}{5.1 * 3.594 + \frac{0.79(27.778 - 8.197)}{4.862}}$$

$$f_{h2}/U_{h2} = 1.291$$

Hallando g_{h2} mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.335$$

$$f_{h2} / U_{h2} = 1.291$$

Mediante interpolación doble se obtiene que:

$$g_{h2} = 1.057$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 240 - 155.48$$

$$I = 84.52$$

Entonces:

$$t_B = f_h \log(j_h I_h) + (f_2 - f_h) \log g_{bh} - f_2 \log g_{h2}$$

$$t_B = 8.197 * \log(1.605 * 84.52) + (27.778 - 8.197) * \log(5.75) - 27.778 * \log(1.057)$$

$$t_B = 31.69$$

Sabiendo que $CUT = 6 \text{ min}$

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 31.69 - 0.42(6)$$

$$t_p = 29.17 \text{ min}$$

ANEXO 10: Cálculos para determinar el tiempo para alcanzar un $F_0 = 4.0$ a 240°F en pechuga de pollo en trozos.

Condiciones de Proceso

$$CUT = 7.67 \text{ min}$$

$$T_1 = 240^\circ\text{C}$$

$$t_p = 30 \text{ min}$$

$$F_0 = 4.0 \text{ min}$$

Parámetros de Penetración de Calor

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$T_0 = 125.78^\circ\text{F}$	$T_B = 239.18^\circ\text{F}$
$f_h = 14.493 \text{ min}$	$f_c = 21.739 \text{ min}$
$T_A = 62.93^\circ\text{F}$	$T_{BA} = 333.448^\circ\text{F}$
$j_h = 1.550$	$j_c = 1.581$

Parámetros de microorganismo

$$D_{250^\circ\text{F}} = 0.21 \text{ min}$$

$$z = 18^\circ\text{F}$$

Cálculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1) / z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 240) / 18)} = 3.594$$

Cálculo de g :

$$f_h / U = \frac{f_h}{F_0 F_i}$$

$$f_h / U = \frac{14.493}{4.0 * 3.594}$$

$$f_h / U = 1.008$$

Hallando g mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.581$$

$$f_h / U = 1.008$$

Mediante interpolación se obtiene que:

$$g = 0.68$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 240 - 125.78$$

$$I = 114.22$$

Entonces:

$$t_B = f_h(\log j_h I_h - \log g)$$

$$t_B = 14.493 * (\log(1.550 * 114.22) - \log(0.68))$$

$$t_B = 35.01$$

Sabiendo que $CUT = 7.67$ min

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 35.01 - 0.42(7.67)$$

$$t_p = 31.79 \text{ min}$$

ANEXO 11: Cálculos realizados para determinar los tiempos de procesamiento a 230, 240 y 250°F en Pechuga de pollo desmenuzada.

Condiciones de Proceso para el cálculo

$$CUT = 6 \text{ min}$$

$$T_1 = 230, 240, 250^\circ C$$

$$T_0 = 155.48^\circ F$$

$$F_0 = 8.0 \text{ min}$$

Parámetros de Penetración de Calor

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$T_0 = 155.48^\circ F$ $f_h = 8.197 \text{ min}$ $T_A = 104.34^\circ F$ $j_h = 1.605$ $f_2 = 27.778 \text{ min}$ $g_{bh} = 5.749^\circ F$	$T_B = 238.64^\circ F$ $f_c = 12.987 \text{ min}$ $T_{BA} = 292.774^\circ F$ $j_c = 1.335$

Parámetros de microorganismo

$$D_{250^\circ F} = 0.21 \text{ min}$$

$$z = 18^\circ F$$

Cálculo de g_{h2} :

Siendo las ecuaciones de las secciones rectas:

$$y = m_1x + b_1 \quad \text{Para la fase 1}$$

$$y = -0.122x + 2.557$$

$$y = m_2x + b_2 \quad \text{Para la fase 2}$$

$$y = -0.036x + 1.290$$

$$x_{bh} = \frac{(b_2 - b_1)}{(m_1 - m_2)}$$

$$x_{bh} = \frac{(1.290 - 2.557)}{(-0.122 - (-0.036))} = 14.733$$

Hallando g_{bh}

$$g_{bh} = (T_1 - T) \text{ Cuando el tiempo es igual a } x_{bh}$$

Entonces

$$\log(T_1 - T)_{x_{bh}} = m_2(x_{bh}) + b_2$$

$$\log(T_1 - T)_{x_{bh}} = -0.036(14.733) + 1.290$$

$$\log g_{bh} = \log(T_1 - T)_{x_{bh}} = 0.760$$

$$g_{bh} = (T_1 - T)_{x_{bh}} = 10^{0.76} = 5.75$$

Hallando f_h/U_{bh} mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z=18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.335$$

$$g_{bh} = 5.75$$

Mediante interpolación doble se obtiene que:

$$f_h = U_{bh} = 4.862$$

Hallando r :

Usando la gráfica de relación r vs. $\log(g_{bh})$ (ANEXO 13), se obtiene que

$$r = 0.79$$

1. Para $T_1 = 230^\circ\text{F} = 110^\circ\text{C}$

Calculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1)/z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 230)/18)} = 12.915$$

Calculando f_{h2}/U_{h2} :

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{f_2}{F_0 F_i + \frac{r(f_2 - f_h)}{f_h/U_{bh}}}$$
$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{27.778}{8.0 * 12.915 + \frac{0.79(27.778 - 8.197)}{4.862}}$$
$$f_{h2}/U_{h2} = 0.261$$

Hallando g_{h2} mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $fh/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.335$$
$$f_{h2}/U_{h2} = 0.261$$

Mediante interpolación doble se obtiene que:

$$g_{h2} = 0.000845$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$
$$I = 230 - 155.48$$
$$I = 74.52$$

Entonces:

$$t_B = f_h \log(j_h I_h) + (f_2 - f_h) \log g_{bh} - f_2 \log g_{h2}$$
$$t_B = 8.197 * \log(1.605 * 74.52) + (27.778 - 8.197) * \log(5.75) - 27.778 * \log(0.000845)$$
$$t_B = 117.27$$

Sabiendo que $CUT = 6 \text{ min}$

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$
$$t_p = 117.27 - 0.42(6)$$
$$t_p = 114.75 \text{ min} \approx 115 \text{ min}$$

2. Para $T_1 = 240^\circ\text{F} = 115.5^\circ\text{C}$

Calculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1)/z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 240)/18)} = 3.594$$

Calculando f_{h2}/U_{h2} :

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{f_2}{F_0 F_i + \frac{r(f_2 - f_h)}{f_h/U_{bh}}}$$

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{27.778}{8.0 * 3.594 + \frac{0.79(27.778 - 8.197)}{4.862}}$$

$$f_{h2}/U_{h2} = 0.870$$

Hallando g_{h2} mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $fh/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.335$$

$$f_{h2}/U_{h2} = 0.870$$

Mediante interpolación doble se obtiene que:

$$g_{h2} = 0.419$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 240 - 155.48$$

$$I = 84.52^\circ\text{F}$$

Entonces:

$$t_B = f_h \log(j_h I_h) + (f_2 - f_h) \log g_{bh} - f_2 \log g_{h2}$$

$$t_B = 8.197 * \log(1.605 * 84.52) + (27.778 - 8.197) * \log(5.75) - 27.778 * \log(0.419)$$

$$t_B = 42.85$$

Sabiendo que $CUT = 6$ min

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 42.85 - 0.42(6)$$

$$t_p = 40.33 \text{ min} \approx 41 \text{ min}$$

3. Para $T_1 = 250^\circ\text{F} = 121.1^\circ\text{C}$

Calculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1)/z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 250)/18)} = 1$$

Calculando f_{h2}/U_{h2} :

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{f_2}{F_0 F_i + \frac{r(f_2 - f_h)}{f_h/U_{bh}}}$$

$$f_{h2}/U_{h2} = \frac{27.778}{8.0 * 1 + \frac{0.79(27.778 - 8.197)}{4.862}}$$

$$f_{h2}/U_{h2} = 0.870$$

Hallando g_{h2} mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $fh/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.335$$

$$f_{h2}/U_{h2} = 2.484$$

Mediante interpolación doble se obtiene que:

$$g_{h2} = 2.884$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 250 - 155.48$$

$$I = 94.52^\circ F$$

Entonces:

$$t_B = f_h \log(j_h I_h) + (f_2 - f_h) \log g_{bh} - f_2 \log g_{h2}$$

$$t_B = 8.197 * \log(1.605 * 94.52) + (27.778 - 8.197) * \log(5.75) - 27.778 * \log(2.884)$$

$$t_B = 19.97$$

Sabiendo que $CUT = 6$ min

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 19.97 - 0.42(6)$$

$$t_p = 17.45 \text{ min} \approx 18 \text{ min}$$

ANEXO 12: Cálculos realizados para determinar los tiempos de procesamiento a 230, 240 y 250°F en Pechuga de pollo en trozos.

Condiciones de Proceso para el cálculo

$$CUT = 6 \text{ min}$$

$$T_1 = 230, 240, 250^\circ C$$

$$T_0 = 125.78^\circ F$$

$$F_0 = 8.0 \text{ min}$$

Parámetros de Penetración de Calor

Parámetros de calentamiento	Parámetros de enfriamiento
$T_0 = 125.78^\circ F$ $f_h = 14.493 \text{ min}$ $T_A = 62.93^\circ F$ $j_h = 1.550$	$T_B = 239.18^\circ F$ $f_c = 21.739 \text{ min}$ $T_{BA} = 333.448^\circ F$ $j_c = 1.581$

Parámetros de microorganismo

$$D_{250^\circ F} = 0.21 \text{ min}$$

$$z = 18^\circ F$$

1. Para T1 = 230°F = 110°C

Cálculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1) / z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 230) / 18)} = 12.915$$

Cálculo de g :

$$f_h / U = \frac{f_h}{F_0 F_i}$$

$$f_h / U = \frac{14.493}{8.0 * 12.915}$$

$$f_h / U = 0.140$$

Hallando g mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z = 18^\circ F$ (ANEXO 14)

para:

$$j_c = 1.581$$

$$f_h / U = 0.140$$

Mediante interpolación se obtiene que:

$$g = 0.0000005737$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 230 - 125.78$$

$$I = 104.22$$

Entonces:

$$t_B = f_h(\log j_h I_h - \log g)$$

$$t_B = 14.493 * (\log(1.550 * 104.22) - \log(0.0000005737))$$

$$t_B = 122.46$$

Sabiendo que $CUT = 7.67$ min

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 122.46 - 0.42(7.67)$$

$$t_p = 119.24 \text{ min} \approx 120 \text{ min}$$

2. Para $T_1 = 240^\circ F = 115.5^\circ C$

Cálculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1)/z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 240)/18)} = 3.594$$

Cálculo de g :

$$f_h / U = \frac{f_h}{F_0 F_i}$$

$$f_h / U = \frac{14.493}{8.0 * 3.594}$$

$$f_h / U = 0.504$$

Hallando g mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14)
para:

$$j_c = 1.581$$

$$f_h / U = 0.504$$

Mediante interpolación se obtiene que:

$$g = 0.068$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 240 - 125.78$$

$$I = 114.22$$

Entonces:

$$t_B = f_h (\log j_h I_h - \log g)$$

$$t_B = 14.493 * (\log(1.550 * 114.22) - \log(0.068))$$

$$t_B = 49.50$$

Sabiendo que $CUT = 7.67$ min

Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 49.50 - 0.42(7.67)$$

$$t_p = 46.28 \text{ min} \approx 47 \text{ min}$$

3. Para $T_1 = 250^\circ\text{F} = 121.1^\circ\text{C}$

Calculo de F_i :

$$F_i = 10^{((T_r - T_1) / z)}$$

$$F_i = 10^{((250 - 250) / 18)} = 1$$

Cálculo de g :

$$f_h / U = \frac{f_h}{F_0 F_i}$$

$$f_h / U = \frac{14.493}{8.0 * 1}$$

$$f_h / U = 1.812$$

Hallando g mediante la Tabla de Stumbo: Relaciones $f_h/U:g$ cuando $z = 18^\circ\text{F}$ (ANEXO 14) para:

$$j_c = 1.581$$

$$f_h / U = 1.812$$

Mediante interpolación se obtiene que:

$$g = 2.112$$

Cálculo de t_B :

Sabiendo que:

$$I = T_1 - T_0$$

$$I = 250 - 125.78$$

$$I = 124.22$$

Entonces:

$$t_B = f_h (\log j_h I_h - \log g)$$

$$t_B = 14.493 * (\log(1.550 * 124.22) - \log(2.112))$$

$$t_B = 28.40$$

Sabiendo que $CUT = 7.67$ min

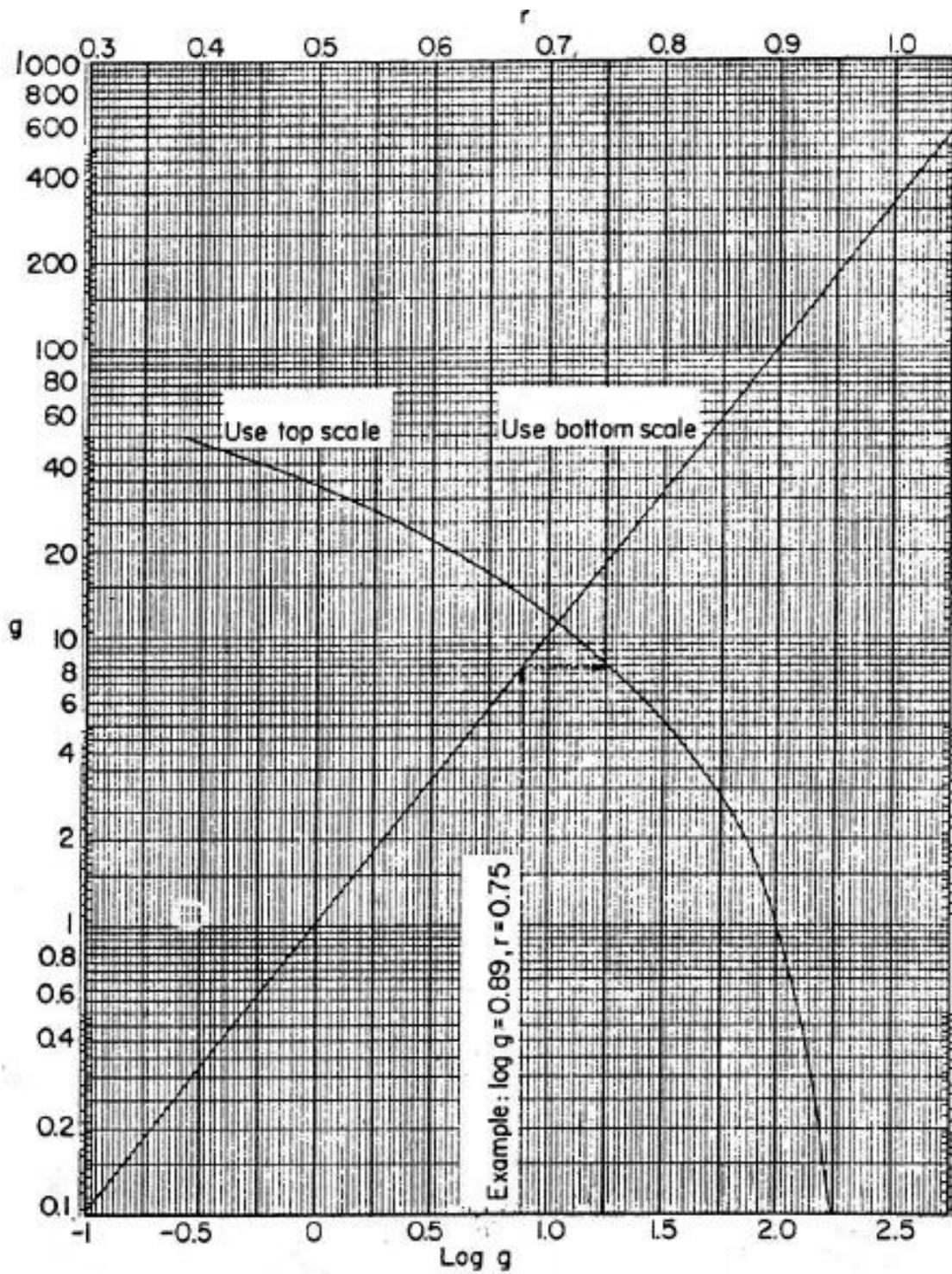
Entonces:

$$t_p = t_B - 0.42(CUT)$$

$$t_p = 28.40 - 0.42(7.67)$$

$$t_p = 25.18 \text{ min} \approx 26 \text{ min}$$

ANEXO 13: Relación entre r , g y $\log(g)$.



FUENTE: Stumbo (1973)

ANEXO 14: Tabla de Stumbo: Relaciones f_h/U :g cuando $z=18^\circ\text{F}$.

f_h/U	Valores de g cuando ρ es:								
	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
0.114	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08
0.13	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07
0.149	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
0.176	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
0.213	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
0.271	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
0.368	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.5	0.035	0.04	0.045	0.05	0.055	0.06	0.065	0.07	0.075
0.6	0.063	0.077	0.091	0.105	0.119	0.133	0.147	0.161	0.175
0.7	0.111	0.135	0.159	0.183	0.207	0.231	0.255	0.279	0.303
0.8	0.159	0.197	0.235	0.273	0.311	0.349	0.387	0.425	0.463
0.9	0.234	0.281	0.328	0.375	0.422	0.469	0.516	0.563	0.61
1	0.288	0.352	0.416	0.48	0.544	0.608	0.672	0.736	0.8
1.5	0.74	0.88	1.02	1.16	1.3	1.44	1.58	1.72	1.86
2	1.2	1.41	1.62	1.83	2.04	2.25	2.46	2.67	2.88
3	2.23	2.53	2.83	3.13	3.43	3.73	4.03	4.33	4.63
4	3.04	3.43	3.82	4.21	4.6	4.99	5.38	5.77	6.16
5	3.74	4.2	4.66	5.12	5.58	6.04	6.5	6.96	7.42
6	4.3	4.82	5.34	5.86	6.38	6.9	7.42	7.94	8.46
7	4.81	5.38	5.95	6.52	7.09	7.66	8.23	8.8	9.37
8	5.3	5.91	6.52	7.13	7.74	8.35	8.96	9.57	10.2
9	5.76	6.4	7.04	7.68	8.32	8.96	9.6	10.2	10.9
10	6.14	6.82	7.5	8.18	8.86	9.54	10.2	10.9	11.6
12.5	7.17	7.9	8.63	9.36	10.1	10.8	11.5	12.2	12.9
15	7.94	8.72	9.5	10.3	11.1	11.9	12.7	13.5	14.3
20	9.5	10.3	11.1	11.9	12.7	13.5	14.3	15.1	15.9
25	10.6	11.4	12.3	13.2	14.1	15	15.9	16.8	17.7
30	11.5	12.4	13.3	14.2	15.1	16	16.9	17.8	18.7
40	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.9	18.9	19.9	20.9
50	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4
60	15.1	16.2	17.3	18.4	19.5	20.6	21.7	22.8	23.9
70	16	17.1	18.2	19.3	20.4	21.5	22.6	23.7	24.8
80	16.6	17.8	19	20.2	21.4	22.6	23.8	25	26.2
100	18.4	19.6	20.8	22	23.2	24.4	25.6	26.8	28
150	20.3	21.6	22.9	24.2	25.5	26.8	28.1	29.4	30.7
200	21.9	23.3	24.7	26.1	27.5	28.9	30.3	31.7	33.1
250	23.4	24.8	26.2	27.6	29	30.4	31.8	33.2	34.6
300	24.6	26	27.4	28.8	30.2	31.6	33	34.4	35.8
350	25.3	26.8	28.3	29.8	31.3	32.8	34.3	35.8	37.3
400	26.3	27.8	29.3	30.8	32.3	33.8	35.3	36.8	38.3
500	27.8	29.3	30.8	32.3	33.8	35.3	36.8	38.3	39.8
750	30.6	32.2	33.8	35.4	37	38.6	40.2	41.8	43.4
1000	32.1	33.8	35.5	37.2	38.9	40.6	42.3	44	45.7

FUENTE: Stumbo (1973)

ANEXO 15: Formato de Fichas para la Evaluación Sensorial.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Edad: _____ Sexo: (M) (F) Fecha: _____

Producto : PECHUGA DE POLLO DESMENUZADA

INDICACIONES

Por favor, tome agua y luego pruebe las muestras en el orden indicado. Tome agua entre cada muestra y espere 1 min antes de probar la siguiente.

Por favor marque con una X en el Cuadro que este junto a la frase que mejor describa su opinión acerca cada muestra evaluada.

ESCALA	MUESTRA		
	715	186	422
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			

COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Edad: _____ Sexo: (M) (F) Fecha: _____

Producto : PECHUGA DE POLLO EN TROZOS

INDICACIONES

Por favor, tome agua y luego pruebe las muestras en el orden indicado. Tome agua entre cada muestra y espere 1 min antes de probar la siguiente.

Por favor marque con una X en el Cuadro que este junto a la frase que mejor describa su opinión acerca cada muestra evaluada.

ESCALA	MUESTRA		
	246	907	338
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			

COMENTARIOS

MUCHAS GRACIAS

ANEXO 16: Resultados de evaluación sensorial en pechuga de pollo desmenuzada.

Panelista	715-HT1	186-HT2	422-HT3	Suma de Jueces
1	7	6	6	19
2	6	6	7	19
3	7	6	7	20
4	5	4	4	13
5	7	6	5	18
6	4	5	6	15
7	5	6	3	14
8	4	6	5	15
9	6	4	3	13
10	6	5	6	17
11	6	4	5	15
12	6	5	5	16
13	6	6	5	17
14	5	6	5	16
15	4	6	5	15
16	5	3	7	15
17	4	5	7	16
18	6	5	5	16
19	5	7	5	17
20	5	5	7	17
21	5	4	4	13
22	6	4	4	14
23	5	6	4	15
24	7	5	6	18
25	5	6	6	17
26	5	6	5	16
27	6	6	5	17
28	5	5	6	16
29	5	6	5	16
30	6	5	6	17
31	6	4	1	11
32	4	3	2	9
33	6	5	6	17
34	5	4	1	10
35	4	3	5	12
36	5	3	4	12
37	6	3	4	13
38	6	6	5	17
39	5	6	7	18
40	5	5	6	16
41	7	5	6	18

42	6	7	5	18
43	5	6	7	18
44	5	5	6	16
45	6	5	7	18
46	3	5	6	14
47	4	5	6	15
48	6	5	6	17
49	5	5	4	14
50	5	6	6	17
51	7	7	6	20
52	6	6	7	19
53	6	5	5	16
54	5	4	6	15
55	6	5	7	18
56	6	7	3	16
57	5	6	5	16
58	4	3	4	11
59	5	6	5	16
60	6	7	5	18
61	6	5	6	17
62	4	5	6	15
63	6	6	3	15
64	6	4	3	13
65	6	4	5	15
66	5	3	6	14
67	5	4	2	11
68	5	5	5	15
69	4	6	5	15
70	3	5	7	15
71	4	4	4	12
72	6	6	6	18
73	4	5	5	14
74	6	5	4	15
75	6	7	6	19
76	6	7	5	18
77	6	3	5	14
78	6	7	5	18
79	5	6	7	18
80	7	4	1	12
81	5	4	5	14
82	4	3	2	9
83	3	4	5	12
84	3	7	5	15
85	5	4	4	13

86	4	5	4	13
87	3	2	5	10
88	4	2	1	7
89	2	4	5	11
90	5	3	5	13
91	4	3	5	12
92	4	3	6	13
93	3	5	6	14
94	7	7	6	20
95	4	3	5	12
96	6	2	4	12
97	6	6	7	19
98	7	6	5	18
99	5	5	6	16
100	7	6	7	20
Suma de Variable	521	496	506	1523

- 715: Número al azar utilizado para codificar la muestra de pechuga de pollo desmenuzada procesada a 230°F (HT1).
- 186: Número al azar utilizado para codificar la muestra de pechuga de pollo desmenuzada procesada a 240°F (HT2).
- 422: Número al azar utilizado para codificar la muestra de pechuga de pollo desmenuzada procesada a 250°F (HT3).

ANEXO 17: Análisis Estadístico de los datos de la evaluación sensorial de pechuga de pollo desmenuzada.

Hp: No existe diferencia significativa, estadísticamente hablando, entre los tratamientos aplicados a la conserva de pechuga de pollo desmenuzada.

Ha: Al menos uno de los tratamientos es diferente estadísticamente hablando.

Obteniendo los grados de libertad:

- Grados de libertad de la variable (tratamiento):

$$GL_v = m - 1$$

Donde m = niveles de la variable bajo estudio. En este caso son 3 temperaturas de tratamiento térmico.

$$GL_v = 3 - 1$$

$$GL_v = 2$$

- Grados de libertad de jueces (panelistas)

$$GL_j = n - 1$$

Donde n = número de jueces.

$$GL_j = 100 - 1$$

$$GL_j = 99$$

- Grados de libertad totales:

$$GL_t = (n)(m) - 1$$

$$GL_t = (100)(3) - 1$$

$$GL_t = 299$$

- Grados de libertad del error:

$$GL_r = GL_t - GL_v - GL_j$$

$$GL_r = 198$$

Obteniendo la suma de cuadrados:

Factor de corrección:

$$FC = \frac{TT^2}{(n)(m)}$$

Donde TT es el total de todas las observaciones, es decir:

$$TT = \sum X_{ij}$$

$$TT = 1523$$

Entonces

$$FC = \frac{1523^2}{(100)(3)}$$

$$FC = 7731.76$$

Suma de cuadrados de la variable:

$$SC_v = \frac{[(T_{c1})^2 + (T_{c2})^2 + \dots + (T_{cm})^2]}{n} - FC$$

$$SC_v = \frac{[521^2 + 496^2 + 506^2]}{100} - 7731.76$$

$$SC_v = 3.17$$

Donde T_{cj} son los totales de cada columna, $j = 1, 2, \dots, m$

Suma de cuadrados de jueces:

$$SC_j = \frac{[(T_{r1})^2 + (T_{r2})^2 + \dots + (T_m)^2]}{m} - FC$$

$$SC_j = \frac{[19^2 + 19^2 + 20^2 + \dots + 20^2]}{3} - 7731.76$$

$$SC_j = 243.24$$

Donde T_{ri} son los totales de cada fila, $i = 1, 2, \dots, n$

Suma de cuadrados totales: Sumatoria del cuadrado de cada observación

$$SC_t = [(X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + \dots + (X_{mm})^2] - FC$$

$$SC_t = 493.24$$

Suma de cuadrados de residual (error):

$$SC_r = SC_t - SC_v - SC_j$$

$$SC_r = 493.24 - 3.17 - 243.24$$

$$SC_r = 246.83$$

Calculando la Varianza:

Varianza de la variable (tratamiento)

$$V_v = SC_v / GL_v$$

$$V_v = 3.17 / 2$$

$$V_v = 1.58$$

Varianza de los jueces (panelistas)

$$V_j = SC_j / GL_j$$

$$V_j = 243.24 / 99$$

$$V_j = 2.46$$

Varianza del residual (error)

$$V_r = SC_r / GL_r$$

$$V_r = 246.83 / 198$$

$$V_r = 1.25$$

Calculando los valores F:

Para la variable

$$F_v = V_v / V_r$$

$$F_v = 1.58 / 1.25$$

$$F_v = 1.26$$

Para la los jueces

$$F_j = V_j / V_r$$

$$F_j = 2.46 / 1.25$$

$$F_j = 1.97$$

Valores $F_{(\alpha, GL_v, GL_j)}$ de tabla para la variable

$$F_t = F_{(0.05, 2, 99)} = 3.04$$

Valores $F_{(\alpha, GL_v, GL_j)}$ de tabla para los jueces

$$F_t = F_{(0.05, 99, 2)} = 1.32$$

Cuadro de Análisis de la Varianza; Pechuga de pollo desmenuzada.

	GL	SC	Var	Fcal	Ftab	Prueba
Tratamientos	2	3.17	1.58	1.26	3.04	n.s.
Panelistas	99	243.24	2.46	1.97	1.32	*
Error	198	246.83	1.25	-	-	-
Total	299	493.24	-	-	-	-

ANEXO 18: Resultados de evaluación sensorial en pechuga de pollo en trozos.

Panelista	246-TT1	907-TT2	338-TT3	Suma de Jueces
1	5	7	3	15
2	7	6	6	19
3	4	4	5	13
4	6	5	7	18
5	7	6	6	19
6	7	5	4	16
7	7	6	7	20
8	4	3	5	12
9	3	6	5	14
10	6	3	6	15
11	5	7	4	16
12	3	7	4	14
13	2	7	3	12
14	6	5	7	18
15	3	5	7	15
16	5	6	4	15
17	5	3	6	14
18	4	5	7	16
19	5	6	6	17
20	2	6	4	12
21	5	6	5	16
22	5	6	4	15
23	5	6	5	16
24	5	6	5	16
25	3	6	6	15
26	3	4	5	12
27	3	6	5	14
28	5	3	5	13
29	6	5	6	17
30	7	5	6	18
31	5	4	6	15
32	5	6	5	16
33	7	4	6	17
34	6	5	6	17
35	7	6	7	20
36	2	5	6	13
37	5	5	3	13
38	6	4	5	15
39	4	3	6	13
40	6	7	5	18
41	7	6	6	19

42	3	5	6	14
43	6	5	4	15
44	5	6	4	15
45	5	6	4	15
46	6	5	7	18
47	5	5	4	14
48	5	5	5	15
49	4	4	6	14
50	6	3	4	13
51	3	6	4	13
52	3	4	5	12
53	4	6	5	15
54	4	6	5	15
55	6	5	4	15
56	7	6	6	19
57	4	5	6	15
58	4	6	5	15
59	6	7	3	16
60	5	6	5	16
61	6	7	5	18
62	6	6	5	17
63	5	3	6	14
64	5	6	7	18
65	6	5	6	17
66	4	6	5	15
67	6	6	5	17
68	6	6	3	15
69	4	5	6	15
70	6	5	6	17
71	3	4	6	13
72	3	4	5	12
73	5	3	5	13
74	3	6	5	14
75	4	7	5	16
76	5	6	5	16
77	3	7	6	16
78	5	3	6	14
79	6	4	4	14
80	5	6	7	18
81	3	5	4	12
82	6	4	4	14
83	4	3	5	12
84	6	4	5	15
85	5	6	6	17

86	7	7	7	21
87	5	6	7	18
88	6	5	5	16
89	2	2	5	9
90	5	7	6	18
91	4	6	5	15
92	5	6	4	15
93	6	5	7	18
94	6	4	3	13
95	6	7	6	19
96	6	7	5	18
97	5	6	6	17
98	5	5	6	16
99	6	7	6	19
100	3	2	6	11
Suma de Variable	491	526	527	1544

- 246: Número al azar utilizado para codificar la muestra de pechuga de pollo en trozos procesada a 230°F (TT1).
- 907: Número al azar utilizado para codificar la muestra de pechuga de pollo en trozos procesada a 240°F (TT2).
- 338: Número al azar utilizado para codificar la muestra de pechuga de pollo en trozos procesada a 250°F (TT3).

ANEXO 19: Análisis Estadístico de los datos de evaluación sensorial de pechuga de pollo en trozos.

Hp: No existe diferencia significativa, estadísticamente hablando, entre los tratamientos aplicados a la conserva de pechuga de pollo en trozos

Ha: Al menos uno de los tratamientos es diferente estadísticamente hablando.

Obteniendo los grados de libertad:

- Grados de libertad de la variable (tratamiento):

$$GL_v = m - 1$$

Donde m = niveles de la variable bajo estudio. En este caso son 3 temperaturas de tratamiento térmico.

$$GL_v = 3 - 1$$

$$GL_v = 2$$

- Grados de libertad de jueces (panelistas)

$$GL_j = n - 1$$

Donde n = número de jueces.

$$GL_j = 100 - 1$$

$$GL_j = 99$$

- Grados de libertad totales:

$$GL_t = (n)(m) - 1$$

$$GL_t = (100)(3) - 1$$

$$GL_t = 299$$

- Grados de libertad del error:

$$GL_r = GL_t - GL_v - GL_j$$

$$GL_r = 198$$

Obteniendo la suma de cuadrados:

Factor de corrección:

$$FC = \frac{TT^2}{(n)(m)}$$

Donde TT es el total de todas las observaciones, es decir:

$$TT = \sum X_{ij}$$

$$TT = 1544$$

Entonces

$$FC = \frac{1544^2}{(100)(3)}$$

$$FC = 7946.45$$

Suma de cuadrados de la variable:

$$SC_v = \frac{[(T_{c1})^2 + (T_{c2})^2 + \dots + (T_{cm})^2]}{n} - FC$$

$$SC_v = \frac{[491^2 + 526^2 + 527^2]}{100} - 7946.45$$

$$SC_v = 8.41$$

Donde T_{cj} son los totales de cada columna, $j = 1, 2, \dots, m$

Suma de cuadrados de jueces:

$$SC_j = \frac{[(T_{r1})^2 + (T_{r2})^2 + \dots + (T_m)^2]}{m} - FC$$

$$SC_j = \frac{[15^2 + 19^2 + 13^2 + \dots + 11^2]}{3} - 7946.45$$

$$SC_j = 166.88$$

Donde T_{ri} son los totales de cada fila, $i = 1, 2, \dots, n$

Suma de cuadrados totales: Sumatoria del cuadrado de cada observación

$$SC_t = [(X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + \dots + (X_{mn})^2] - FC$$

$$SC_t = 455.55$$

Suma de cuadrados de residual (error):

$$SC_r = SC_t - SC_v - SC_j$$

$$SC_r = 455.55 - 8.41 - 166.88$$

$$SC_r = 280.26$$

Calculando la Varianza:

Varianza de la variable (tratamiento)

$$V_v = SC_v / GL_v$$

$$V_v = 8.41 / 2$$

$$V_v = 4.20$$

Varianza de los jueces (panelistas)

$$V_j = SC_j / GL_j$$

$$V_j = 166.88 / 99$$

$$V_j = 1.69$$

Varianza del residual (error)

$$V_r = SC_r / GL_r$$

$$V_r = 280.26 / 198$$

$$V_r = 1.42$$

Calculando los valores F:

Para la variable

$$F_v = V_v / V_r$$

$$F_v = 4.20 / 1.42$$

$$F_v = 2.97$$

Para la los jueces

$$F_j = V_j / V_r$$

$$F_j = 1.69 / 1.42$$

$$F_j = 1.19$$

Valores $F_{(\alpha, GL_v, GL_j)}$ de tabla para la variable

$$F_t = F_{(0.05, 2, 99)} = 3.04$$

Valores $F_{(\alpha, GL_v, GL_j)}$ de tabla para los jueces

$$F_t = F_{(0.05, 99, 2)} = 1.32$$

Cuadro de Análisis de la Varianza; Pechuga de pollo en trozos.

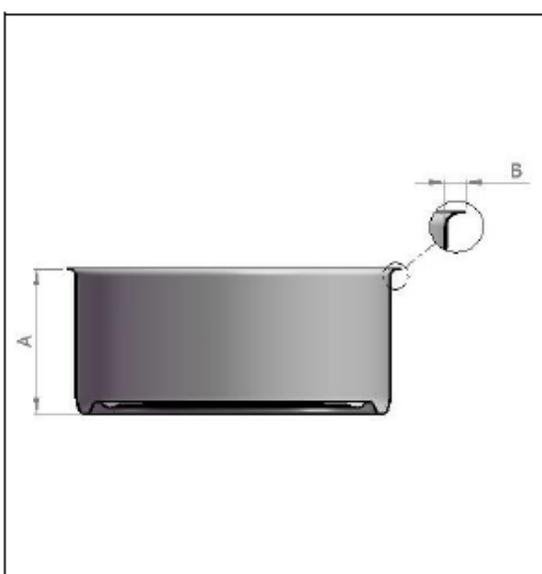
	GL	SC	Var	Fcal	Ftab	Prueba
Tratamientos	2	8.41	4.20	2.97	3.04	n.s.
Jueces	99	166.88	1.69	1.19	1.32	n.s.
Error	198	280.26	1.42	-	-	-
Total	299	455.55	-	-	-	-

ANEXO 20: Detalle técnico del envase y la tapa.

 EPINSA GRUPO COMECA - PERU <i>La mejor en envases para su conserva</i>	Nombre: Especificación Técnica para Clientes		Código: ETO.CAD.302
	Fecha aprobación: 24-05-10	Fecha que rige: 24-05-10	Revisión: 01

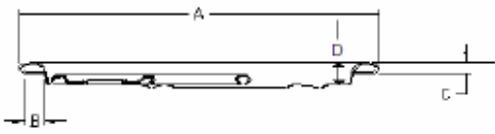
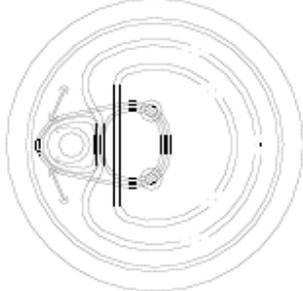
DESCRIPCION:	CUERPO TUNA (307x109) - INCOLORO EXTERIOR / ALUMINIO INTERIOR		
CODIGO:	E307109A-00	Revisado: J. Sánchez	Aprobado: E. Arróspide

ESPECIFICACIONES DEL ENVASE		
MATERIAL		
ACERO	TIPO MR	
ESPESOR	0.16 ± 0.01 mm	
TEMPLE	DR-8 BA	
RECUBRIMIENTO	TIN FREE STEEL (ECCS) 30 mg/m ² Cromo min. por cara	
BARNIZ		
INTERIOR	BARNIZ ALUMINIO + ORGANOSOL	7.5 ± 0.5 (mg/pulg ²)
EXTERIOR	BARNIZ EPOXIUREA INCOLORO	5.5 ± 0.5 (mg/pulg ²)
DIMENSIONES		
ALTURA FINAL	A	40.00 ± 0.20 mm
LONGITUD DE PESTAÑA	B	2.70 ± 0.20 mm
PRUEBAS Y/O ENSAYOS		
ESTERILIZADO	ACEPTABLE	
RESISTENCIA MÁXIMA	15 psi	
POROSIDAD MÁXIMA	28.0 mA	
PESO DEL ENVASE	21.5 ± 2 g	



RECOMENDACIONES
<p>EL ENVASE EN SUS PARTES LISAS COMO BARNIZADAS NO PRESENTARA PROBLEMAS DE OXIDACION SIEMPRE Y CUANDO LAS CONDICIONES DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y PROCESAMIENTO SEAN ADECUADAS. ESTO QUIERE DECIR, QUE LOS ENVASES NO SE DEBEN MOJAR DURANTE EL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO. LOS ALMACENES, DEBEN SER VENTILADOS, EL CONTACTO DEL ENVASE CON EL AGUA DEBERA SER EL MENOR TIEMPO POSIBLE Y DEBERA FINALIZAR EL PROCESO LIMPIO Y SECO.</p>

... continuación

		Nombre		Código													
		Especificación de Producto Terminado para el Cliente		ECTE-0018													
Fecha de aprobación: 09 de Diciembre de 2009		Fecha que rige: 05 de Enero de 2010		Página: 1 de 2													
				Versión: 0													
DESCRIPCIÓN (DESCRIPTION)		ABREFÁCIL 307 TOTAL APERTURA – ALUMINIZADO INT, TRANSPARENTE EXT (EASY OPEN END 307 – ALUMINIZED INT, TRANSPARENT EXT)		Fecha: 17 de Mayo de 2010													
CODIGO (CODE)		T307AF- 00/01		Revisado: Karolina Meza M.													
USO (USE)		ENVASAR ALIMENTOS AZUFRADOS EN AGUA O ACEITE PASTA DE TOMATE Y/O CHILE (CANNING SULFUR FOODS IN WATER OR OIL, TOMATE SAUCE AND/ OR WITH CHILLI PEPPER)		Aprobado: Vannia Abarca S.													
ESPECIFICACIONES DE ABREFÁCIL (EASY OPEN END SPECIFICATIONS)			DIMENSIONES DE ABREFÁCIL (EASY OPEN END DIMENSIONS)														
MATERIAL (MATERIAL)			 														
ACERO (STEEL)	TIPO MR (MR TYPE)																
ESPESOR (THICKNESS)	0.22 +/- 0.01 mm																
TEMPLE (TEMPER)	5 CA																
RECUBRIMIENTO (COATING)	TIN FREE STEEL (ELECTROLYTIC CHROMIUM COATED STEEL) 32-140 mg/m ² DE CROMO POR CARA.																
BARNIZ INTERIOR (INTERIOR VARNISH)																	
TIPO DE RESINA (RESIN TYPE)	UNA PASADA DE BARNIZ EPOXIFENÓLICO COMO BASE Y UNA PASADA DE BARNIZ ALUMINIZADO QUE CUMPLEN CON LA F.D.A. (ONE COAT OF EPOXYPHENOLIC AS BASE COAT AND ONE COAT OF ALUMINIZED VARNISH THAT COMPLIES WITH F.D.A.)																
BARNIZ EXTERIOR (EXTERIOR VARNISH)																	
TIPO DE RESINA (RESIN TYPE)	BARNIZ EPOXI MODIFICADO QUE CUMPLE CON LA F.D.A. (MODIFIED EPOXY VARNISH THAT COMPLIES WITH F.D.A.)																
COMPUESTO SELLADOR (END SEALING COMPOUND)																	
TIPO (TYPE)	COMPUESTO SELLADOR LATEX BASE AGUA QUE CUMPLE CON LA F.D.A. (WATER BASED LATEX SEALING COMPOUND THAT COMPLIES WITH F.D.A.)																
RESISTENCIA MECÁNICA			<table border="1"> <tr> <td>DIÁMETRO DE REBORDEADO (OUTSIDE CURL DIAMETER)</td> <td>A</td> <td>93.00 +/- 0.10 mm (3.661 +/- 0.004 in)</td> </tr> <tr> <td>ABERTURA DE CANAL (CURL OPENING)</td> <td>B</td> <td>3.33 mm min (0.131 in min)</td> </tr> <tr> <td>ALTURA DE PESTANA (CURL HEIGHT)</td> <td>C</td> <td>1.90 +/- 0.20 mm (0.075 +/- 0.008 in)</td> </tr> <tr> <td>PROFUNDIDAD DE ABREFÁCIL (EASY OPEN END COUNTERSINK)</td> <td>D</td> <td>4.00 +/- 0.10 mm (0.157 +/- 0.004 in)</td> </tr> </table>			DIÁMETRO DE REBORDEADO (OUTSIDE CURL DIAMETER)	A	93.00 +/- 0.10 mm (3.661 +/- 0.004 in)	ABERTURA DE CANAL (CURL OPENING)	B	3.33 mm min (0.131 in min)	ALTURA DE PESTANA (CURL HEIGHT)	C	1.90 +/- 0.20 mm (0.075 +/- 0.008 in)	PROFUNDIDAD DE ABREFÁCIL (EASY OPEN END COUNTERSINK)	D	4.00 +/- 0.10 mm (0.157 +/- 0.004 in)
DIÁMETRO DE REBORDEADO (OUTSIDE CURL DIAMETER)	A	93.00 +/- 0.10 mm (3.661 +/- 0.004 in)															
ABERTURA DE CANAL (CURL OPENING)	B	3.33 mm min (0.131 in min)															
ALTURA DE PESTANA (CURL HEIGHT)	C	1.90 +/- 0.20 mm (0.075 +/- 0.008 in)															
PROFUNDIDAD DE ABREFÁCIL (EASY OPEN END COUNTERSINK)	D	4.00 +/- 0.10 mm (0.157 +/- 0.004 in)															
FUERZA DE APERTURA (TEAR)	5.50 +/- 2.15 KLG		<p>EL COMPONENTE TANTO EN SUS PARTES LISAS COMO BARNIZADAS NO PRESENTARÁ PROBLEMAS DE OXIDACIÓN SIEMPRE Y CUANDO LAS CONDICIONES DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y PROCESAMIENTO SEAN ADECUADAS. ESTO QUIERE DECIR QUE LOS COMPONENTES NO SE DEBEN MOJAR DURANTE EL TRANSPORTE O ALMACENAMIENTO. LAS BODEGAS DEBEN SER VENTILADAS. EL TIEMPO DE CONTACTO DEL COMPONENTE CON EL AGUA DEBERÁ SER EL MENOR POSIBLE Y DEBERÁ FINALIZAR EL PROCESO LIMPIO Y SECO.</p>														
FUERZA DE INCISIÓN (POP)	1.65 +/- 0.40 KLG																