

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL COLOR Y EL
CONTENIDO DE CAROTENOIDES TOTALES EN SALSAS DE AJÍES
(*Capsicum spp*) NATIVOS”**

Presentado por:

JAVIER ERNESTO ESPINOZA ORIHUELA

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

Lima – Perú

2017

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis (Art. 24.
Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL COLOR Y EL
CONTENIDO DE CAROTENOIDES TOTALES EN SALSAS DE AJÍES
(*Capsicum spp*) NATIVOS”**

Presentado por:

JAVIER ERNESTO ESPINOZA ORIHUELA

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

Sustentado y presentado ante el siguiente jurado:

Dr. David Carlos Campos Gutiérrez

PRESIDENTE

Dr. Luis Fernando Vargas Delgado

MIEMBRO

Mg.Sc. Carlos César A. Elías Peñafiel

MIEMBRO

Mg.Sc. Indira Betalleluz Pallardel

ASESOR(A)

Mg.Sc. Eduardo Morales Soriano

CO-ASESOR(A)

Lima – Perú

2017

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi abuelo Papapa...

AGRADECIMIENTO

- A mis patrocinadores Mg. Sc. Indira Betalleluz y Mg. Sc. Eduardo Morales por su tiempo, asesoramiento y dedicación otorgada durante la realización de la tesis.
- Al Ing. Roberto Ugás Carro, Jefe del Subproyecto *Capsicum*, por sus orientaciones y aportes durante el desarrollo de la tesis.
- Al Dr. David Campos, Dr. Fernando Vargas y al Mg. Sc. Carlos Elías por sus consejos, orientaciones y aportes en el desarrollo de la tesis.
- A todos los profesores y amigos de la UNALM por sus consejos, aportes y motivación durante el desarrollo de la tesis.
- A todo el personal encargado en los laboratorios de Análisis Físicoquímico de Alimentos y Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias por permitir realizar los análisis imprescindibles para la investigación.
- Al Programa de Hortalizas de la UNALM por el apoyo logístico y al Proyecto VLIR-sub proyecto *Capsicum* por el financiamiento para la realización del presente trabajo de investigación.
- A mis amigos, familiares y personas que me alentaron desde que decidí realizar este trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	CAPSICUM.....	3
2.1.1	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN.....	3
2.1.2	TAXONOMÍA.....	4
2.1.3	MORFOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.....	5
2.1.4	DIVERSIDAD DE AJÍES EN EL PERÚ.....	5
2.1.5	USO DE LOS AJÍES.....	7
2.2	TRATAMIENTO TÉRMICO.....	8
2.2.1	GENERALIDADES.....	8
2.2.2	PASTEURIZACIÓN.....	8
2.2.3	INACTIVACIÓN MICROBIANA.....	9
2.2.4	LETALIDAD “FO” Y UNIDADES DE PASTEURIZACIÓN “UP”.....	12
2.2.5	MÉTODO GENERAL.....	13
2.3	COLOR.....	16
2.3.1	MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DE COLOR.....	17
2.3.2	SISTEMA CIELAB.....	18
2.4	CAROTENOIDES.....	20
2.4.1	CLASIFICACIÓN Y ESTRUCTURA.....	21
2.4.2	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS CAROTENOIDES.....	22
2.4.3	CAROTENOIDES EN AJÍES.....	23
2.4.4	FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LOS CAROTENOIDES.....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	27
3.2	MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	27
3.2.1	MATERIA PRIMA.....	27
3.2.2	INSUMOS.....	28
3.3	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	28
3.3.1	EQUIPOS.....	28
3.3.2	MATERIALES DE LABORATORIO.....	30
3.3.3	REACTIVOS.....	31

3.4	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	32
3.4.1	ANÁLISIS FÍSICOS.....	32
3.4.2	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	33
3.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
3.5.1	CARACTERIZACIÓN DE 20 ACCESIONES DE AJÍES (CAPSICUM SPP) NATIVOS.....	34
3.5.2	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.....	34
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
3.6.1	CARACTERIZACIÓN DE 20 ACCESIONES DE AJÍES (CAPSICUM SPP) NATIVOS.....	41
3.6.2	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.....	41
3.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1	CARACTERIZACIÓN DE 20 ACCESIONES DE AJÍES (CAPSICUM SPP) NATIVOS.....	43
4.1.1	HUMEDAD.....	44
4.1.2	COLOR.....	45
4.1.3	CAROTENOIDES TOTALES.....	47
4.2	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.....	51
4.2.1	DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO EN EL ENVASE.....	51
4.2.2	CÁLCULO DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO.....	54
4.2.3	TRATAMIENTO TÉRMICO.....	58
4.2.4	ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS EN LAS SALSAS DE AJÍES NATIVOS.....	67
V.	CONCLUSIONES.....	76
VI.	RECOMENDACIONES.....	78
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
VIII.	ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1:	Clasificación de los ajíes en el Perú.....	6
Cuadro 2:	Cuadro comparativo entre las Escalas HunterLab y CIELAB.....	20
Cuadro 3:	Accesiones de ajíes nativos (Capsicum spp.) utilizados.....	28
Cuadro 4:	Características de la autoclave utilizada	29
Cuadro 5:	Características técnicas de las termocuplas utilizadas en el tratamiento térmico.....	30
Cuadro 6:	Valores de humedad en 20 accesiones de ajíes nativos.....	44
Cuadro 7:	Valores de las variables de color (L*, a* y b*) en el Sistema CIELab de 20 accesiones de ajíes nativos.....	45
Cuadro 8:	Valores del contenido de carotenoides totales en 20 accesiones de ajíes nativos	48
Cuadro 9:	Valores de letalidad al final de la fase de pasteurización.....	53
Cuadro 10:	Tiempo de procesamiento (tp) determinado en pasteurización a 90 °C para las accesiones seleccionadas.....	54
Cuadro 11:	Tiempo de procesamiento (tp) determinado en pasteurización a 100 °C para las accesiones seleccionadas	56
Cuadro 12:	Letalidades (min) en salsas de accesiones de ají chico, miscucho amarillo y miscucho naranja a 90 °C.....	59
Cuadro 13:	Letalidades (min) en salsas de accesiones de ají chico, miscucho amarillo y miscucho naranja a 100 °C.....	63
Cuadro 14:	Valores de humedad en tres accesiones de ají seleccionadas.....	67
Cuadro 15:	Valores de pH en tres accesiones de ají seleccionadas.....	67
Cuadro 16:	Variación del valor de luminosidad (L*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas	68
Cuadro 17:	Variación del valor de a* de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas	70
Cuadro 18:	Variación del valor de b* de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas	70
Cuadro 19:	Variación del valor de Chroma (C*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas	71

Cuadro 20:	Variación del valor de ángulo de matiz (θ^*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas.....	72
Cuadro 21:	Variación del color total (ΔE^*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas	73
Cuadro 22:	Variación del contenido de carotenoides totales (mg β-caroteno eq. /100 g de pulpa) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Velocidad letal (L) en función del tiempo (t) para la hallar la letalidad (F0).....	15
Figura 2:	Método del rectángulo.....	15
Figura 3:	Método de Patashnik.....	16
Figura 4:	Los espectros visibles de reflectancia de superficies (a) rojas, (b) verdes y (c) azules.....	18
Figura 5:	Espacio de color CIELAB	19
Figura 6:	Estructuras y características de los carotenos comunes en los alimentos	22
Figura 7:	Etapas en el diseño experimental.....	34
Figura 8:	Flujo de operaciones para la obtención de una salsa de ají.....	35
Figura 9:	Disposiciones de los envases de vidrio para la determinación del punto más frío	38
Figura 10:	Posición de la termocupla a $\frac{1}{4}$ desde la tapa.....	38
Figura 11:	Posición de la termocupla a $\frac{1}{2}$ desde la tapa	39
Figura 12:	Posición de la termocupla a $\frac{3}{4}$ desde la tapa.....	39
Figura 13:	Veinte accesiones de ajíes nativos caracterizadas.....	43
Figura 14:	Curvas de historia temperatura vs tiempo en tres puntos del envase que contiene una salsa de ají nativo	51
Figura 15:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante el tratamiento térmico para determinar el punto más frío	52
Figura 16:	Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 90 °C en la accesión chico	55
Figura 17:	Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 90 °C en la accesión miscucho amarillo.	55
Figura 18:	Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 90 °C en la accesión miscucho naranja	56
Figura 19:	Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 100 °C en la accesión chico	57

Figura 20:	Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 100 °C en la accesión miscucho amarillo	57
Figura 21:	Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 100 °C en la accesión miscucho naranja	58
Figura 22:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 90 °C del miscucho amarillo	60
Figura 23:	Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión miscucho amarillo elaborada a 90 °C	60
Figura 24:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 90 °C del miscucho naranja	61
Figura 25:	Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión miscucho naranja elaborada a 90 °C	61
Figura 26:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 90 °C de la accesión chico.....	62
Figura 27:	Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión chico elaborada a 90 °C	62
Figura 28:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 100 °C de la accesión miscucho naranja	63
Figura 29:	Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión miscucho naranja elaborada a 100 °C.....	64
Figura 30:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 100 °C de la accesión miscucho amarillo.....	64
Figura 31:	Curva de penetración de calor en la salsa de ají miscucho amarillo elaborada a 100 °C.....	65
Figura 32:	Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 100 °C de la accesión chico.....	66
Figura 33:	Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión chico elaborada a 100 °C.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	ESPACIO DE COLOR CIELAB.....	88
ANEXO 2:	REGISTRO DE TEMPERATURAS DETERMINADAS EN DIFERENTES PUNTOS DEL ENVASE	89
ANEXO 3:	VALORES DE LETALIDAD OBTENIDOS EN DIFERENTES PUNTOS DEL ENVASE.....	92
ANEXO 4:	VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN LA SALSA DE AJÍ CHICO.....	95
ANEXO 5:	VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO AMARILLO.....	98
ANEXO 6:	VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO NARANJA.....	102
ANEXO 7:	VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN LA SALSA DE AJÍ CHICO.....	106
ANEXO 8:	VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO AMARILLO.....	109
ANEXO 9:	VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO NARANJA.....	112
ANEXO 10:	VALORES DE LETALIDAD OBTENIDOS DURANTE LA PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN TRES SALSAS DE AJÍES NATIVOS.....	115
ANEXO 11:	VALORES DE LETALIDAD OBTENIDOS DURANTE LA PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN TRES SALSAS DE AJÍES NATIVOS.....	118

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivos principales caracterizar 20 accesiones de ajíes nativos, en cuanto al color y al contenido de carotenoides totales, y evaluar el efecto del tratamiento térmico (pasteurización) en las características fisicoquímicas mencionadas para tres salsas de ajíes. La determinación de color (L^* , a^* y b^*) se realizó a través de un colorímetro, mientras que la determinación de carotenoides totales (mg β -caroteno/100 g de pulpa) se realizó espectrofotométricamente. La accesión Panca (marrón) presentó los valores más bajos de las variables de color, mientras que las accesiones amarillas presentaron los valores más altos de luminosidad (L^*). El rango de carotenoides totales determinados fue de 2,68 a 230,72 mg β -caroteno/100 g de pulpa, dentro del cual el valor más alto correspondió a la accesión Panca y el valor más bajo a las accesiones amarillas. Para elaborar las salsas de ají, las accesiones seleccionadas fueron Chico (rojo), Miscucho Amarillo (amarillo) y Miscucho Naranja (anaranjado). Se aplicaron tres tratamientos térmicos: T_0 (sin pasteurizar), T_1 (90°C) y T_2 (100°C). Se encontró diferencias significativas entre el control y las salsas pasteurizadas; sin embargo el color y el contenido de carotenoides fueron significativamente iguales entre los tratamientos a 90 °C y 100 °C. Asimismo, el escaldado como pretratamiento, causó mayor efecto en las variables estudiadas. El mayor efecto del tratamiento térmico a 90 °C y 100 °C sobre los carotenoides totales, ocurrió en la salsa de ají Chico, con una disminución del 28,25 por ciento y 30,03 por ciento, respectivamente. El contenido de carotenoides no se afectó durante la elaboración del Miscucho Amarillo, debido a su bajo contenido. El mayor valor de luminosidad L^* (Miscucho Amarillo) disminuyó en 14 por ciento, el mayor valor de tendencia al rojo a^* (Chico) disminuyó en 14,64 por ciento y el mayor valor de tendencia al amarillo b^* (Miscucho Amarillo) disminuyó en 24,20 por ciento.

Palabras claves: *Capsicum*, carotenoides totales, color, tratamiento térmico.

ABSTRACT

The present study had as its main objectives, to characterize 20 accessions of native chilies, in color and total carotenoids content as well as to assess the effect of heat treatment (pasteurization) in physicochemical characteristics in three pepper sauces. Assessment of color (L^* , a^* and b^*) was performed using a colorimeter, whereas the assessment of total carotenoids (mg β -carotene / 100g of pulp) was performed by spectrophotometry. The Panca accession (brown) showed the lowest values in color, while yellow accessions showed the highest values of Lightness (L^*). The range of total carotenoids determined was within 2,68 to 230,72 mg β -carotene / 100 g of pulp, in which the highest value corresponded to the Panca accession and the lowest value to the yellow accessions. Selected accessions were Chico (red), Miscucho Amarillo (yellow) and Miscucho Naranja (orange color). Three treatments were applied in the thermal process: T_0 (unpasteurized), T_1 (90 °C) and T_2 (100 °C). There were significant differences between unpasteurized and pasteurized sauces, however color and total carotenoids content were significantly the same at 90 °C and 100 °C. Moreover, blanching as pre-treatment caused a greater effect on the variables studied. The greatest effect of heat treatment on total carotenoids, was in Chico chili sauce, with a decrease of 28,25 percent and 30,03 percent, respectively. Carotenoids content was unaffected throughout the process in the case of the Miscucho Amarillo, due to its low content. The greatest value of brightness L^* (Miscucho Amarillo) decreased by 14 percent, the highest value of reddish a^* (Chico) decreased by 14,64 percent and the highest value of yellowish b^* (Miscucho Amarillo) decreased 24,20 percent.

Key words: *Capsicum*, total carotenoids, color, heat treatment.

I. INTRODUCCIÓN

El ají es un fruto proveniente de las zonas altoandinas del Perú y Bolivia. Actualmente, en el Perú, el cultivo del ají es utilizado para su consumo directo e industrialización, sin embargo, es un cultivo poco investigado y estudiado, el cual no ha recibido la envergadura de su trascendencia y aporte. Muchas especies y variedades de *Capsicum* tienen actualmente interés comercial en la industria alimenticia, médica y química, no solo por su diversidad de colores, formas y tamaños, sino también por su aroma, sabor y por la presencia de aceites esenciales y variados principios activos (Krishna De 2003, TIPS&AUSAID 2004).

El éxito de la gastronomía peruana se basa, principalmente, en el sabor y color de sus diferentes platos. El ají es uno de los principales ingredientes que aporta diferentes tonalidades de colores que provienen de los carotenoides, los cuales son pigmentos naturales responsables del color amarillo, anaranjado y rojo en los alimentos (Rodríguez-Amaya 1999).

No existe una caracterización científica de los ajíes nativos, a pesar de su amplio consumo, lo que demuestra que no valoramos ni aprovechamos nuestros recursos. Además, tampoco se han evaluado los factores que un proceso tecnológico podría afectar a sus componentes o características principales, ya que la importancia de la industrialización radica en aumentar el tiempo de vida útil del producto y, por ende, su valor comercial.

En el caso de la salsa de ajíes nativos, el producto se ve afectado, principalmente por el tratamiento térmico, lo que puede afectar a distintos componentes, entre ellos a los carotenoides. A través de esta investigación se busca revalorizar el trabajo de los agricultores dando a conocer el gran potencial de los ajíes nativos, asimismo que la industria pueda estandarizar el proceso y, por ende, optimizar el producto y así de esta manera cubrir la demanda creciente ofreciendo a los consumidores un producto de mejor calidad. Además,

las tendencias actuales han llevado a que los consumidores muestren preferencias por los productos orgánicos y naturales, donde los ajíes nativos peruanos presentan un gran potencial para satisfacer este tipo de preferencias.

Los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

- Determinar los parámetros de color y el contenido de carotenoides totales en 20 accesiones de ajíes nativos y, a partir de ellos, seleccionar tres accesiones.
- Evaluar el efecto del tratamiento térmico sobre el color y el contenido de carotenoides totales en salsas de ajíes nativos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CAPSICUM

Los *Capsicum* son plantas anuales de zonas templadas y perennes en las regiones tropicales. Tienen tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro. El sistema radicular llega a profundidades de 0,7 a 1,20 m, y lateralmente hasta 1,20 m, pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm. La altura promedio de la planta es de 60 cm, pero éste varía según el cultivar del cual se trate. Las hojas son planas, simples y de forma ovoide alargada. Las flores son perfectas, se forman en las axilas de las ramas, son de color blanco y a veces púrpura. El fruto se define como una baya. Las especies cultivadas se consideran autógamas. Sin embargo, existen altos porcentajes de polinización cruzada (Nuez *et al.* 1996).

La descripción de los ajíes se viene realizando mediante la aplicación de descriptores estandarizados propuestos por el IPGRI (1995). Tradicionalmente algunos caracteres importantes han sido los de la pungencia, color, forma, sabor, tamaño y por el uso para el que puedan ir destinados.

2.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Los ajíes y los pimentones, todos clasificados en el género *Capsicum*, se originaron, de acuerdo con De Witt y Bosland (1996), en un área comprendida entre las montañas del sur de Brasil como límite al este, Bolivia al oeste, y Paraguay y el norte de Argentina al sur, zona en la cual se encuentra la mayor concentración de especies silvestres del mundo y donde se cultivan todas las taxas domesticadas del conjunto genético. Los científicos creen que las aves fueron los primeros responsables de la dispersión de las formas silvestres y domesticadas del género. Las primeras especies del género *Capsicum* se domesticaron en Sudamérica, presentándose actualmente como un género cosmopolita (Bosland *et al.* 1996).

Las especies silvestres del género *Capsicum* se distribuyen a través de la cadena montañosa de los Andes suramericanos y en las costas montañosas y proximidades bajas de las regiones del sur, sudeste y nordeste brasileño. La distribución es continua desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay y Norte de Argentina (Heiser y Smith, citado por Palacios 2007).

2.1.2 TAXONOMÍA

La taxonomía dentro del género *Capsicum* es compleja, debido a la gran variabilidad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación (Nuez *et al.* 1996).

Actualmente se acepta la siguiente clasificación del género *Capsicum* y se reconocen de 20 a 30 especies nativas del género provenientes de las áreas tropicales y subtropicales del Nuevo Mundo (Loayza *et al.* 2001):

Reino: *Plantae*
División: *Angiospermae*
Clase: *Dicotyledone*
Subclase: *Metachlamydae*
Orden: *Tubiflorae*
Familia: *Solanaceae*
Tribu: *Solaneae*
Subtribu: *Solaninae*
Género: *Capsicum*
Sección: *Tubocapsicum, Pseudoacnistus, y Capsicum*

El género *Capsicum* incluye cinco especies domesticadas y más de 20 especies silvestres. Los *Capsicum* han sido domesticado en diferentes partes de Sud y Centro América, siendo estas especies: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum* var. *Pendulum* (Eshbauh *et al.*, citado por Loayza *et al.* 2001).

Estas especies se caracterizan por su fácil adaptabilidad a casi todos los climas, su cultivo va desde el nivel del mar, hasta los 2500 metros de altitud, abarcando casi todas las regiones, razón por la cual se encuentra en casi todo el mundo (Pickersgill 1971 y Pozo *et al.* 1991).

2.1.3 MORFOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Dentro del género *Capsicum* se incluyen plantas herbáceas o arbustivas anuales, de tronco leñoso y ramificación dicotómica, con aspecto lampiño y crecimiento limitado. El sistema radical es ramificado y forma un conjunto de raíces laterales. Las hojas son lisas brillantes, de forma lanceolada, posición alterna, forma de la base asimétrica y forma del ápice puntiagudo, con el borde entero o muy ligeramente situado en la base. Las flores del género *Capsicum* nacen en cada nudo y presentan un cáliz de cinco lóbulos; la corola tiene forma de copa con cinco o siete lóbulos; los cinco estambres son rectos, con filamentos cortos, el color del polen es amarillo y la posición de las anteras son basifijas; el ovario tiene posición supero, es esférico o cónico, termina en un estigma simple que sobresale de los estambres que lo rodean, la posición del pistilo situado entre las anteras hace posible que la mayoría de los casos haya autopolinización. El fruto es una baya hueca, con la superficie lisa y brillante de color y forma variable y característicos de cultivar (Ortiz 1983, Nicho y Malázquez 1995, Nuez *et al.* 1996).

2.1.4 DIVERSIDAD DE AJÍES EN EL PERÚ

El Perú cuenta con las cinco especies cultivadas de ají en su territorio (Cuadro 1) y a diferencia de la mayoría de países, el principal ají cultivado es un representante de la especie *Capsicum baccatum*, el ají “escabeche”. Éste se encuentra distribuido en toda la costa peruana, aunque la zona de mayor producción se encuentra en la costa central. Otro ají de gran importancia para el Perú es el ají “panca”, con zonas de producción similares al “escabeche” y consumido casi en su totalidad deshidratado (Valderrama y Ugás 2009).

La especie *Capsicum chinense*, por su parte, se encuentra a partir del norte chico (“arnauchos”), pasando por La Libertad (“mocheros”) y en la costa norte (“limos”, “paringos”, etc.) (Ugás *et al.* 2012). Se producen de pequeña a mediana escala y son la mayor fuente de diversidad en los ajíes peruanos. También en el norte, en Lambayeque se encuentra el ají “cerezo” (*C. annuum*), que puede ser de forma esférica o cónica (Ugás *et al.* 2002) y es sembrado en pequeñas extensiones o en huertas familiares, generalmente asociado con otros ajíes como el “verde” (*C. baccatum*).

En zonas más altas en la sierra y selva central se encuentran los “rocotos” (*C. pubescens*), teniendo estos últimos de regiones más calidad un mayor tamaño (Valderrama y Ugás 2009). Los rocotos son el tercer *Capsicum* en importancia en el Perú.

La región amazónica también tiene una gran variedad de ajíes, sembrados en las viviendas de pobladores, pequeñas huertas, sin una producción intensiva hasta el momento, entre ellos se encuentra los “charapitas”, “ayauyos” y “challuaruros”, entre otros *C. chinense* o los “malaguetas” (*C. frutescens*) (Ugás *et al.* 2012).

Cuadro 1: Clasificación de los ajíes en el Perú

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	REGIONES	DIVERSIDAD
Ajíes de la costa norte			
1. Cerezos	<i>C. annuum</i>	Lambayeque	baja
2. Cacho de cabra	<i>C. baccatum</i>	Lambayeque	baja
3. Verde	<i>C. baccatum</i>	Tumbes y Piura	baja
4. Limos	<i>C. chinense</i>	Costa Norte	muy alta
5. Miscucho	<i>C. chinense</i>	Costa Norte	media
6. Mochero	<i>C. chinense</i>	La Libertad	baja
7. Arnaucho	<i>C. chinense</i>	Norte chico	media
Ajíes costeños de producción intensiva			
8. Escabeche, amarillo (fresco)	<i>C. baccatum</i>	Costa	media
Mirasol (seco)			
9. Panca	<i>C. chinense</i>	Costa	baja
Ajíes amazónicos			
10. Ayuyo	<i>C. baccatum</i>	Amazonía	media
11. Challuaruro	<i>C. baccatum</i>	Amazonía	media
12. Charapitas	<i>C. chinense</i>	Amazonía	alta
13. Dulce	<i>C. chinense</i>	Amazonía	alta
14. Pucunucho	<i>C. chinense</i>	Amazonía	media
15. Malagueta	<i>C. frutescens</i>	Amazonía	baja
Ajíes andinos			
16. Rocoto	<i>C. pubescens</i>	Andes bajos y de altitud media	media
17. Rocoto de huerta	<i>C. pubescens</i>	Quebradas y huertas abrigadas, principalmente en sierra sur	media
18. Rocoto de la selva	<i>C. pubescens</i>	Selva central de altura	baja

FUENTE: Tomado de Navarro 2014

2.1.5 USO DE LOS AJÍES

El uso culinario de los ajíes es el más importante a nivel mundial como condimento, especia, colorante u hortaliza. Los tipos de picantes se usan en fresco (sean verdes o maduros), en encurtidos, secos (enteros o convertidos en polvo) o como salsa industrializada (Nuez *et al.* 1996). En la comida peruana, se usa el ají secado al sol o en polvo, soasado ligeramente en fuego para secarlo y darle sabor ahumado, sofrito o encurtido. El ají y otros insumos de las buenas salsas tradiciones de picantería siempre se han molido en batán de piedra pulida, plana o cóncava, usando otra piedra móvil curva (Valderrama y Ugás 2009).

El ají es demandado, por la industria, para la elaboración de encurtidos, ya sean completos o en cajas, congelados, deshidratados, encurtidos picantes y de muy buen gusto, enlatados, pastas y salsas. Además, un uso muy importante es como materia prima para la obtención de colorantes, de oleorresinas e insecticida biológico (Martínez 2005).

El uso de *spray* con líquidos comprimidos con base en ají y pimienta, en pequeños envases portátiles como llaveros y bolígrafo, se está difundiendo cada vez más como un artefacto necesario para defensa personal, evitando de esta manera causar daño al atacante al aturdir sus sentidos de olfato y visión (Martínez 2005).

Actualmente, la capsaicina presente en los ajíes se ha convertido en una herramienta indispensable para la investigación farmacológica del dolor. Por esto, se quiere modificar la molécula para que no sea pungente, pero que siga produciendo analgesia. También es un buen expectorante y sus carotenoides no son sólo cosméticos culinarios sino constituyen micronutrientes al hacer a los alimentos una excelente fuente de vitamina A (Cabieses 2000).

En la medicina, se utiliza en la composición de algunos medicamentos para combatir la atonía gastrointestinal y en algunos casos de diarrea. El ají podría usarse en la medicina occidental para un tratamiento efectivo en pacientes con artritis. Investigadores en Estados Unidos confirmaron el vínculo entre el dolor (picor) asociado con el consumo de ají y el dolor asociado con artritis. El consumo de ají, al igual que la artritis, activa una familia de neuronas que transmiten la sensación de dolor. Los científicos señalaron que esta relación ayuda a entender la enfermedad y que una mayor comprensión de la artritis podría llevar a

nuevos tipos de tratamientos en el futuro. La capsaicina es la molécula del ají que produce su picor y actúa específicamente en las neuronas que transmiten la sensación de dolor. Pero si esas neuronas son estimuladas de manera continua se producen insensibilidad, es decir, a su efecto doloroso le sigue una respuesta analgésica (Martínez 2005).

2.2 TRATAMIENTO TÉRMICO

2.2.1 GENERALIDADES

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).

Las esporas bacterianas son muy resistentes a las temperaturas extremas; algunas 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 muere 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 PASTEURIZACIÓN

Según Fellows (1994), la pasteurización es un tratamiento térmico relativamente suave que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos hasta durante varios meses (productos de frutas envasados). Este método conserva los alimentos por inactivación de bacterias no

esporuladas, levaduras y mohos, provocando cambios en el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento. La intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de su vida útil, se hallan determinados principalmente por el pH del alimento. El objetivo principal en los alimentos de pH inferior a 4,5, suele ser la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas. El efecto conservador de los tratamientos térmicos se debe a la desnaturalización de las proteínas, que destruye la actividad enzimática y metabólica de los microorganismos. Adicionalmente, indica que los alimentos envasados en recipientes de vidrio se suelen pasteurizar con agua caliente para evitar el riesgo del *shock* térmico, y deben enfriarse hasta 40 °C.

La pasteurización destruye los microorganismos patógenos no esporulados como la mayoría de saprófitos. Es necesario conocer las cinéticas de penetración de calor en el producto, de destrucción de los microorganismos presentes y de las reacciones secundarias (destrucción de enzimas, vitaminas pardeamiento, etc). Se conoce que existe una relación lineal entre el logaritmo del número de células vegetativas o de esporas supervivientes y la duración del tratamiento térmico (Mafart 1994).

2.2.3 INACTIVACIÓN MICROBIANA

Stumbo (1973) establece que la muerte o inactivación bacteriana se refiere a la pérdida de la habilidad de las bacterias para reproducirse. El número de células viables se reduce exponencialmente con el tiempo de exposición a una temperatura letal, consecuentemente, si el logaritmo del número de sobrevivientes se grafica contra el tiempo de exposición, se obtiene una línea recta, por lo tanto se trata de una inactivación de orden logarítmico, lo cual permite determinar la velocidad de muerte o inactivación.

a. Valor Z

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, citados por Miranda- Zamora 2010). Sus valores son menos fluctuantes que los del tiempo de reducción decimal (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, citado por Miranda-Zamora 2010).

b. Tiempo de reducción decimal o valor D

Cuando las bacterias o las esporas bacterianas se exponen al calor, mueren a una velocidad exponencial que es posible determinar a partir de una gráfica semilogarítmica (ver Ecuación 1). El tiempo que se requiere para cruzar un ciclo log se conoce como valor D y su recíproco es la pendiente. Cuanto más pequeño es el valor D, indica una mayor velocidad de destrucción, llevando un subíndice para indicar la temperatura a la que se midió (Sharma *et al.* 2003).

$$\text{Log}(N) = \text{Log}(N_0) - \frac{t}{D} \quad (1)$$

El valor D varía ampliamente con la naturaleza fisicoquímica del medio en el que se desarrollan los microorganismos. Si el alimento tiene un pH menor a 4,5 se clasifica como ácido, en donde los microorganismos son menos termorresistentes. La termorresistencia de las bacterias y levaduras es tanto más elevada cuanto menor es la actividad del agua del medio, por ejemplo, la presencia de azúcares tiene un efecto protector. Los objetivos secundarios como la destrucción de enzimas alterantes, la conservación del valor nutritivo y la conservación de la calidad organoléptica, generalmente obedecen a una cinética de primer orden, al igual que la destrucción térmica de microorganismos (Mafart 1994).

Puesto que los valores de z generalmente asociados a la destrucción de microorganismos, son menores a los asociados a las reacciones secundarias, si se desea un valor de destrucción débil (protección de vitaminas, ausencia de pardeamiento, etc.) se debe trabajar a alta temperatura con cortos tiempos (Mafart 1994).

La resistencia térmica de los microorganismos es expresada en términos del valor D, a una temperatura de referencia y el valor z. Asimismo, el tipo de sustrato que rodea a los microorganismos durante el proceso de calentamiento afecta su resistencia (Toledo 1999). Según Fellows (1994), la resistencia térmica estaría dada por el tipo de microorganismo, las condiciones de incubación durante su crecimiento (temperatura, edad y medio), así como las condiciones durante el tratamiento térmico, como el pH, la actividad de agua, la composición y estado físico del alimento, la sacarosa a concentraciones elevadas y la presencia de coloides. El tamaño del envase y los parámetros empleados para el tratamiento también influyen en la termorresistencia. Sin embargo, algunas enzimas son muy termorresistentes, lo cual debe ser tomado en cuenta sobre todo en alimentos ácidos, ya que, por su bajo pH, se les realiza tratamientos cortos a bajas temperaturas.

c. 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, 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 (Ecuación 2):

$$n = (\text{Log } N_0 - \text{Log } N) = \text{Log} \left(\frac{N_0}{N} \right) \quad (2)$$

Dónde:

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

d. Curva de resistencia térmica y valor Z

Sharma *et al.* (2003) indican que D está en función de la temperatura. Cuando ésta aumenta, la velocidad de destrucción de esporas aumenta y D disminuye. El cambio en el valor D es una función exponencial de la temperatura. Así, cuando se localizan los valores en una gráfica semilogarítmica, la curva resultante se conoce como una curva de resistencia térmica.

El incremento de temperatura requerido para que D disminuye un ciclo log se conoce como valor z.

2.2.4 LETALIDAD “F₀” Y UNIDADES DE PASTEURIZACIÓN “UP”

Rees y Bettinson (1994) indican que 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 calentamiento más lento de un producto durante su tratamiento térmico. El valor F, es una medida del efecto letal total que tiene un tratamiento térmico sobre los microorganismos. El término F_c indica el valor F en el centro de un envase, F₀ indica el valor F equivalente en minutos a 121,1 °C y F_s la letalidad integrada del calor recibido por todos los puntos en un recipiente (Ecuación 3).

$$F_s = D_{ref} (\log N_0 - \log N) \quad (3)$$

donde: D_{ref} = D a 121.1 °C

La principal diferencia de los valores UP (unidades de pasteurización: T ≤ 100 °C) con los valores F, está en que mientras que los valores F suelen tener una temperatura estándar de referencia de 121,1 °C y z = 10 °C, los valores UP carecen de una temperatura estándar de referencia y de valor z. En su lugar, se utiliza la temperatura de referencia que es apropiada para cada tratamiento en particular y un valor de z apropiado para el microorganismo que se desea controlar. En el caso de productos ácidos (pH < 4,5), es sumamente improbable el riesgo de multiplicación y formación de toxina por *C. botulinum*; así mismo, cuando el pH está entre 4,0 y 4,5, los tratamientos buscan controlar la supervivencia y la multiplicación de microorganismos formadores de esporas tales como el *Bacillus coagulans* y el *C. pasteurianum*. En la Asociación Nacional de Industrias Alimentarias de EEUU, se recomendó un tratamiento equivalente a 10 minutos a 93,3 °C ($F_{Tr=93.3\text{ }^{\circ}\text{C}}^{z=8.3\text{ }^{\circ}\text{C}} = 10$), cuando el pH oscila entre 4,3 y 4,5 y uno equivalente a 5 minutos a 93,3 °C ($F_{Tr=93.3\text{ }^{\circ}\text{C}}^{z=8.3\text{ }^{\circ}\text{C}} = 5$), con un pH entre 4,0 y 4,3. Cuando el pH es inferior a 3,7; el tratamiento debe orientarse hacia el control de bacterias no esporuladas, levaduras y mohos. Estos agentes pueden ser controlados con temperaturas incluso inferiores a 100 °C. Los mohos que originan con mayor frecuencia alteraciones en productos ácidos conservados por el calor, son las especies *Bissochlamys fulva* y *B.nivea*. La alteración se manifiesta por la desintegración de la fruta,

frecuentemente con escasas manifestaciones visibles de formación de micelios fúngicos (Rees y Bettinson 1994).

Según Stumbo (1973) el *Bacillus coagulans* ha sido el causante de deterioros económicamente importantes en alimentos ácidos, particularmente en tomates y productos en base a ellos. Es bastante ácido tolerante, crece a valores de pH 4 o ligeramente menores. Crece bien en productos en base a tomate y otros alimentos semi-ácidos en el rango de pH de 4 a 4,6.

Según Brennan *et al.* (1998), para la determinación de UP, se debe asumir una temperatura de referencia adecuada, aproximadamente igual a la máxima alcanzada por la suspensión. Entonces, para las suspensiones tratadas a 100 °C, ésta debe ser la temperatura de referencia.

2.2.5 MÉTODO GENERAL

Cuando se trata térmicamente un alimento envasado y la temperatura interna cambia en el tiempo, debe calcularse la letalidad integrada. Esto puede ser realizado mediante varios métodos: el método general, que se basa en la integración gráfica, o por los métodos fórmula, los cuales utilizan parámetros y ecuaciones para determinar el tiempo de proceso y la letalidad requerida. La letalidad puede ser expresada como el valor logrado en un punto determinado como el punto más frío o como una letalidad integrada. El valor F o UP, debe basarse en el microorganismo involucrado en el deterioro del alimento, que tiene mayor resistencia térmica (Toledo 1999).

a. Velocidad Letal

Sharma *et al.* (2003) indican que los microorganismos son destruidos a un ritmo de un ciclo log cada D minutos a la temperatura de referencia. A otras temperaturas, el tiempo de procesamiento puede ajustarse a un tiempo equivalente con la siguiente ecuación:

$$F_{T_{ref}} = F_T \cdot 10^{(T-T_{ref})/z} \quad (4)$$

Donde:

$F_T = UP_T =$ minutos de procesamiento a T.

$F_{T_{ref}} = UP =$ minutos de procesamiento a T_{ref} .

$10^{[(T-T_{ref})/z]} = L$ = factor de conversión o velocidad letal: convierte el tiempo real de calentamiento de un proceso a una temperatura específica, en el tiempo que se requeriría a la temperatura de referencia para lograr la misma destrucción de microorganismos que la del proceso que se estudia.

T_{Ref} = temperatura de referencia

z = Grados de temperatura requeridos para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico.

A “F” se le conoce como la letalidad de un proceso y se calcula multiplicando la velocidad letal L por el tiempo a la temperatura T (F_T):

$$\text{Letalidad} = F = F_T \cdot L \quad (5)$$

La temperatura del envase varía de manera continua. Por consiguiente, no se puede calcular simplemente una sola velocidad letal para el proceso y multiplicarla por el tiempo de procesamiento. Se deben calcular las velocidades letales a varios intervalos a lo largo del proceso y luego se integra esta velocidad con respecto al tiempo (Sharma *et al.* 2003).

Rees y Bettinson (1994) señalan que la velocidad letal o eficacia letal L , expresa la letalidad de 1 minuto de tratamiento a cualquier temperatura T , en función de la temperatura de referencia.

b. Cálculo de la letalidad

Sharma *et al.* (2003) indican que la letalidad del proceso se calcula integrando la velocidad letal con respecto al tiempo y puede considerarse como la suma del área bajo una función, tal como se indica en la Figura 1.

Elías *et al.* (2014) mencionan que a través del método del rectángulo y el método de Patashnik se puede hallar el área bajo la curva. Cuando la velocidad letal (L) está en función del tiempo (t), el área bajo la curva es la letalidad (F_0) y se halla por la suma de las áreas parciales.

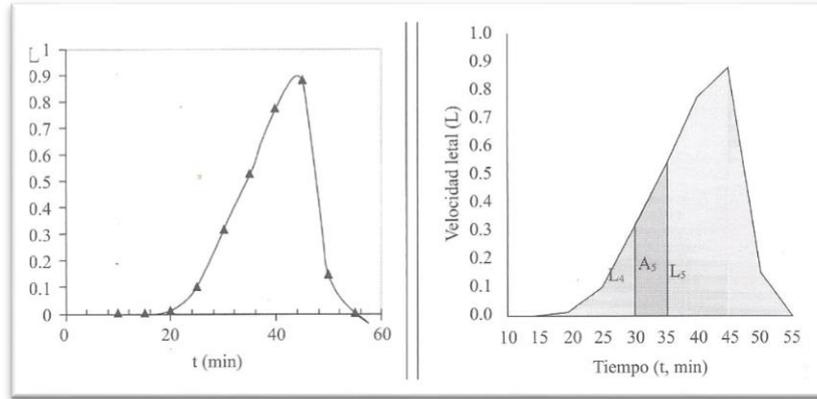
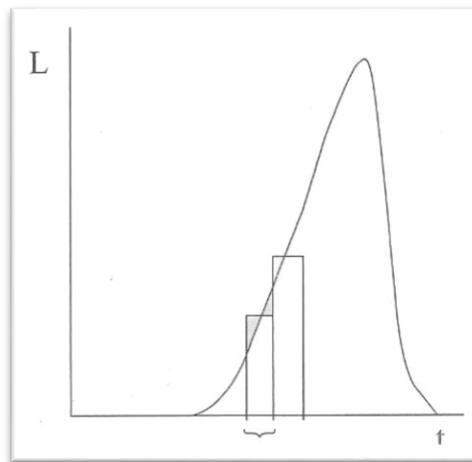


Figura 1: Velocidad letal (L) en función del tiempo (t) para la hallar la letalidad (F₀).

- Método del rectángulo: El área del rectángulo (b x h) representa el efecto térmico parcial:

$$F_0 = (\Delta t) (L) \quad \text{ó} \quad (6)$$

$$F_0 = f \times 10^{\left(\frac{1}{z}\right)(t-t_0)} \quad (7)$$



$$f = \Delta t$$

Figura 2: Método del rectángulo.

- Método de Patashnik o método del trapecio: Se consideran las áreas parciales como un trapecio. El método Patashnik es una adaptación de la regla trapezoidal:

$$A = b \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \quad (8)$$

Donde,

A= área

b= base

h= altura

Según la Figura 3, el área parcial 5 “A₅” sería:

$$A_5 = (\Delta t) \left(\frac{L_4 + L_5}{2} \right) \quad (9)$$

Está arreglada de modo que sea fácil calcular los valores de F₀ mientras la autoclave está funcionando. Esto hace posible apagar la llave de vapor del proceso cuando se calcula alcanzar el F₀ deseado. Es el método usado en los cálculos computaciones con el proceso de calentamiento más el proceso de enfriamiento.

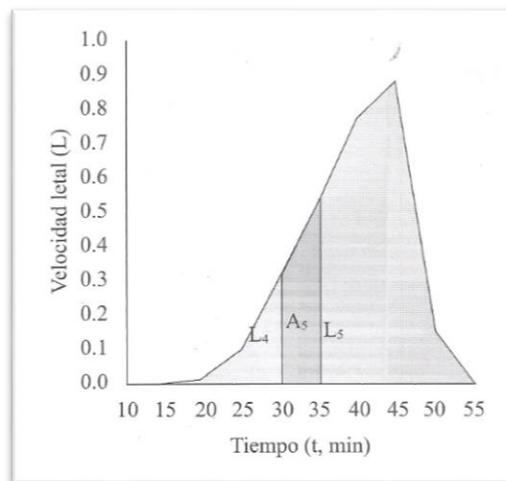


Figura 3: Método de Patashnik.

2.3 COLOR

El color es una característica importante de los alimentos. La liberación de una buena impresión a través del color determinará la aceptabilidad de los consumidores y su decisión de compra. Además, el color juega un papel importante como indicador de la calidad (Wibowo *et al.* 2014). De acuerdo con Van Boekel (2008), diferentes reacciones químicas

y bioquímicas que se producen en un producto alimenticio se pueden detectar visualmente por su color.

Posiblemente el color ejerce mayor influencia que las demás propiedades sensoriales, pues influye en la aceptación del cliente y es casi sinónimo de calidad, seguridad y valor (Nieto *et al.* 1999).

Cserhati *et al.* (2002) señalan que los pigmentos presentes en los productos alimenticios ejercen un notable impacto en las ventas, aceptación de público consumidor, además de presentar marcada actividad biológica.

2.3.1 MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DE COLOR

Hay varias formas de describir, en términos científicos, las características de un color en particular. Un método, es definir el color en términos de los siguientes tres atributos: matiz (o tono), fuerza (o intensidad) y brillo (Christie 2001).

Una medida útil de la fuerza o intensidad del color viene dada por el valor del coeficiente de extinción molar ϵ , a su valor de l_{\max} . Esta cantidad se puede determinar a partir el espectro de absorción visible/ UV, por medio de la ley de Lambert- Beer, es decir:

$$A = \epsilon cl \quad (10)$$

Donde A es la absorbancia de la muestra a una longitud de onda concreta, ϵ es el coeficiente de extinción molar a esa longitud de onda, c es la concentración de la muestra y l es el camino óptico (normalmente 1 cm) de la cubeta utilizada para la medida del espectro. La ley de Lambert- Beer se cumple a bajas concentraciones (Christie 2001).

La espectroscopía visible de reflectancia se emplea de rutina para medir el color de objetos opacos tales como los tejidos, las películas de pintura y los plásticos, con objetivos tales como la combinación de colores y la propuesta de formulaciones para tintes y pigmentos. En muchos sentidos, esta técnica se puede considerar como complementaria al empleo de la espectroscopia visible de absorción para la medida de disoluciones transparentes de los tintes. Los espectros de reflectancia típicos de superficies rojas, verdes y azules se muestran

en la Figura 4. El espectro de la superficie roja, por ejemplo, muestra poca reflectancia (absorción alta) en las zonas 400-500 nm (azul) y 500-600 nm (verde), y una reflectancia alta en las longitudes de onda correspondientes al rojo (600-700 nm) (Christie 2001).

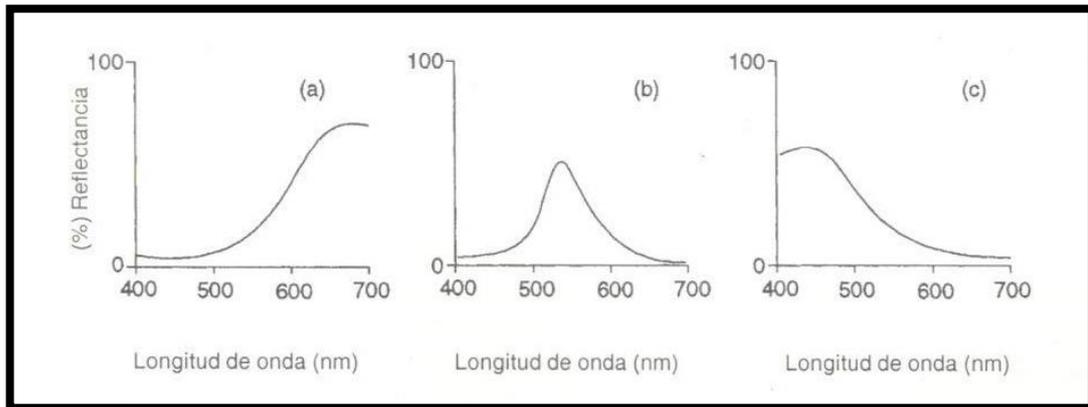


Figura 4: Los espectros visibles de reflectancia de superficies (a) rojas, (b) verdes y (c) azules.

FUENTE: Tomado de Christie 2001

2.3.2 SISTEMA CIELAB

El espacio de color CIELAB es un sistema coordenado cartesiano definido por tres coordenadas colorimétricas L^* , a^* , b^* , magnitudes adimensionales (Universidad de La Rioja 2016).

La Universidad de La Rioja (2016) señala que la coordenada L^* recibe el nombre de claridad y puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas a^* y b^* forman un plano perpendicular a la claridad. La coordenada a^* define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si $a^* > 0$, hacia el verde si $a^* < 0$. Análogamente la coordenada b^* define la desviación hacia el amarillo si $b^* > 0$, hacia el azul si $b^* < 0$, como muestra la Figura 5.

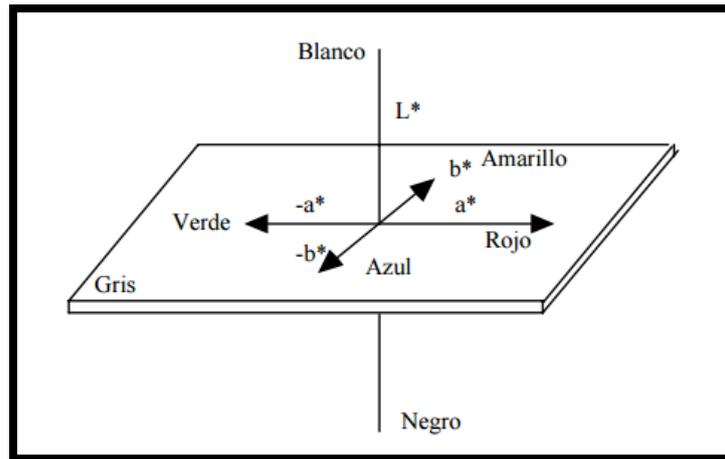


Figura 5: Espacio de color CIELAB.

FUENTE: Tomado de Universidad de La Rioja 2016

El conjunto a^* , b^* recibe el nombre de cromaticidad y junto con la claridad definen el color de un estímulo. Se corresponde con el término cromaticidad (x,y) y como él no indica explícitamente el tono y la saturación. Este inconveniente puede resolverse definiendo dos magnitudes colorimétricas nuevas a través de las expresiones siguientes:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (11)$$

$$h^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (12)$$

El Croma, C^* , tiene el valor 0 para estímulos acromáticos y, por lo general, no pasa de 150 aunque puede superar ese valor para estímulos monocromáticos. El tono angular, h^* , varía entre 0° y 360° y para estímulos acromáticos ($a^* = 0$, $b^* = 0$) es una magnitud no definida. Ambos términos también definen la cromaticidad del color del estímulo (Universidad de La Rioja, 2016).

La Universidad de La Rioja (2016) señala que conviene indicar que el espacio de color CIELAB tiene la misma configuración que el Munsell pero presenta dos ventajas importantes:

- El cálculo de las coordenadas es mucho más simple.
- Las unidades de las escalas entre las magnitudes CIELAB son casi iguales, a diferencia de lo que ocurre en las escalas del sistema Munsell.

HunterLab (2012) señala que Hunter L, a, b y CIE L*a*b* son escalas de color basadas en la teoría del color-oponente. Esta teoría señala que los receptores en el ojo humano perciben el color como los siguientes pares opuestos.

- Escala L: Luminoso vs. oscuro, donde un número bajo (0-50) indica oscuridad y un número alto (51-100) indica luminoso.
- Escala a: Rojo vs. verde, donde un número positivo indica rojo y un número negativo indica verde.
- Escala b: Amarillo vs. azul, donde un número positivo indica amarillo y un número negativo indica azul.

Las diferencias se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Cuadro comparativo entre las Escalas HunterLab y CIELAB

CRITERIO	HUNTER L, a, b	CIE L* a* b*
Función matemática	Raíz cuadrada de la función CIE XYZ	Raíz cúbica de la función CIE XYZ
Especificaciones o métodos	Las especificaciones o métodos de color indican Hunter L, a, b como en la industria alimentaria	Las especificaciones de color o los métodos indican CIELAB
Frecuencia de uso	Poca frecuencia	Ampliamente utilizado
Comparación con datos anteriores	Los datos históricos de color se registraron en Hunter L, a, b	Los datos históricos de color se registraron en CIELAB
Sensibilidad del espacio de color	Medición de colores azules más que amarillos	Medición de amarillos más que azules y colores oscuros

FUENTE: Tomado de HunterLab 2012

2.4 CAROTENOIDES

Los carotenoides son pigmentos naturales ampliamente distribuidos, responsables del color amarillo, naranja y rojo de las frutas, raíces, flores, pescados, invertebrados y pájaros (Rodríguez-Amaya 1999).

Las células de las plantas se autoprotegen contra los efectos de la oxidación, desplegando sustancias antioxidantes para atrapar y amortiguar los radicales libres. En los puntos más vulnerables a daño oxidativo, las células se despliegan en el ambiente intra y extracelular una gran variedad de sistemas de defensa basados en antioxidantes, solubles en agua o en lípidos y enzimas antioxidantes. Muchos de estos sistemas defensivos del cuerpo humano son dependientes de los antioxidantes que se derivan de la dieta (Pokorny *et al.* 2005).

Debido a que el color es un factor decisivo en la preferencia de los consumidores por un alimento dado, la mantención del color fue durante un largo tiempo, la principal preocupación del procesamiento industrial en relación a los carotenoides. Por lo tanto, bastaba la medición del contenido total de carotenoides. Con el énfasis actual en el valor nutricional de los alimentos, incluyendo el contenido de vitamina A, determinar los niveles específicos de carotenoides provitaminas A se ha vuelto igual o más importante. Con el aumento del rol promotor de la salud de los carotenoides, existe más interés en el análisis de los carotenoides que no son provitaminas A (Rodríguez-Amaya 1999).

2.4.1 CLASIFICACIÓN Y ESTRUCTURA

Estructuralmente, los carotenoides son los únicos tetraterpenos naturales, derivados de la unión de ocho unidades de isopreno que origina un esqueleto de 40 átomos de carbono. En general los carotenoides se clasifican en dos grandes grupos: carotenos (estrictamente hidrocarburos) y xantófilas, derivados de los anteriores por incorporación de funciones oxigenadas. Los carotenoides pueden presentar una estructura acíclica como licopeno, o poseer distintas estructuras cíclicas de cinco o seis carbonos en uno o ambos extremos, como β -caroteno. Dado el gran número de dobles enlaces de la cadena polienoica central, los carotenoides pueden existir en diversas conformaciones cis/trans, aunque la más estable y por tanto presente en la naturaleza es la todo-trans (Mínguez *et al.* 2010).

La presencia del extenso sistema de dobles enlaces conjugados de la cadena polienoica de los carotenoides conforma un cromóforo (parte de la estructura responsable de la absorción de la luz visible y por tanto del color del compuesto) cuya capacidad de absorción de luz da lugar a los llamativos y característicos colores de estos pigmentos. El número de dobles enlaces conjugados y la presencia de diferentes grupos funcionales determinarán en última

instancia las características espectroscópicas propias de cada pigmento (Mínguez *et al.* 2010).

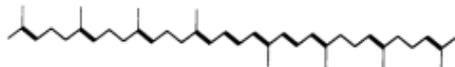
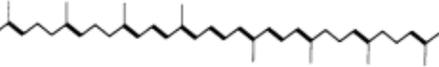
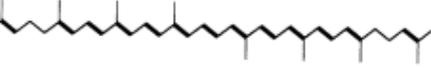
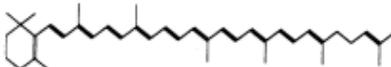
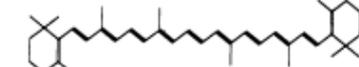
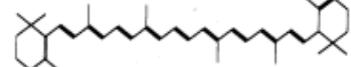
Estructura	Características
 <p data-bbox="534 544 630 566">Fitoflueno</p>	acíclico, incoloro
 <p data-bbox="534 694 630 716">ξ-Caroteno</p>	acíclico, amarillo suave
 <p data-bbox="534 862 630 884">Licopeno</p>	acíclico, rojo
 <p data-bbox="534 1041 630 1064">γ-Caroteno</p>	monocíclico (1 anillo β) rojo-naranja
 <p data-bbox="534 1209 630 1232">β-Caroteno</p>	bicíclico (2 anillos β) naranja
 <p data-bbox="534 1377 630 1400">α-Caroteno</p>	bicíclico (1 anillo β, 1 anillo γ), amarillo

Figura 6: Estructuras y características de los carotenos comunes en los alimentos.

FUENTE: Tomado de Rodríguez-Amaya 1999

2.4.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS CAROTENOIDES

Los carotenoides están involucrados con la captura de dos de las especies reactivas del oxígeno: oxígeno molecular y radicales peróxidos. La capacidad antioxidante de los carotenoides depende de la presión de oxígeno del sistema. A bajas presiones como aquellas encontradas en tejidos bajo condiciones fisiológicas, β-caroteno inhibe la oxidación. Por contrario, la capacidad antioxidante inicial de β-caroteno es seguida por una acción pro-

oxidante a altas presiones de oxígeno. El efecto pro-oxidante de β -caroteno podría estar relacionado a efectos adversos observados cuando se ingieren altas dosis de β -caroteno (Stahl y Sies 2003).

Según Krinsky y Palozza, citados por Rodríguez-Amaya (1999) y Burton (1989), los carotenoides también se han relacionado con un aumento del sistema inmune y una disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares degenerativas, tales como el cáncer, degeneración macular relacionada a la edad y formación de cataratas; efectos biológicos son independientes de la actividad de provitamina A y se han atribuido a una propiedad antioxidante de los carotenoides a través de la desactivación de los radicales libres (átomos o grupo de átomos que poseen un electrón no compartido) y la captura del oxígeno singlete (atómico).

Debido a su alto grado de insaturación, los carotenoides pueden extraer o donar electrones, dando lugar a radicales aniónicos y catiónicos que pueden reaccionar con oxígeno u otras moléculas, lo cual pone de manifiesto tanto propiedades antioxidantes como pro-oxidantes en diversas condiciones. Es importante observar que estas propiedades no parecen estar de ninguna manera relacionadas con la función de la provitamina (Britton y Olson, citado por Encina 2006).

Otra de las funciones de los carotenoides es la fotoprotección, es decir la protección de las células y tejidos contra los efectos dañinos de la luz (Berck 1980). En sistemas biológicos la exposición a la luz lleva a la formación de especies derivadas del oxígeno, las cuales ocasionan daño en los tejidos expuestos a la luz, los ojos y la piel. La protección en contra de procesos fotooxidativos ha sido relacionada a su capacidad antioxidante y/o a sus efectos como filtro de luz (Stahl y Sies 2003).

2.4.3 CAROTENOIDES EN AJÍES

Uno de los rasgos más característicos de pimientos *Capsicum* es su diversidad en el color de la fruta, que se debe a un contenido notable en diferentes carotenoides (Bosland y Votava 2000; Rodríguez-Burruezo y Nuez *et al.* 2006). Estos pigmentos, esenciales para el uso de los ajíes como colorantes de alimentos, además estos les confieren un valor nutricional

excepcional. En los seres humanos, el consumo de una dieta balanceada rica en carotenoides ha sido asociada a la prevención de enfermedades tales como el cáncer en varios tejidos (Tanaka *et al.* 2012) y el deterioro macular (Bernstein *et al.* 2010). Debido a la presencia de dobles enlaces conjugados, estas sustancias tienen acción antioxidante, desactivan radicales libres y extinguen a las especies reactivas de oxígeno. Además, algunos carotenoides son conocidos por exhibir actividad pro- vitamina A, debido a la presencia de anillos β - ionona en sus estructuras (Khoo *et al.* 2011).

Rodríguez- Burruezo *et al.* (2010) determinaron que los principales carotenoides en los genotipos frutados rojos son capsantina, seguido por anteraxantina, violaxantina, capsantina 5,6-epoxido (particularmente en ají) y β -caroteno (particularmente en *C. pubescens*). Mientras que las accesiones amarillas y anaranjadas mostraron menor diversidad de patrones y una alta contribución de violaxantina, seguido por cis-violaxantina, luteoxantina, anteraxantina, luteína y β -caroteno (particularmente en *C. pubescens*).

El predominio de capsantina es habitual en los genotipos rojos de *C. annuum* (Gregory *et al.* 1987; Hornero-Méndez *et al.* 2000, Hanson *et al.* 2004). Por el contrario, según Rodríguez- Burruezo *et al.* (2010), las accesiones rojas del *C. Baccatum* se caracterizan por porcentajes de capsantina 5,6-epóxido considerablemente más alta (entre 17,3 por ciento y 26,6 por ciento), mientras que los niveles de capsorubina y cis- capsantina isómero son similares (4 por ciento a 8 por ciento) a los observados en rocotos rojos. Hornero- Méndez *et al.* (2000) indicaron que la fracción roja contiene los pigmentos exclusivos del género *Capsicum* (capsantina, capsantina 5,6- epóxido y capsorubina) y la fracción amarilla comprende el resto de los pigmentos (zeaxantina, violaxantina, anteraxantina, β -criptoxantina, β -caroteno y curcubitaxantina A). Pugliese *et al.* (2013) encontraron que el ají rojo fresco contenía altas cantidades de carotenoides lipofílicos provitamina A (β -caroteno y β -criptoxantina) pero estos carotenoides fueron significativamente más bajos ($p \leq 0.05$) en las muestras de ajíes amarillos y anaranjados.

La luteína ha sido reportada como el principal carotenoide en la composición del fruto verde- en ambos genotipos rojo y amarillo / naranja de *C. annuum*. Sin embargo, su presencia disminuye en las accesiones rojas durante la maduración y prácticamente desaparece en el estado completamente maduro, mientras que se mantiene en accesiones amarillo / naranja (Matus *et al.* 1991, Hornero-Méndez *et al.* 2000). Un comportamiento similar se ha

encontrado en los frutos maduros de *C. baccatum* y *C. pubescens*, lo que indica que el metabolismo de este carotenoide durante el proceso de maduración se ha mantenido en las 3 especies a pesar de que han evolucionado por separado durante milenios (Rodríguez-Burruezo *et al.* 2010).

La clorofila contribuye con el color verde (Marin *et al.* 2004). El β y α -caroteno, zeaxantina, luteína y β -criptoxantina al color amarillo- anaranjado (Howard 2001), mientras que los ajíes rojos son el resultado de la presencia de capsantina y capsorubina (Matsufuji *et al.* 1998).

2.4.4 FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LOS CAROTENOIDES

Las frutas y vegetales después de ser procesados sufren cambios. Erdman y Klein, citados por Dávila (2003), indican que la deshidratación y la cocción alteran considerablemente la estabilidad del ascorbato, de los tocoferoles y de los carotenoides. Otros tratamientos como la luz ultravioleta, el aire, el calor y condiciones medio ambientales tienen el mismo efecto.

Al efecto del calor sobre la flora del alimento se le denomina destrucción térmica, porque éste es el único efecto buscado, mientras que el efecto sobre el resto de componentes se denomina cocción, se aplica para hacer los alimentos apropiados para el consumo y complejidad es mucho mayor (Casp y April 1999).

Asimismo, a pesar de su susceptibilidad a la descomposición, se pueden retener los carotenoides durante el procesamiento industrial si se siguen buenas prácticas tecnológicas. Se recomienda el procesamiento a la temperatura más baja por el tiempo más breve, pero el procesamiento a alta temperatura y tiempo corto es una buena alternativa. El escaldado puede reducir el contenido de carotenoides en forma inicial, pero prevendrá pérdidas posteriores y mayores durante el procesamiento (especialmente en el procesamiento lento) y almacenamiento. El pelado y la extracción de jugo pueden causar una mayor reducción de provitaminas A que el tratamiento térmico. Si se utiliza una materia prima rica en provitamina A es posible garantizar un producto final con un alto contenido de provitamina A incluso a pesar de algunas pérdidas que ocurren durante el procesamiento (Rodríguez-Amaya 1999).

Una manera de disminuir la pérdida de nutrientes en la fruta, es realizando un escaldado antes de la obtención de algún producto (ya sea congelado, de pulpas o zumos, etc.). El escaldado inactiva los sistemas enzimáticos que degradan el color y producen pérdidas vitamínicas durante el procesado y almacenamiento. Esta operación elimina también el aire en los tejidos (Arthey y Ashurst 1996).

Los carotenoides pueden experimentar dos tipos de isomerización, cis-trans y epóxido isomerización que pueden provocar aclarado de la coloración. Se considera que la temperatura de almacenamiento influye más sobre la isomerización que el proceso térmico en sí mismo. Según Fellows (1994), en las frutas los carotenos se isomerizan de 5,6 epóxidos a 5,8 epóxidos (que poseen un color menos intenso). Fennema (2010) explica que la oxidación del β - caroteno se fragmenta en productos de bajo peso molecular; los resultantes volátiles pueden tener un efecto en el sabor y aroma del alimento. Así mismo, Dutta *et al.* (2005) indican que la cadena de isoprenoides insaturados es la causa de la inestabilidad de los carotenoides, incluyendo su susceptibilidad a la oxidación e isomerización.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

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

- Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos de Alimentos
- Laboratorio de Investigación de Alimentos
- Planta Piloto de Alimentos

Todos ellos pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1 MATERIA PRIMA

Veinte accesiones de ajíes nativos *Capsicum spp.* procedentes del IRD Costa, Cañete, para la etapa de caracterización y tres accesiones procedentes del Programa de Hortalizas-UNALM para la elaboración de las salsas. Los nombres comunes de cada uno de ellos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Accesiones de ajíes nativos (*Capsicum spp.*) utilizados

ESPECIE	COLOR	ACCESIÓN (NOMBRE COMÚN)
<i>C. annuum</i>	Rojo	Cerezo redondo
	Rojo	Cerezo triangular
<i>C. baccatum</i>	Rojo	Escabeche rojo
	Rojo	Cacho de cabra rojo
	Rojo	Chico
	Anaranjado	Cacho de cabra amarillo
	Anaranjado	Escabeche paca
	Anaranjado	Escabeche
	Anaranjado	“Limo”
	Rojo	Verde- Rojo
	Anaranjado	Verde- Naranja
	<i>C. chinense</i>	Amarillo
Rojo		Arnaucho
Amarillo		Miscucho Amarillo
Anaranjado		Miscucho
Anaranjado		Miscucho Naranja
Rojo		Picante
Rojo		Bola
Anaranjado		Limo
Marrón		Panca

*accesiones seleccionadas

3.2.2 INSUMOS

- Aceite vegetal
- Ácido cítrico
- Agua
- Hipoclorito de sodio

3.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1 EQUIPOS

- Autoclave Vertical cuyas características se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Características de la autoclave utilizada

Longitud:	92 cm
Diámetro:	60 cm
N° canastillas:	2
Medio de Calentamiento:	Vapor
Medio de Enfriado:	Agua
Termómetro de Mercurio:	Marca TAYLOR USA. Rango: 170 a 270 °F
Manómetro:	Marca WIKA Rango 0 a 30 psi.
Termo- registrador:	Marca ABB modelo RVG200
Regulador Automático de Vapor:	Manual
Válvula reguladora:	Válvula de Pistón

- Balanza Analítica marca OHAUS[®], modelo AR2140. Capacidad 210 g, precisión 0.1 mg.
- Balanza de precisión marca OHAUS[®], modelo Scout Pro SP6000. Capacidad 6000 g, precisión 1 g.
- Caldero marca YORK FACTORY[®], modelo YF-40, presión de diseño 150 psi, potencia 40 BHP.
- Cámara de fotos
- Cocina industrial de una hornilla.
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA[®], modelo CR-400
- Espectrofotómetro marca GENESIS, modelo 6
- Estufa eléctrica Marca LMIM modelo LP- 402.
- Exhauster Marca MEFISA (Perú), 3,16 m de largo. Motor Ringcone Modelo MT400 4Rtype.
- Laptop
- Licuadora
- Potenciómetro marca HANNA modelo Checker.
- Refrigeradora y congeladora

- Sistema DATATRACE: Sistema desarrollado por Mesa Laboratories, Inc., el cual se encuentra comprendido por una interfase 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. La lectura de las temperaturas fue a tiempo real.

Se utilizaron cuatro sensores de temperatura y las características de los sensores se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Características técnicas de las termocuplas utilizadas en el tratamiento térmico

MODELO	SERIE	RANGO TEMPERATURA (°C)
ATEX6026X	M4T11734	-80 °C a 140 °C
ATEX6026X	M4T11741	-55 °C a 140 °C
ATEX311655354	M3T31892	
ATEX6026X	M4T11009	-80 °C a 140 °C

3.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO

- Mesas de acero inoxidable
- Cuchillos de acero inoxidable
- Cucharas de acero inoxidable
- Envases de vidrio de 150 ml de capacidad (C-442). Peso: 150 g, diámetro: 62,50 mm (lado cuadrado) y altura: 72,40 mm.
- Tapas “*twist off*”. Diámetro: 53 mm y de proceso esterilizable.
- Bandejas de plástico descartables
- Bolsas de plástico
- Etiquetas
- Plumón indeleble

- Perforador de metal para tapas
- Cinta teflón
- Baldes de plástico de 20 litros
- Tinas
- Ollas
- Matraces Erlenmeyer esmerilados 250 ml
- Fiolas 100 ml y 1000 ml
- Pipetas 25 ml
- Peras de Decantación 150 ml
- Beakers 100 ml y 600 ml
- Papel Filtro Whatman #4
- Placa Petri
- Soporte universal
- Bombilla de succión
- Picetas
- Vernier
- Papel aluminio
- Gafas protectoras
- Guantes de protección
- Mascarilla con filtros

3.3.3 REACTIVOS

- Estándar β -caroteno Sigma- Aldrich[®]
- Hexano
- Etanol 96°
- Acetona
- Hidroxitolueno Butilado (BHT)
- Agua Destilada

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1 ANÁLISIS FÍSICOS

- a. Determinación de Humedad (g/100 g): Por diferencias de pesos de acuerdo a la AOAC 950.27 (2005).
- b. pH: Mediante el uso de un potenciómetro de acuerdo a la AOAC 981.12 (2005).
- c. Color: Para la medición del color se utilizó el método descrito por Romano *et al.* (2011) y Vervoot *et al.* (2012). Se determinó usando el colorímetro Minolta®, calibrando el instrumento con una placa blanca estándar antes de tomar las medidas. Se realizaron tres mediciones por muestra mediante la colocación de la cabeza del colorímetro encima de la superficie exterior. L* indicó luminosidad (varía desde 0, negro, a 100, blanco); a*, midió la tendencia al rojo (varía desde -60, verde, a +60, rojo; y b*, la tendencia al amarillo (varía desde -60, azul, a +60, amarillo). Estas relaciones mencionadas entre las medidas de los parámetros y la coloración que se exhibe en la corteza se pueden apreciar en la gráfica mostrada en el Anexo 1. En CIELAB, otros tres parámetros fueron determinados por las siguientes ecuaciones:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (13)$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (14)$$

$$h_{ab} = \arctan\left(\frac{b^{*2}}{a^{*2}}\right) \quad (15)$$

La diferencia de color total (ΔE^*) se calculó como la distancia Euclidiana entre dos puntos en un espacio tridimensional. ($\Delta L^* = L^* - L^*_0$; $\Delta a^* = a^* - a^*_0$; $\Delta b^* = b^* - b^*_0$). El croma (C^*_{ab}), o índice de saturación, caracteriza el atributo cuantitativo de coloración y es proporcional a su intensidad. Hue (h_{ab}) es un indicador cualitativo de la naturaleza cromática del color y se expresa en grados (0° o 360° para el rojo, el 90° , 180° y 270° para amarillo, verde y azul, respectivamente) (CIE 1978).

3.4.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

Determinación de Carotenoides Totales: El contenido de carotenoides totales (expresados como mg β -caroteno/100 g de pulpa), se determinó de acuerdo a lo descrito por Howard *et al.* (1999). Para la extracción de carotenoides, primero se obtuvo una pasta pura (sin pepas ni venas) y luego se homogenizaron dos gramos de muestra en una licuadora conteniendo 20 ml de una solución de etanol: acetona (1:1) que contenga 200 mg/l de BHT. Las muestras fueron extraídas en oscuridad, filtradas a través de un Papel Whatman N°4, lavadas con el solvente (acetona:etanol) hasta que el homogenizado quedó completamente decolorado. Lo filtrado se transfirió a una fiola de 100 ml y se enrasó con el solvente. Luego, se transfirió a una pera de decantación de 150 ml. Se añadió 50ml de hexano a la mezcla, se agitó vigorosamente y se dejó la solución en reposo por 20 a 30 minutos hasta que ocurrió una separación. En una siguiente etapa, se añadió 25 ml de agua destilada y se dejó en reposo hasta una separación de fases. Se colocó una alícuota de la solución de carotenoides que se encontró en la superficie de la solución (fase hexano) en una cubeta de vidrio, la cual se llevó al espectrofotómetro a una lectura de 470 nm. Se calculó la concentración de carotenoides totales usando la curva estándar. La intensidad de color obtenida es directamente proporcional a la presencia de este pigmento.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la Figura 7 se muestra la metodología experimental que se llevó a cabo en el presente trabajo el cual consiste en dos etapas que se detallan a continuación.

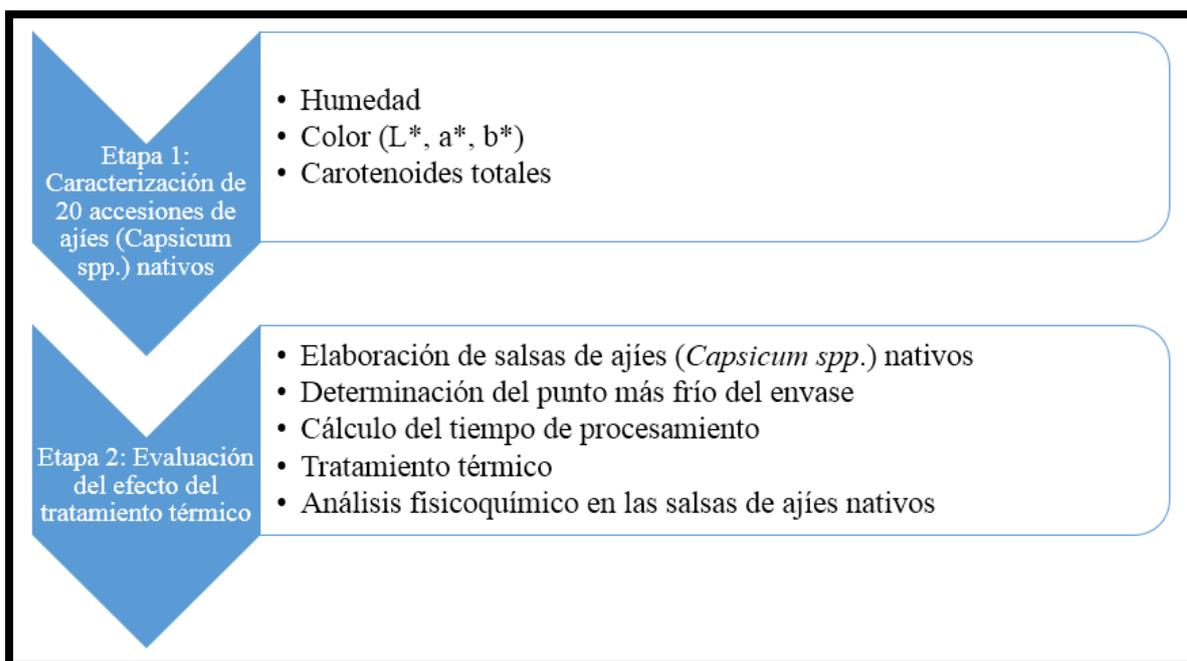


Figura 7: Etapas en el diseño experimental.

3.5.1 CARACTERIZACIÓN DE 20 ACCESIONES DE AJÍES (*capsicum spp*) NATIVOS

En esta etapa, se realizaron los análisis de humedad, color y contenido de carotenoides totales en los ajíes nativos previamente seleccionados, lavados y desinfectados (en solución de cloro, 100ppm CLR) con la finalidad de seleccionar tres accesiones. Los criterios para la selección fueron la variabilidad de color (una roja, una amarilla y una anaranjada) y la disponibilidad de cada accesión en los campos de cultivo.

3.5.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

a. Elaboración de las salsas de ajíes (*Capsicum spp.*) nativos.

En la Figura 8 se muestra el flujo de operaciones que se siguió para elaborar las salsas de ajíes. Y a continuación, se detalla cada etapa:

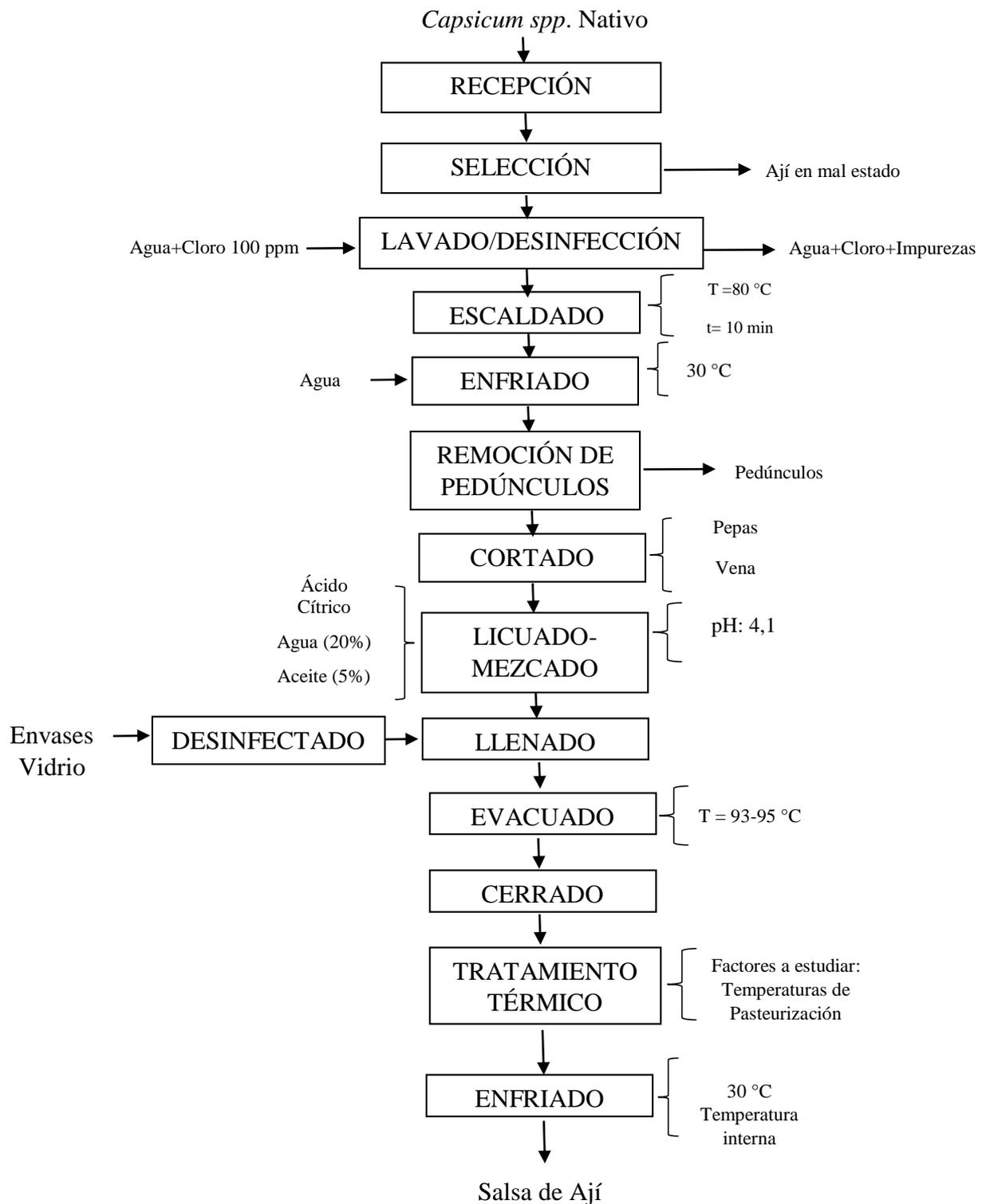


Figura 8: Flujo de operaciones para la obtención de una salsa de ají.

- **Recepción de la materia prima**

Se utilizó como materia prima ajíes nativos procedentes del Programa de Hortalizas-UNALM.

- **Selección**

Se eligieron los ajíes que se encontraban en estado pintón y no presentaban signos de deterioro o daño físico.

- **Lavado- Desinfección**

El lavado se realizó con agua potable por inmersión y frotamiento de los frutos en agua, de este modo se eliminaron las sustancias y partículas extrañas, pues la materia orgánica reduce la cantidad de cloro activo. Luego se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm de C.L.R. por 3 a 5 minutos, a fin de controlar la mayor parte de patógenos suspendidos en el agua (FINTRAC 2003).

- **Escaldado**

El escaldado se realizó con la finalidad de inactivar enzimas que afectan el color y la estabilidad de los carotenoides, para lo cual los ajíes se colocaron en agua a 80 °C por 10 minutos (Schweiggert *et al.* 2005).

- **Enfriado**

Inmediatamente después del escaldado, los ajíes fueron sumergidos en agua fría, para así evitar la cocción y el consiguiente efecto sobre la textura que dificulte las siguientes operaciones.

- **Remoción de pedúnculos**

Esta operación consistió en retirar los pedúnculos de los ajíes mediante un cuchillo de acero inoxidable, una tabla de picar y una mesa de acero inoxidable.

- **Cortado**

Los ajíes fueron cortados transversalmente con cuchillos de acero inoxidable con la finalidad de retirar las pepas y vena.

- **Licuada- Mezclado**

Esta operación se realizó en una licuadora de tres velocidades con la finalidad de reducir el tamaño del ají y homogenizar la mezcla con agua y aceite. Éstos se licuaron por 20 segundos a velocidad baja, 40 a velocidad media y 120 a velocidad alta. Se añadió ácido cítrico para regular el pH a 4,1.

- **Llenado**

En esta operación se utilizaron envases de vidrio de 150 ml de capacidad, los cuales fueron llenados con la mezcla hasta dejar un espacio de cabeza de 1 cm.

- **Evacuado**

Esta operación se realizó en el túnel de vapor (*exhauster*) a 93-95 °C con la finalidad de eliminar el oxígeno en el espacio de cabeza del envase. La temperatura interna en el producto fue de 70 °C.

- **Cerrado**

En esta operación se utilizaron tapas metálicas pasteurizables y se realizó manualmente, inmediatamente, después del paso por el *exhauster*.

- **Tratamiento térmico**

Esta operación se realizó en una autoclave vertical de una canastilla a temperaturas de 90 °C y 100 °C hasta llegar a un P_0 igual a 1,56 min (York *et al.* 1975). El monitoreo del proceso de pasteurización se realizó a través del sistema DATATRACE.

- **Enfriado**

Al finalizar el tiempo de calentamiento se procedió a abrir el aire comprimido y la llave de agua fría de la autoclave para enfriar los envases de vidrio. El tiempo de enfriamiento fue hasta que la temperatura del agua alcanzó los 30 °C. Luego del tratamiento térmico, el producto final fue enfriado dentro de la autoclave (con agua) hasta que la temperatura dentro del envase se encontró por debajo de 40 °C. Luego, se enfrió fuera de la autoclave hasta temperatura ambiente (aprox. 30 °C).

b. Determinación del punto más frío del envase.

La prueba del punto más frío consistió en aplicar una prueba de tratamiento térmico para determinar el punto de calentamiento más lento en el envase. Para ello se programaron, a través del sistema DATATRACE, los sensores para que midan la temperatura interna cada minuto durante 25 minutos. Con la ayuda de un *vernier* se midió la altura (H) del frasco de vidrio (vacío y sin tapa) y se hallaron las longitudes $a = \frac{1}{4}$ de altura desde la tapa del envase, $b =$ la mitad del envase y $c = \frac{3}{4}$ de altura desde la tapa del envase. Se colocaron los sensores de la siguiente manera:

- La punta de un sensor (A) a $\frac{1}{4}$ de la altura desde la tapa del envase (a).
- La punta de otro sensor (B) en la parte central del envase (b).
- La punta del tercer sensor (C) a $\frac{3}{4}$ de la altura desde la tapa del envase (c).
- El cuarto sensor (D) dentro de la autoclave para medir la temperatura de la retorta.

La disposición de los envases de vidrio dentro de la autoclave se muestra en la Figura 9.



Figura 9: Disposiciones de los envases de vidrio para la determinación del punto más frío.

En la Figura 10 se muestra la posición de la termocupla ubicada a $\frac{1}{4}$ desde la tapa del envase en la prueba para la determinación del punto más frío.

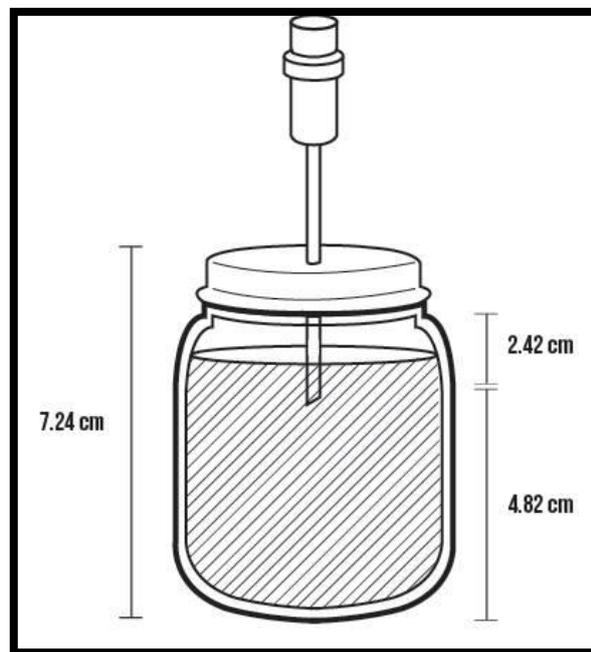


Figura 10: Posición de la termocupla a $\frac{1}{4}$ desde la tapa.

En la Figura 11 se muestra la posición de la termocupla ubicada a $\frac{1}{2}$ desde la tapa del envase en la prueba para la determinación del punto más frío.

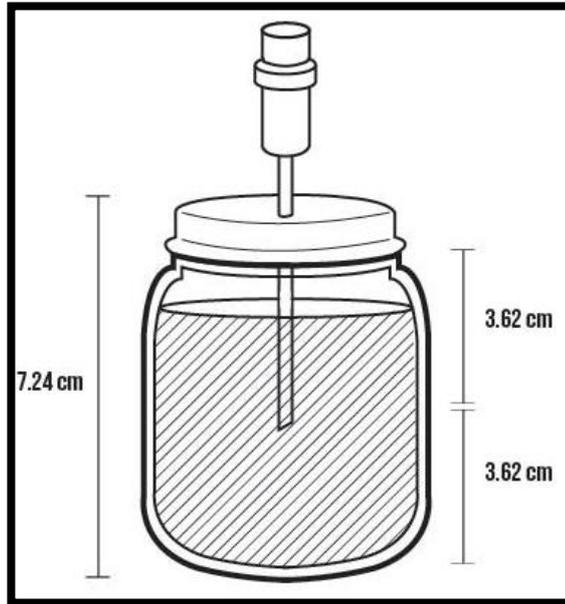


Figura 11: Posición de la termocupla a $\frac{1}{2}$ desde la tapa.

En la Figura 12 se muestra la posición de la termocupla ubicada a $\frac{3}{4}$ desde la tapa del envase en la prueba para la determinación del punto más frío.

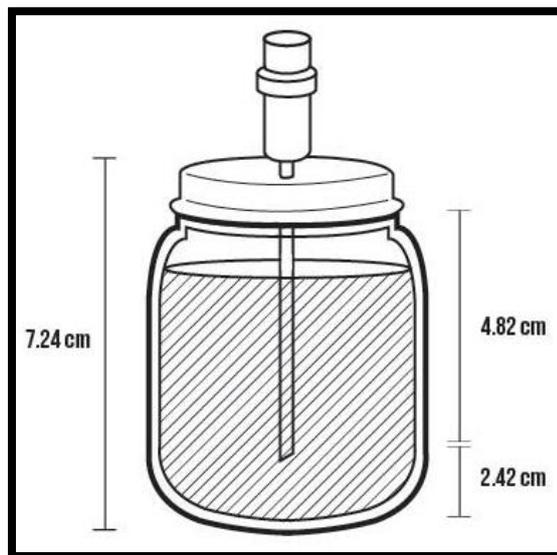


Figura 12: Posición de la termocupla a $\frac{3}{4}$ desde la tapa.

Se siguieron los procedimientos mostrados en la etapa anterior (a) Elaboración de las salsas de ajíes. En la etapa de pasteurización, los envases dentro de la autoclave fueron repartidos

en tres pisos colocándose sensores en el medio de éstos con la finalidad de simular una situación extrema donde la transferencia de calor no sea tan eficiente. Se realizó un proceso de pasteurización a 90 °C por 25 minutos. Esta prueba se realizó por duplicado.

Para la determinación del punto más frío se tomaron como criterios las gráficas de la variación de la temperatura interna en relación al tiempo y los valores de Fo obtenidos mediante el método general.

Se fijó el valor de P en cada salsa de ají en función al *Bacillus coagulans*, ya que se le considera como el microorganismo esporulado más resistente. Los parámetros de destrucción térmica para un alimento ácido (pH<4.5), según lo indicado por York *et al.*, citado por Gómez- Sánchez (2007) son $P_{100^{\circ}\text{C}} = 1,56$ minutos y $z = 15$ °C.

c. Cálculo del tiempo de procesamiento

Se realizó una prueba de penetración de calor para poder determinar los parámetros del proceso. Las salsas de ají (*Capsicum spp.*) fueron sometidas a temperaturas de pasteurización. Para ello, se aplicaron tratamientos termo equivalentes a 90 °C y 100 °C en la autoclave. La temperatura en el punto más frío de los envases de salsas de ajíes fue monitoreada a través del sistema DATATRACE, el cual registró el tiempo y temperatura en el punto más frío y con ellos se graficaron las curvas de calentamiento y enfriamiento.

Luego se obtuvo la gráfica (de velocidad letal vs tiempo) y a partir de ella se trazaron dos curvas paralelas, tomando dos tiempos (minutos) de referencia con la finalidad de calcular los respectivos P^{15}_{100} . Finalmente, se realizó una regresión lineal tomando como puntos los valores de P^{15}_{100} para hallar los tiempos de proceso (minutos) (Ecuación 15) a 90 °C y 100 °C.

$$P^{15}_{100} = a + b * t_p \quad (15)$$

d. Tratamiento térmico

Mediante el uso del sistema DATATRACE se evaluó el efecto letal de los tratamientos con sus respectivas relaciones tiempo - temperatura calculadas a través del método general. La finalidad de dicha evaluación fue de determinar si mediante el tratamiento térmico se obtuvo la letalidad (P_o) para el cual el tratamiento fue diseñado.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.6.1 CARACTERIZACIÓN DE 20 ACCESIONES DE AJÍES (*Capsicum spp*) NATIVOS

Para esta etapa el diseño experimental a utilizar fue un diseño completamente al azar (DCA), donde el factor a evaluar fueron las accesiones de los frutos *Capsicum spp.* (se evaluaron 20 accesiones: V₁ hasta V₂₀) y las variables respuestas fueron el color (L*, a* y b*) y el contenido de carotenoides totales. Posteriormente, se seleccionaron tres accesiones las cuales presentaban coloraciones diferentes.

3.6.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Para la determinación del punto más frío se utilizó un DCA, donde los factores a evaluar fueron tres puntos de calentamiento del envase (1/4, 1/2 y 3/4 de la tapa) y las variables respuestas fueron los valores de P₀ en cada una de las zonas.

En el tratamiento térmico se utilizó un DCA con arreglo factorial, donde los factores a evaluar fueron las tres accesiones seleccionadas de los frutos *Capsicum spp.*, además de la temperatura de pasteurización durante el tratamiento térmico (se aplicaron dos temperaturas: 90 °C y 100 °C y un tratamiento sin pasteurización). Las variables respuestas evaluadas fueron el color (L*, a*, b*, C*, hue, ΔE*) y el contenido de carotenoides totales.

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la etapa de caracterización de 20 accesiones de ajíes (*Capsicum spp*) nativos, para cada variable respuesta, se realizó un análisis de varianza para determinar si hubo diferencias significativas entre las accesiones *Capsicum spp.* y de encontrarse diferencias se procedió a realizar una prueba de comparación de Tukey ($\alpha = 0,95$). Por otro lado, también se realizó el análisis de componentes principales.

En la determinación del punto más frío, para cada variable respuesta, se realizó un análisis de varianza para determinar si hubo diferencias significativas entre las tres zonas de calentamiento y de encontrarse diferencias se procedió a realizar una prueba de comparación de Tukey ($\alpha = 0,95$).

En la etapa de evaluación del efecto del tratamiento térmico, para cada variable respuesta, se realizó un análisis de varianza para determinar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos y de encontrarse diferencias se procedió a realizar una prueba de comparación de Tukey ($\alpha= 0,95$).

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico STATGRAPHIC centurión XV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE 20 ACCESIONES DE AJÍES (*Capsicum spp*) NATIVOS

En esta etapa se caracterizaron fisicoquímicamente 20 accesiones de ajíes nativos, los cuales se muestran en la Figura 13.

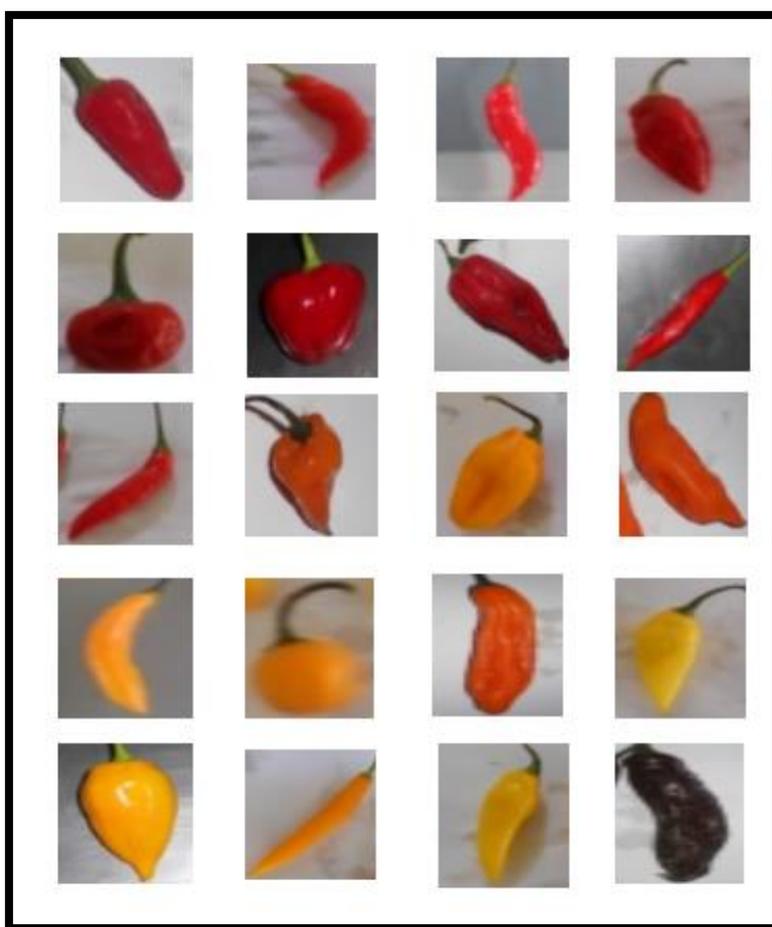


Figura 13: Veinte accesiones de ajíes nativos caracterizadas.

4.1.1 HUMEDAD

En el Cuadro 6 se muestran los valores de humedad determinados en 20 accesiones de ajíes, los cuales fluctuaron entre 65,72 y 87,90 por ciento. Los valores más bajos correspondieron a las accesiones Cerezo redondo y Cerezo triangular de la especie *Capsicum annum*. Estos valores se encuentran fuera del rango que Romano *et al.* (2011) reportaron en pimientos rojos de la misma especie. Por otro lado, los valores más altos correspondieron a las accesiones de las especies *Capsicum chinense* y *Capsicum baccatum*, las cuales no presentaron diferencias significativas entre ellas. Giuffrida *et al.* (2013) determinaron humedad en diferentes variedades de ajíes del *Capsicum chinense* reportando en promedio 85,76 por ciento, valor muy cercano a lo encontrado.

Cuadro 6: Valores de humedad en 20 accesiones de ajíes nativos

ESPECIE	COLOR	ACCESIÓN (NOMBRE COMÚN)	HUMEDAD (%) ^{(I)(II)}
<i>C. annum</i>	Rojo	Cerezo redondo	74,54 ± 5,49 bc
	Rojo	Cerezo triangular	65,72 ± 5,96 c
<i>C. baccatum</i>	Rojo	Escabeche rojo	87,49 ± 3,67 a
	Rojo	Cacho de cabra rojo	80,77±3,45 ab
	Rojo	Chico	81,68±3,77 ab
	Anaranjado	Cacho de cabra amarillo	80,43±3,00 ab
	Anaranjado	Escabeche pacae	85,89±2,47 a
	Anaranjado	Escabeche	83,15±3,21 ab
	Anaranjado	“Limo”	79,36±4,09 ab
	Rojo	Verde- Rojo	84,26±1,99 ab
	Anaranjado	Verde- Naranja	81,35±3,81 ab
	<i>C. chinense</i>	Amarillo	Mochero
Rojo		Arnaucho	83,31±3,65 ab
Amarillo		Miscucho Amarillo	87,90±0,60 a
Anaranjado		Miscucho	87,08±3,43 a
Anaranjado		Miscucho Naranja	83,45±3,51 ab
Rojo		Picante	78,07±1,19 ab
Rojo		Bola	79,36±5,22 ab
Anaranjado		Limo	82,87±3,44 ab
Marrón		Panca	77,21±3,01 ab

(I): Media ± Desviación estándar, (II): Letras diferentes significan que existen diferencias significativas para la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05.

4.1.2 COLOR

En el Cuadro 7 se observa los valores obtenidos en la Escala CIELab (L^* , a^* y b^*) para las 20 accesiones caracterizadas.

Cuadro 7: Valores de las variables de color (L^* , a^* y b^*) en el Sistema CIELab de 20 accesiones de ajíes nativos

ESPECIE	COLOR	ACCESIÓN (NOMBRE COMÚN)	L^* (i)(ii)	a^* (I)(II)	b^* (I)(II)
<i>C. annuum</i>	Rojo	Cerezo Redondo	31,86±1,59 ef	35,12±0,65 ab	7,68±0,19 g
		Cerezo Triangular	37,19±0,65 d	36,00±0,16 ab	21,21±0,37 f
<i>C. baccatum</i>	Rojo	Escabeche Rojo	36,17±1,92 de	36,47±1,54 a	23,20±1,53 f
		Cacho de cabra rojo	36,39±1,57 de	32,67±2,18 bc	22,37±1,08 f
		Chico	37,34±1,19 d	28,65±2,27 d	19,91±1,32 f
	Anaranjado	Cacho de cabra amarillo	50,43±2,54 c	13,52±0,89 gh	34,61±2,39 e
		Escabeche pacaie	52,10±0,59 bc	23,77±1,37 e	49,33±1,63 bc
		Escabeche	51,99±1,10 bc	25,69 ±0,93 de	44,19±2,40cd
		“Limo”	54,01±1,97 bc	7,90±0,57 i	54,06±1,78ab
	Rojo	Verde- Rojo	37,06±1,00 d	29,18±0,58 cd	8,35±0,47 g
	Anaranjado	Verde- Naranja	52,66±1,37 bc	10,21±0,53 hi	42,77 ±3,45 d
	<i>C. chinense</i>	Amarillo	Mochero	66,52±2,13 a	-3,59±1,01 j
Anaranjado		Arnaucho	36,84±0,96 de	36,83±0,12 a	19,09±1,06 f
Amarillo		Miscucho Amarillo	62,18±1,83 a	-4,30±0,59 j	53,79±3,19 ab
Anaranjado		Miscucho	56,28±2,07 b	14,22±0,58 g	56,65±0,52 a
Anaranjado		Miscucho Naranja	56,56±0,92 b	19,26±0,89 f	48,56±1,05 bcd
Rojo		Picante	36,13±2,93 de	36,14±2,19 ab	22,01±2,04 f
		Bola	34,29±0,77 de	35,23±1,48 ab	18,87±1,17 f
Anaranjado		Limo	53,85±1,30 bc	15,02±1,27 g	32,90±1,92 e
Marrón	Panca	29,26±1,66 f	8,14±0,67 i	8,01±0,79 g	

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras diferentes significan que existen diferencias significativas para prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05.

Los valores más altos de luminosidad (L^*) correspondieron a las accesiones amarillas (Miscucho Amarillo y Mochero), mientras que los valores más bajos correspondieron a las accesiones de color rojo. Como se observa en el Cuadro 7 no hubo diferencias significativas en el valor de luminosidad ($p \leq 0,05$) en las accesiones amarillas. Asimismo, tampoco hubo diferencias significativas entre las accesiones anaranjadas y entre las accesiones rojas hubo diferencias significativas, a excepción de las accesiones Cerezo triangular y Chico en los cuales no hubo diferencias significativas entre ellas. Dogan (2010) reportó 43,7 de luminosidad en ajíes rojos deshidratado, siendo este valor ligeramente superior a los encontrados en las accesiones rojas.

Por otro lado, los valores más altos de a^* (tendencia al rojo) correspondieron a las accesiones Cerezo redondo, Cerezo triangular, Escabeche rojo, Arnaucho, Picante y Bola; entre los cuales no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) tal como se muestra en el Cuadro 7.

Tampoco hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las accesiones rojas Chico y Verde-Rojo y este último no presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la accesión Cacho de cabra rojo. Los valores altos de a^* podrían deberse a la presencia predominante de carotenoides que expresan esta tonalidad de color tal como señalan Rodríguez- Burruezo *et al.* (2010), quienes determinaron que los principales carotenoides en los genotipos frutados rojos son capsantina, seguido por anteraxantina, violaxantina, capsantina 5,6-epóxido (particularmente en ají) y β -caroteno (particularmente en *C. pubescens*). Además, Matus *et al.* (1991) y Hornero-Méndez *et al.* (2000) mencionan que la luteína ha sido reportada como el principal carotenoide en la composición del fruto verde- en genotipos rojo *C. annuum*. Sin embargo, su presencia disminuye en las accesiones rojas durante la maduración y prácticamente desaparece en el estado completamente maduro.

Rodríguez- Burruezo *et al.* (2010) determinaron que los principales carotenoides en los genotipos frutados amarillos y anaranjados mostraron menor diversidad de patrones y una alta contribución de violaxantina, seguido por cis-violaxantina, luteoxantina, anteraxantina, luteína y β -caroteno (particularmente en *C. pubescens*). Finalmente, los valores más altos de b^* (tendencia al amarillo) correspondieron a las accesiones “Limo”, Mochero, Miscucho amarillo y Miscucho.

Como se puede apreciar en el Cuadro 7, el valor de a^* de la accesión amarilla Mochero fue ligeramente negativo, lo cual caracteriza al color verde y que se podría inferir que el fruto no estaba completamente maduro. Esto coincide con lo señalado por Ben- Yehoshua, citado por Montoya *et al.* (2010) que el color verde está determinado por el contenido de clorofila, no obstante, como en otros ajíes, a medida que el fruto madura se sintetizan otros pigmentos como carotenoides, mientras que se degrada la clorofila. El color de cada variedad *Capsicum* en la etapa de maduración depende de su capacidad de sintetizar carotenoides e incluso de retener pigmentos de clorofila. En realidad, la variedad es un factor importante en la determinación de la composición y contenido de pigmentos en la planta (Guil-Guerrero y Reboloso-Fuentes 2009). Lo señalado anteriormente nos indica que las accesiones amarillas que presentaron tonalidades verdes en la superficie podrían no encontrarse en un estado de madurez fisiológico. Sin embargo, Matus *et al.* (1991) y Hornero-Méndez *et al.* (2000) señalan que la luteína, principal carotenoide en la composición del fruto verde, se mantiene en accesiones amarillo / naranja durante la maduración.

En el Cuadro 7 también se observa que el valor de b^* en las accesiones amarillas no presentaron diferencias estadísticamente ($p \leq 0,05$) significativas. Las accesiones Cerezo redondo y Verde – rojo (rojas) y Panca (marrón) presentaron los valores más bajo y no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas. Finalmente, la accesión anaranjada Miscucho presentó el mayor valor entre las accesiones del mismo color, mientras que las accesiones Cacho de cabra amarillo y Limo los menores valores.

A excepción del *Capsicum annum*, se puede observar que la expresión de color por especie es diversa, pudiéndose encontrar diferentes tonalidades de colores en las especies *Capsicum baccatum* y *Capsicum chinense*.

4.1.3 CAROTENOIDES TOTALES

En el Cuadro 8 se muestran los valores obtenidos en la determinación del contenido de carotenoides totales expresados como β -caroteno equivalente en 20 accesiones de ajíes nativos los cuales se encontraron en el rango de 2,68 y 230,72 mg β -caroteno eq./ 100 g pulpa. Las accesiones rojas fueron las que presentaron los mayores valores de carotenoides totales. Entre ellas, el Cerezo Redondo y el Bola obtuvieron mayores valores (189,71 y 187,85 mg β -caroteno eq. / 100 g pulpa, respectivamente) y no presentaron diferencias

estadísticamente ($p \leq 0,05$) significativas. Luego, entre las accesiones anaranjadas hubo mayor variabilidad de contenidos respecto a las accesiones rojas y amarillas. Como se puede apreciar en el Cuadro 8 dentro de las accesiones anaranjadas, los ajíes Escabeche, Escabeche Pacae, Miscucho y Miscucho Naranja fueron los que presentaron mayores valores (34,87; 37,04; 39,18 y 34,71 mg β -caroteno eq./ 100g pulpa, respectivamente) y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Finalmente, las accesiones amarillas Miscucho Amarillo y Mochero presentaron los menores valores de carotenoides totales (2,68 y 4,49 mg β -caroteno eq. /100 g de pulpa) y no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas y la accesión anaranjada Limo.

Cuadro 8: Valores del contenido de carotenoides totales en 20 accesiones de ajíes nativos

ESPECIE	COLOR	ACCESIÓN (NOMBRE COMÚN)	CAROTENOIDES TOTALES (MG β -CAROTENO EQ./ 100 G PULPA) ^{(I)(II)}
<i>C. annuum</i>	Rojo	Cerezo redondo	189,71±1,82 b
		Cerezo triangular	153,86±2,19 d
<i>C. baccatum</i>	Rojo	Escabeche rojo	49,66±0,32 i
		Cacho de cabra rojo	63,13±0,51 h
		Chico	81,09±3,61 g
	Anaranjado	Cacho de cabra amarillo	23,12±0,17 k
		Escabeche pacae	34,87±0,26 j
		Escabeche	37,04±0,33 j
		“Limo”	22,33±0,26 k
	Rojo	Verde- rojo	104,1±6,76 f
Anaranjado	Verde- naranja	15,61±0,09 l	
<i>C. chinense</i>	Amarillo	Mochero	4,49±0,10 m
	Rojo	Arnaucho	141,29±2,10 e
	Amarillo	Miscucho amarillo	2,68±0,01 m
	Anaranjado	Miscucho	39,18±0,72 j
	Anaranjado	Miscucho naranja	34,71±0,01 j

«continuación»

	Rojo	Picante	174,36±0,23 c
	Rojo	Bola	187,85±0,83 b
	Anaranjado	Limo	4,62±0,02 m
	Marrón	Panca	230,72±0,92 a

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras diferentes significan que existen diferencias significativas para prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05.

Pugliese *et al.* (2013) identificaron y cuantificaron carotenoides en ajíes en su etapa madura, encontrando los siguientes resultados en el estudio previo: 2,4 mg de β - caroteno/100g de ají para el cultivar Cayenna (*C. annuum*, color amarillo), valor muy cercano al obtenido en el Miscucho Amarillo (*Capsicum chinense*), sin embargo, difiere, considerablemente, del Mochero. Luego, determinó 125,8 mg de β - caroteno/100g de ají en el cultivar Campana (*C. baccatum*), valor superior a lo obtenido en las accesiones rojas de la misma especie. Mientras que el contenido de carotenoides totales en las accesiones rojas de la especie *Capsicum annuum* fue muy similar al cultivar Hierro rojo oscuro (*C. annuum*, de color rojo), el cual fue de 152,4 mg de β -caroteno/100g de ají. En el caso de los cultivares anaranjados, los autores reportaron 54,8 y 1,04 mg de β -caroteno/100g de ají para el Taballo (*C. annuum*) y *Capezzolo di Scimmia* (*C. chinense*). Sin embargo, estos valores difieren altamente con lo determinado en las accesiones anaranjadas de ajíes nativos. Como se puede observar en el Cuadro 8, el contenido de carotenoides totales en las accesiones que corresponden a la especie *Capsicum chinense* superan ampliamente a lo mencionado anteriormente por los autores.

Se puede observar que, en algunos casos, la diferencia es alta entre los valores obtenidos y los reportados por otros autores. Maiani (2009) señala que el contenido de carotenoides en los alimentos vegetales es determinado por los atributos fisiológicos, genéticos, y bioquímicos de la planta. Asimismo, las especies, parte de la planta analizada, grado de maduración en la cosecha, manejo post- cosecha, origen geográfico y estacionalidad (Chen y Chen 1992). Dutta *et al.* (2005) indican que las diferencias en composición en cuanto a carotenoides, son debido a factores como la variedad, el estado de madurez, clima (la luz solar incrementa la producción de carotenoides en la planta), geografía del lugar de producción y prácticas agrícolas (uso de ciertos herbicidas, afectarían negativamente).

Fennema (2010) señala al tipo y cantidad de fertilizante, así como al régimen de riego, como factores de las prácticas agrícolas que afectan el contenido de vitaminas en alimentos de origen vegetal.

Por otro lado, comparando el contenido de carotenoides totales de las accesiones de ajíes con el de otros alimentos, otros autores encontraron que algunos cultivares de calabaza (*Cucurbita*) de tonalidad intensa amarilla a naranja han revelado altos niveles de carotenoides, principalmente β y α -caroteno (Rodríguez-Amaya 1999). Jaeger *et al.* (2012) determinaron, espectrofotométricamente, el contenido de carotenoides totales en calabazas (*Curcubita moschata Duch*). Los resultados obtenidos fueron 40,50 y 23,41 mg β -caroteno en 100 g de muestra para dos muestras de calabazas analizadas. Estos valores son muy cercanos a los obtenidos en las accesiones anaranjadas de ajíes nativos como se puede apreciar en el Cuadro 8. Por otro lado, Nazrule *et al.* (2015) reportaron 6,19 y 3,62 mg carotenoides totales/100 g de muestra fresca para pulpa de camote anaranjado intenso y anaranjado, respectivamente. Estos valores son menores a los obtenidos en las accesiones anaranjadas, a excepción del “Limo” que se encuentra en ese rango.

Jing *et al.* (2015) determinaron carotenoides totales en papayas de pulpa amarilla encontrando 0,208 mg /100 g de muestra fresca. Este valor se encuentra muy por debajo a los reportados en las accesiones Miscucho amarillo y Mochero en el Cuadro 8, por lo que se podría inferir que estas accesiones de ajíes nativos contienen mayor contenido de carotenoides totales o que la metodología que se utilizó fue más precisa, ya que los carotenoides totales se determinaron a 460 nm.

La selección de las tres accesiones de ajíes nativos (una roja, una amarilla y una anaranjada) se consideró debido a que las concentraciones y composición de los carotenoides, son justamente los responsables de la diversidad y los atractivos colores observados en los ajíes (Howard 2001).

Luego de la caracterización inicial, se seleccionaron tres accesiones de ajíes nativos: Chico de color rojo, Miscucho Naranja de color anaranjado y Miscucho Amarillo de color amarillo. También se consideró la disponibilidad de materia prima.

4.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

4.2.1 DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO EN EL ENVASE

En la Figura 14 se muestra la curva de historia de la temperatura en relación al tiempo de procesamiento de las salsas de ajíes nativos. La temperatura fue medida en tres distintos puntos del envase con la finalidad de determinar el punto en el cual la transferencia de calor es más lenta. En el Anexo 2 se muestra el registro de temperaturas.

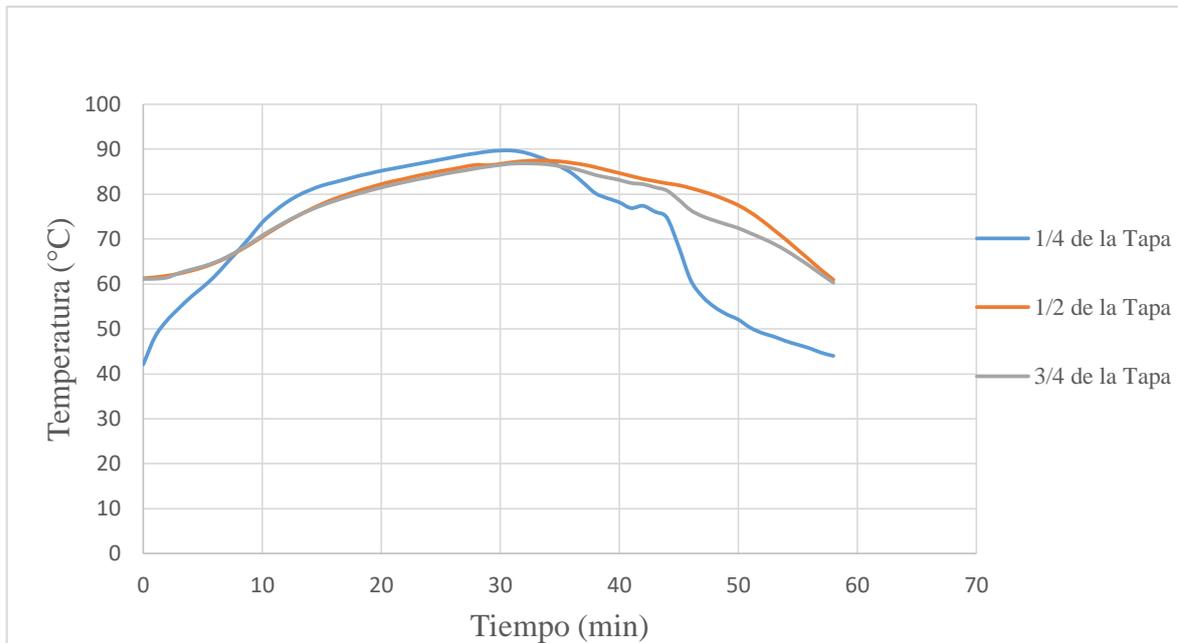


Figura 14: Curvas de historia temperatura vs tiempo en tres puntos del envase que contiene una salsa de ají nativo.

En la Figura 14 se observa que la temperatura inicial a $\frac{1}{4}$ de la tapa es menor a la de los otros dos puntos y podría retardar el tiempo de calentamiento. Sin embargo, es este punto el que alcanza la temperatura de proceso en menor tiempo lo que podría inferirse que presenta la mayor transferencia de calor. Asimismo, al cerrar la entrada de vapor el enfriamiento ocurre en el menor tiempo. Por otro lado, se puede apreciar que las curvas que representan al sensor colocado a $\frac{3}{4}$ de la tapa del envase se encuentran por debajo de las demás para ambas repeticiones, por lo que podría inferirse que ese es el punto más frío.

La determinación del punto crítico del producto se puede efectuar por comparación directa de los valores de letalidad de proceso, donde el valor más bajo indica el punto crítico (Tamayo 2008).

En la Figura 15 se observa el comportamiento de los valores obtenidos de letalidad en tres zonas evaluadas durante el tratamiento térmico. Estos valores son muy similares durante la fase de calentamiento, mientras que en la zona de enfriamiento gráficamente se observan las diferencias. Es por ello que se analizó estadísticamente para determinar si había diferencias significativas entre las tres zonas del envase en la fase de calentamiento.

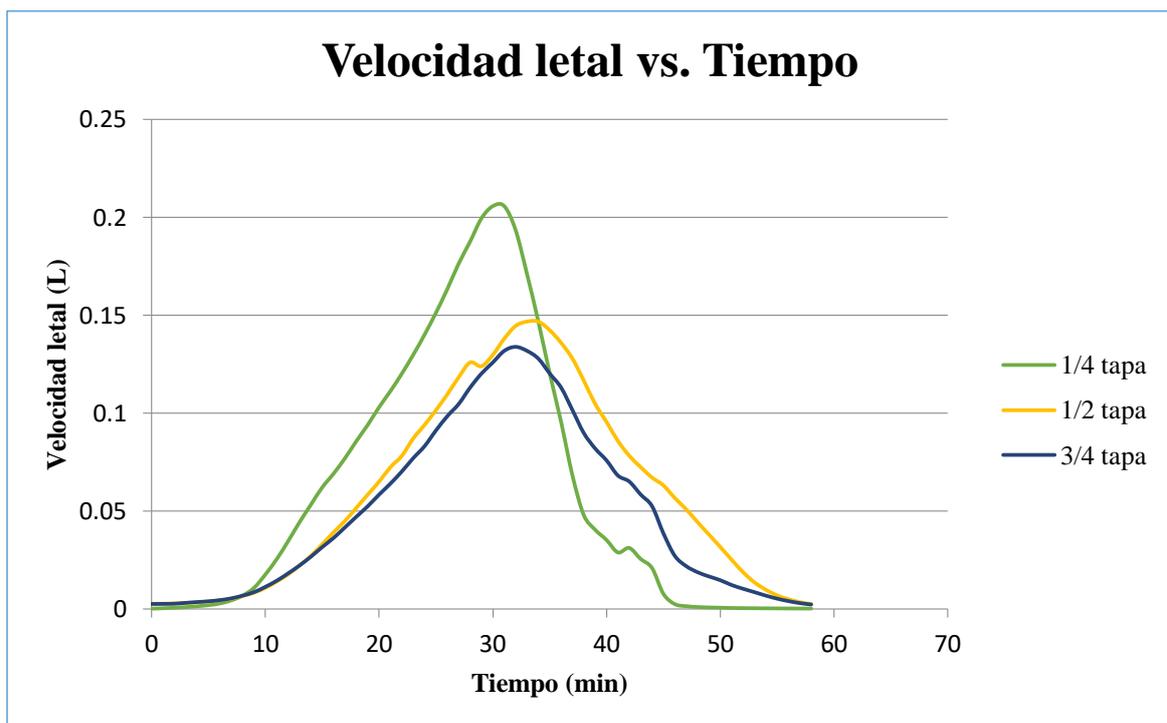


Figura 15: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante el tratamiento térmico para determinar el punto más frío.

Se determinaron los valores de letalidad obtenidos al final de la fase de calentamiento del tratamiento térmico en cada uno de los puntos. Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 9, mientras que los cálculos realizados se presentan en el Anexo 3.

Cuadro 9: Valores de letalidad al final de la fase de pasteurización

UBICACIÓN DEL SENSOR	LETALIDAD ^{(I)(II)} (P₀)	TEMPERATURA INICIAL ^(I) (T₀) (°C)
¼ de la tapa	2,352 ±0,048 a	48,4±8,91
½ de la tapa	1,989±0,027 b	63,1±2,55
¾ de la tapa	1,634±0,119 c	63,1±2,83

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras diferentes significan que existen diferencias significativas para prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05.

Se puede observar en el Cuadro 9 que el menor valor de letalidad corresponde al sensor ubicado a ¾ de la tapa, por lo que podría inferirse que es el punto más frío. Fellows (1994) indica que en los envases cilíndricos de aquellos alimentos que se calientan por convección, el punto más frío se encuentra situado en el eje geométrico longitudinal, a un tercio de su altura, el autor a su vez señala que, en los alimentos calentados por convección, la situación exacta de este punto varía de acuerdo con el alimento y debe determinarse experimentalmente.

Sharma *et al.* (2003) señalan que en el caso de alimentos convectivos que no se agitan, este punto podría localizarse un poco abajo del centro geométrico. Adicionalmente, Casp y Abril (1999) indican que en productos que se calientan por convección en envases cilíndricos, el punto más frío se sitúa en el eje longitudinal a 1/5 de la altura desde la base.

El valor P se fijó en función al *Bacillus coagulans*. Asimismo, York *et al.* (1975) recomienda P_{100°C}= 1,56 minutos y Z= 15 °C como parámetros de destrucción térmica para un alimento ácido.

La aplicación de una temperatura de 100 °C se justificó por ser la salsa de ají, un producto ácido que requiere pasteurización y no esterilización, esto tomando en cuenta que Stumbo (1973) indica que el rango de pH 3,7; corresponde a alimentos ácidos. Pokorny *et al.* (2005) indica que la aplicación de temperaturas moderadas (100 °C como máximo) reduce los cambios negativos que se producen en la calidad nutritiva del alimento. Así mismo, Brennan *et al.* (1998) refieren que para productos ácidos como frutas (pH 3,7 a 4,5), se utilizan procesos de tratamiento a 100 °C.

4.2.2 CÁLCULO DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO

Para el cálculo del tiempo de procesamiento se establecieron tres tiempos diferentes de procesamiento a 90 °C y 100 °C y en cada uno de ellos se determinó la letalidad (P_0). Luego, mediante una regresión lineal se obtuvo la ecuación que relaciona el P_{100} con el tiempo de proceso. Finalmente, a través de la ecuación obtenida se determinó el tiempo de procesamiento para llegar al P_{100} requerido, el cual era de 1,56 minutos.

Los resultados de los tiempos de procesamiento a 90 °C para las tres accesiones de ajés nativos son mostrados en el Cuadro 10. Los cálculos se pueden observar en los Anexos 4, 5 y 6.

Cuadro 10: Tiempo de procesamiento (tp) determinado en pasteurización a 90 °C para las accesiones seleccionadas

TEMPERATURA	ACCESIÓN	TIEMPO CALCULADO: TP (MIN)	TIEMPO REDONDEADO: TP (MIN)
90°C	Chico	15,86	16
	Miscucho Amarillo	15,34	16
	Miscucho Naranja	16,43	17

a. Ají accesión Chico

En la Figura 16 se puede observar la relación letalidad (P_{100}) vs tiempo de proceso para la salsa de ají accesión Chico elaborada a 90 °C.

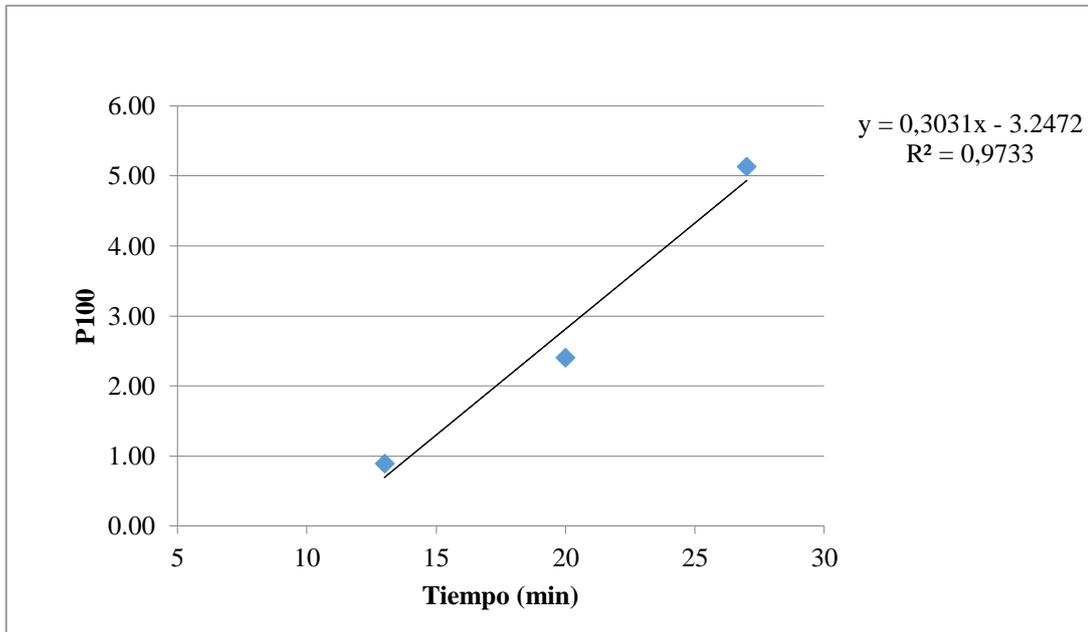


Figura 16: Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 90°C en la accesión chico.

b. Ají accesión Miscucho Amarillo

En la Figura 17 se puede observar la relación letalidad (P₁₀₀) vs tiempo de proceso para la salsa de ají accesión Miscucho Amarillo elaborada a 90 °C.

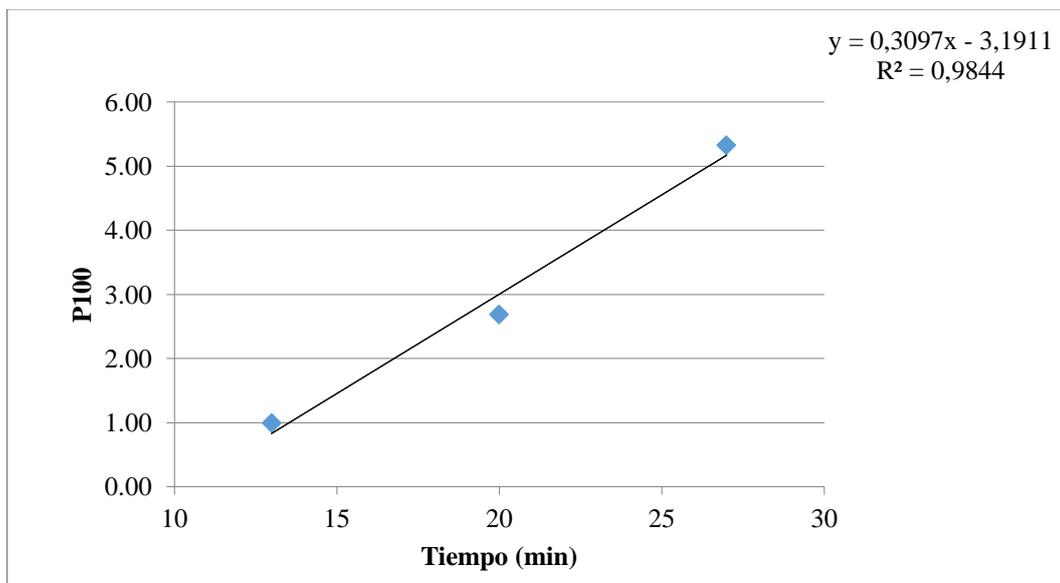


Figura 17: Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 90 °C en la accesión miscucho amarillo.

c. Acesión Miscucho Naranja

En la Figura 18 se puede observar la relación letalidad (P_{100}) vs tiempo de proceso para la salsa de la accesión Miscucho Naranja elaborada a 90 °C.

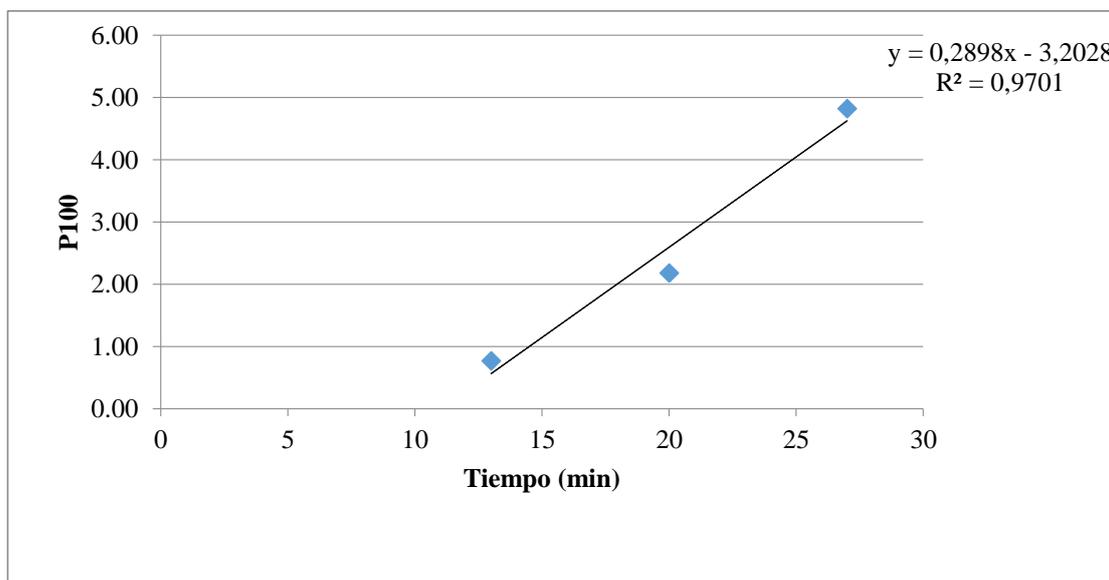


Figura 18: Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 90 °C en la accesión miscucho naranja.

Los resultados de los tiempos de procesamiento a 100 °C para las tres accesiones de ajíes nativos se pueden observar en el Cuadro 11. Los cálculos se pueden observar en los Anexos 7,8 y 9.

Cuadro 11: Tiempo de procesamiento (tp) determinado en pasteurización a 100 °C para las accesiones seleccionadas

TEMPERATURA	ACCESIÓN	TIEMPO CALCULADO: TP (MIN)	TIEMPO REDONDEADO: TP (MIN)
100 °C	Chico	7,30	8
	Miscucho Amarillo	7,52	8
	Miscucho Naranja	7,67	8

a. Ají accesión Chico

En la Figura 19 se muestra la relación letalidad (P_{100}) vs tiempo de proceso para la salsa de ají accesión Chico elaborada a 100 °C.

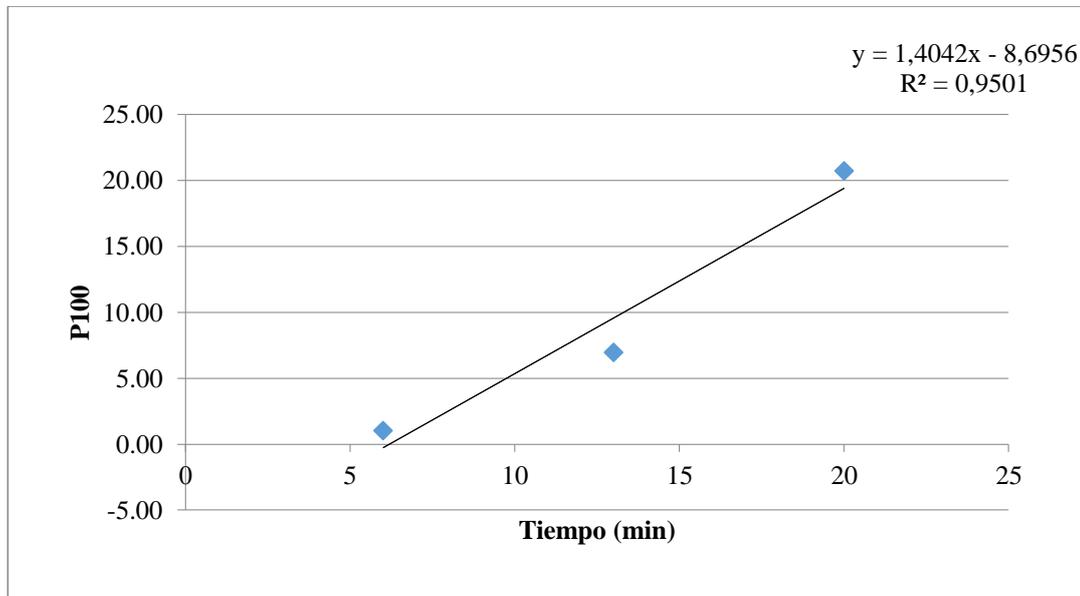


Figura 19: Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 100°C en la accesión chico.

b. Ají accesión Miscucho Amarillo

En la Figura 20 se muestra la relación de la letalidad (P_{100}) respecto al tiempo de proceso para la salsa de ají accesión Miscucho Amarillo.

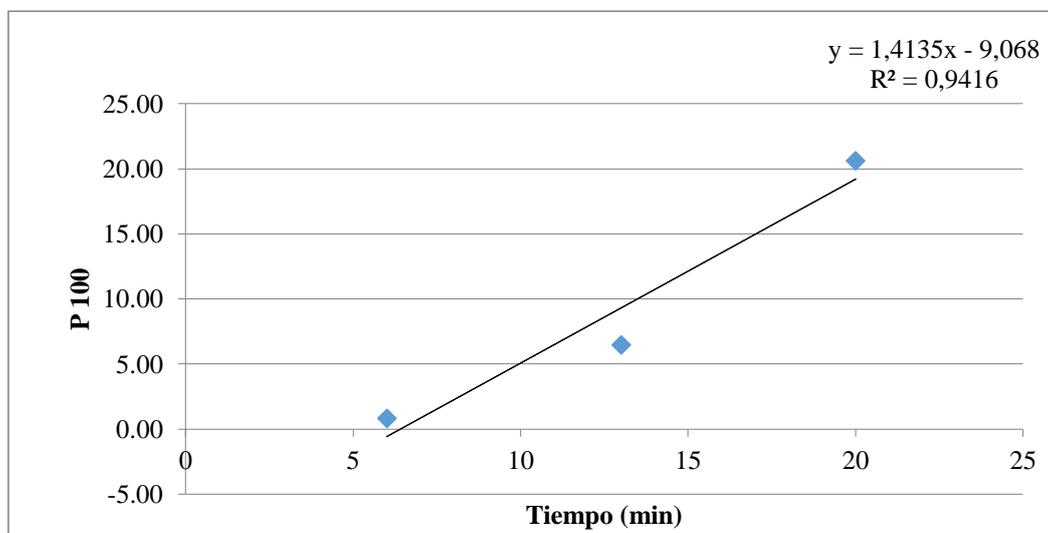


Figura 20: Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 100°C en la accesión miscucho amarillo.

c. Ají accesión Miscucho Naranja

En la Figura 21 se muestra la relación de la letalidad (P_{100}) respecto al tiempo de proceso para la salsa de ají accesión Miscucho Naranja.

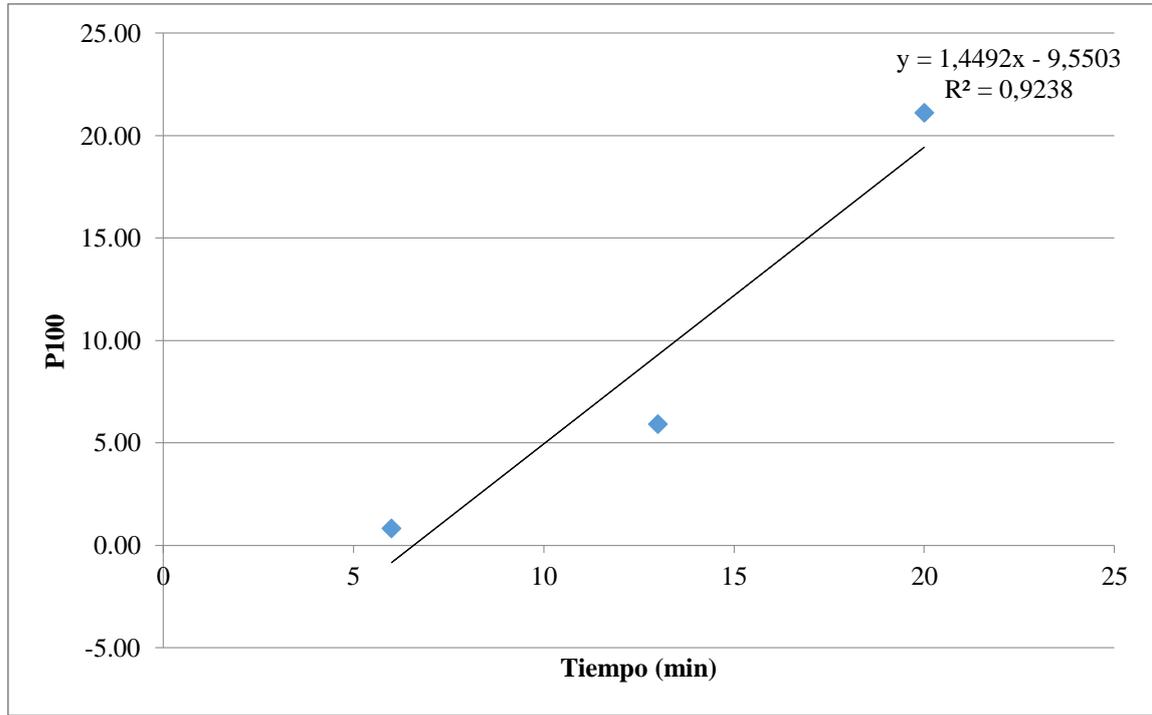


Figura 21: Variación de la letalidad respecto al tiempo de procesamiento a 100°C en la accesión miscucho naranja.

4.2.3 TRATAMIENTO TÉRMICO

Para corroborar que los resultados calculados fueron los correctos se procedió a evaluar los tiempos de proceso para cada accesión de ají nativo a 90 °C y 100 °C.

El monitoreo del tratamiento térmico se realizó a través del sistema DATATRACE y los valores de letalidad (P_0) se obtuvieron mediante el método general. Según Stumbo (1973) el método general es un procedimiento gráfico para integrar los efectos letales de varias relaciones tiempo- temperatura existentes en diferentes puntos dados en un cuerpo confinado de los alimentos durante el tratamiento térmico. Los tiempos representados (abscisas) son graficados respecto a las tasas letales (ordenadas). El área debajo la curva es expresada directamente en unidades de letalidad.

Se registró la temperatura en la fase de calentamiento y enfriamiento en el punto más frío del envase. Tal como señala Stumbo (1973) que cada punto en las curvas de calentamiento y enfriamiento durante el proceso del envase de un alimento representa un tiempo, temperatura y una tasa letal. Cada temperatura representada por un punto en la curva fue considerada para tener un valor de esterilización o letalidad.

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 total (Stumbo 1973). En el caso de las salsas elaboradas a 90 °C, la temperatura inicial de la accesión Chico fue 68,25 °C; accesión Miscucho Amarillo 68,75 °C y la accesión Miscucho Naranja 67,30 °C. Mientras que, para las salsas elaboradas a 100 °C, la temperatura inicial de la accesión Chico fue 71,5 °C; accesión Miscucho Amarillo 69,45 °C y la accesión Miscucho Naranja 76,65 °C. Estas temperaturas son muy cercanas ya que pasaron por el mismo proceso. Además, en los Cuadros 10 y 11 se observa que los tiempos de procesos son muy similares para cada tratamiento térmico.

En el Cuadro 12 se observan las letalidades (Po) determinadas en cada una de las accesiones de ajíes a 90 °C. Los cálculos para determinar la letalidad se muestran en el Anexo 10.

Cuadro 12: Letalidades (min) en salsas de accesiones de ají chico, miscucho amarillo y miscucho naranja a 90 °C

ACCESIÓN	CHICO	MISCUCHO AMARILLO	MISCUCHO NARANJA
Letalidad (P)	1,8±0,12	1,64 ±0,17	1,63 ±0,07

En el Cuadro 12 se observa que los Po determinados en las tres accesiones de ají superaron ligeramente al Po (1,56 min) mencionado por York, citado por Gómez (2007). La accesión Chico alcanzó el mayor Po, el cual superó en 15,38 por ciento al Po teórico, mientras que las accesiones Miscucho Naranja y Miscucho Amarillo 4,49 por ciento y 5,13 por ciento, respectivamente. El exceso en el valor de Po pudo deberse a que la entrada de vapor al autoclave se regulaba manualmente por lo que fue difícil asegurar la uniformidad durante el procesamiento de las salsas.

En la Figura 22 se muestra el comportamiento de la velocidad letal durante la pasteurización a 90 °C de la accesión Miscucho Amarillo. Se observa que los valores aumentan durante la fase de calentamiento, y luego que se cierra la llave de entrada de vapor, estos valores descienden en la fase de enfriamiento.

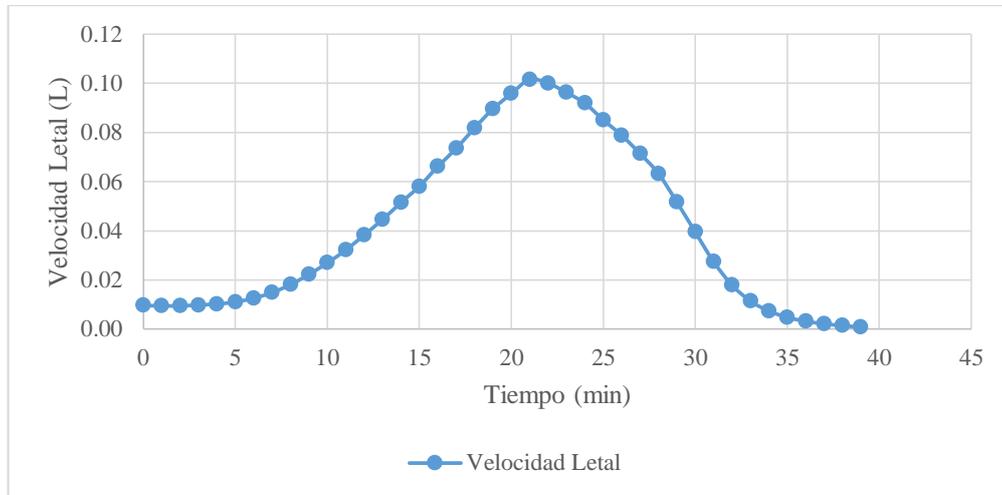


Figura 22: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 90 °C del miscucho amarillo.

En la Figura 23 se muestra la curva de penetración de calor durante la pasteurización a 90 °C en la accesión Miscucho Amarillo. Se observa que el valor de letalidad obtenido (línea anaranjada) superó el valor teórico (línea punteada).

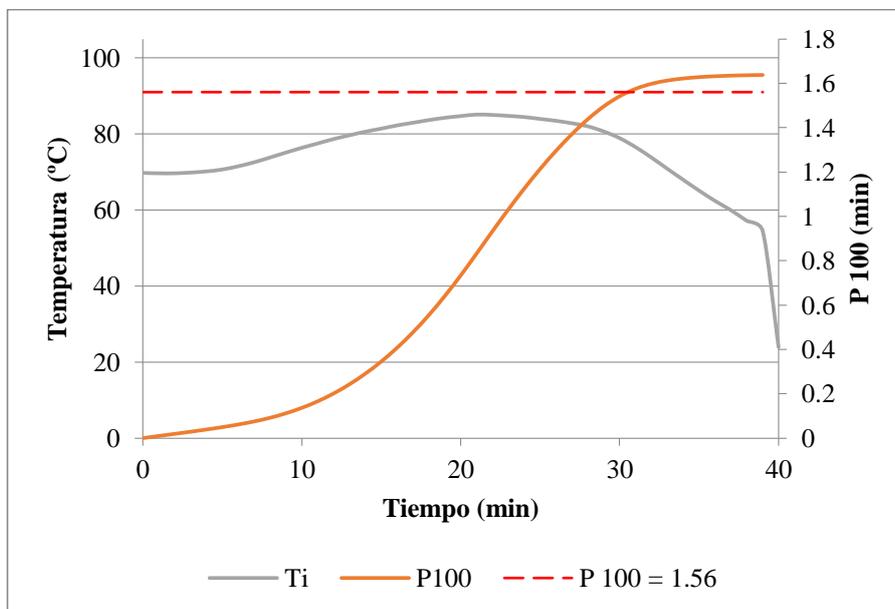


Figura 23: Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión miscucho amarillo elaborada a 90 °C.

En la Figura 24 se muestra el comportamiento de los valores de velocidad letal durante la pasteurización a 90 °C de la accesión Miscucho Naranja, en donde éstos incrementan a medida que aumenta la temperatura en la fase de calentamiento, mientras que durante la fase de enfriamiento éstos disminuyen.

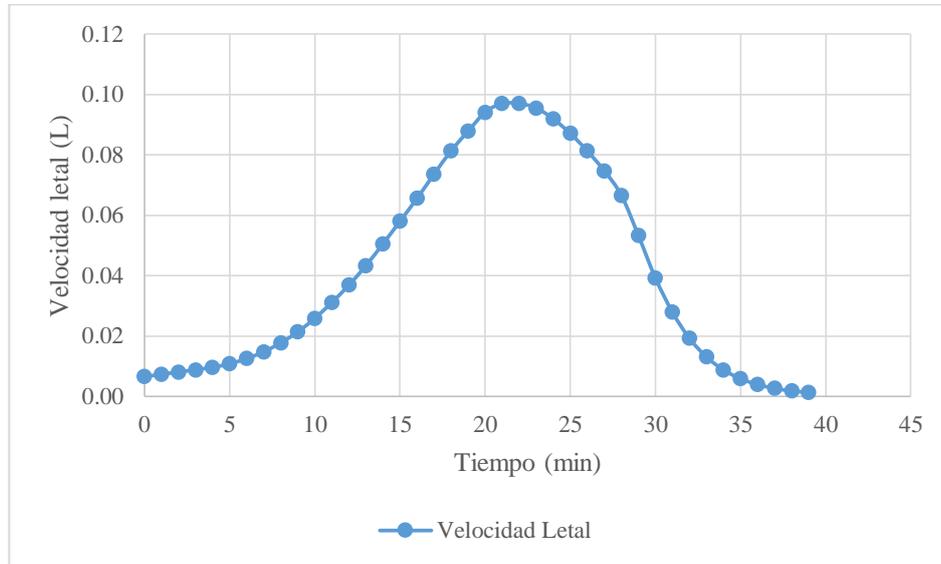


Figura 24: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 90 °C del miscucho naranja.

En la Figura 25 se muestra la curva de penetración de calor durante la pasteurización a 90 °C en la accesión Miscucho Naranja. Se observa que el valor de letalidad obtenido (línea anaranjada) superó el valor teórico (línea discontinua).

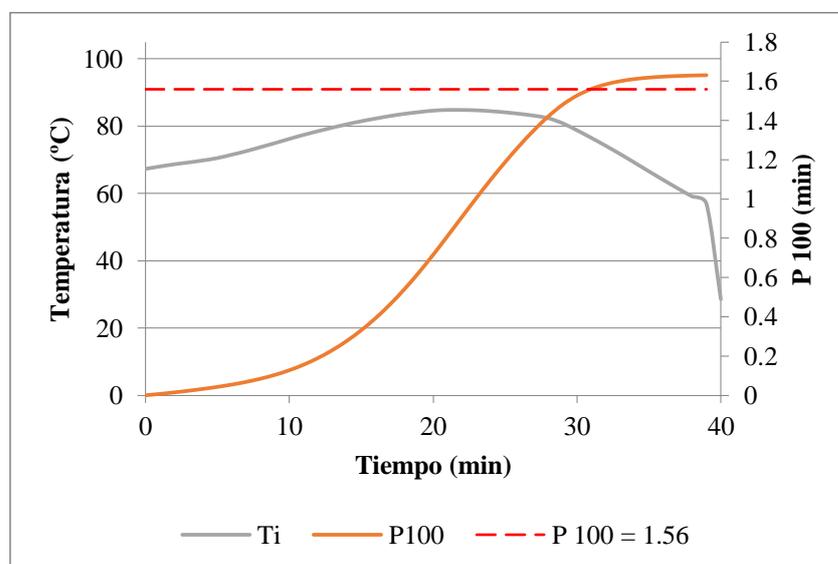


Figura 25: Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión miscucho naranja elaborada a 90 °C.

En la Figura 26 se observa el comportamiento de los valores de velocidad letal durante la pasteurización a 90 °C de la accesión Chico, en donde éstos aumentan durante la fase de calentamiento y disminuyen en la fase de enfriamiento. Asimismo, se registraron los valores más altos de velocidad letal a esta temperatura de pasteurización, por lo que podría inferirse que hubo una mayor letalidad sobre el microorganismo de referencia.

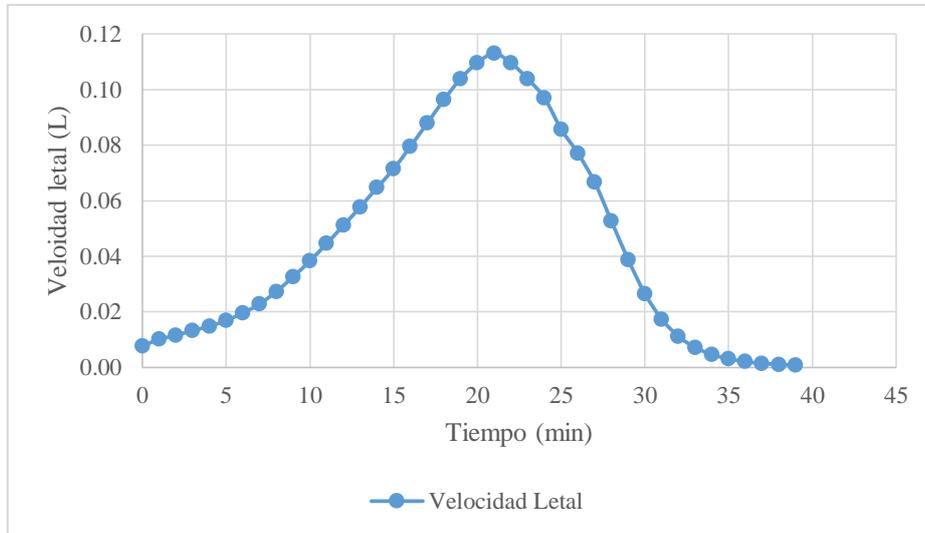


Figura 26: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 90 °C de la accesión chico.

En la Figura 27 se muestra la curva de penetración de calor durante la pasteurización a 90 °C en la accesión Chico. Se observa que en esta accesión se obtuvo el valor más alto de letalidad (línea anaranjada), la cual superó el valor teórico (línea discontinua).

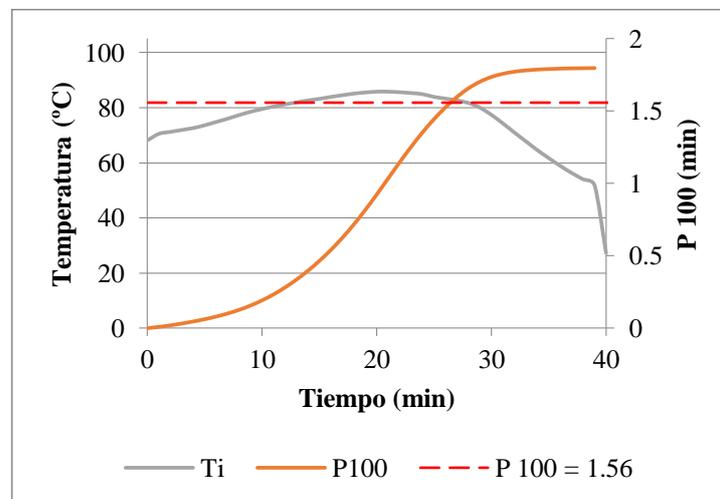


Figura 27: Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión chico elaborada a 90 °C.

En el Cuadro 13 se observan las letalidades (Po) determinadas en cada una de las accesiones de ajíes a 100 °C. Los cálculos para determinar la letalidad se muestran en el Anexo 11.

Cuadro 13: Letalidades (min) en salsas de accesiones de ají chico, miscucho amarillo y miscucho naranja a 100 °C

ACCESIÓN	CHICO	MISCUCHO AMARILLO	MISCUCHO NARANJA
Letalidad (P)	2,18 ±0.11	1,73 ±0.11	1,68 ±0,12

En el Cuadro 13 se observa las letalidades determinadas en las salsas de ají elaboradas durante el tratamiento térmico a 100 °C. En las tres accesiones se alcanzó el Po requerido, sin embargo, hubo un exceso de tratamiento en ellas. La accesión Chico fue la que presentó mayor exceso, el cual fue de 39,74 por ciento. Más adelante se evaluará si este sobretratamiento afectó significativamente las variables de color y el contenido de carotenoides totales.

En la Figura 28 se observa el comportamiento de los valores de velocidad letal durante la pasteurización a 100 °C en la accesión Miscucho Naranja, en la cual éstos aumentan durante la fase de calentamiento y disminuyen durante la fase de enfriamiento.

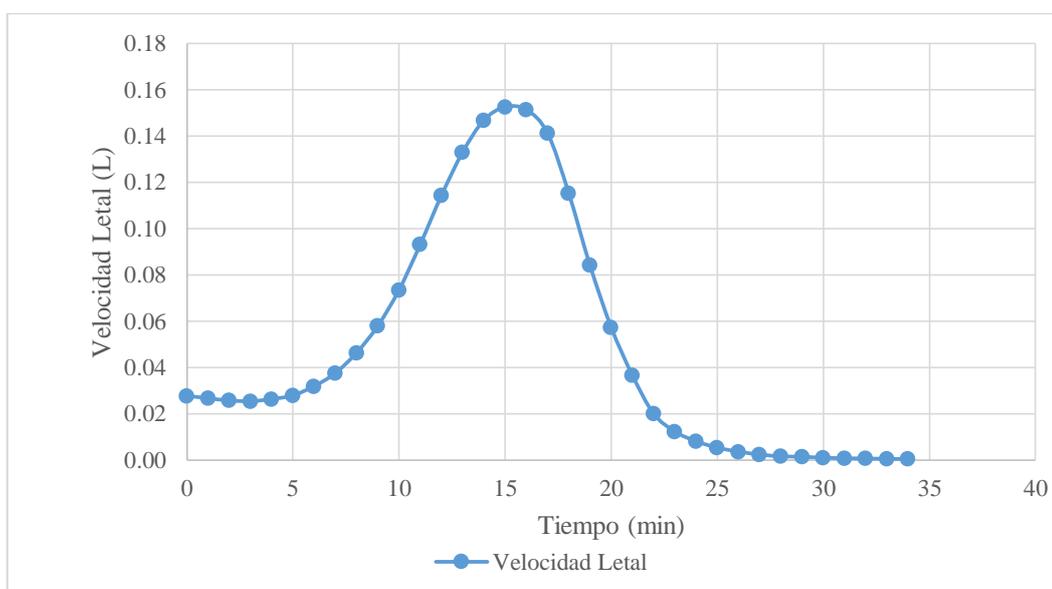


Figura 28: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 100 °C de la accesión miscucho naranja.

En la Figura 29 se muestra la curva de penetración de calor durante la pasteurización a 100 °C en la accesión Miscucho Naranja. Se observa que el valor de letalidad obtenido (línea anaranjada) superó el valor teórico (línea discontinua).

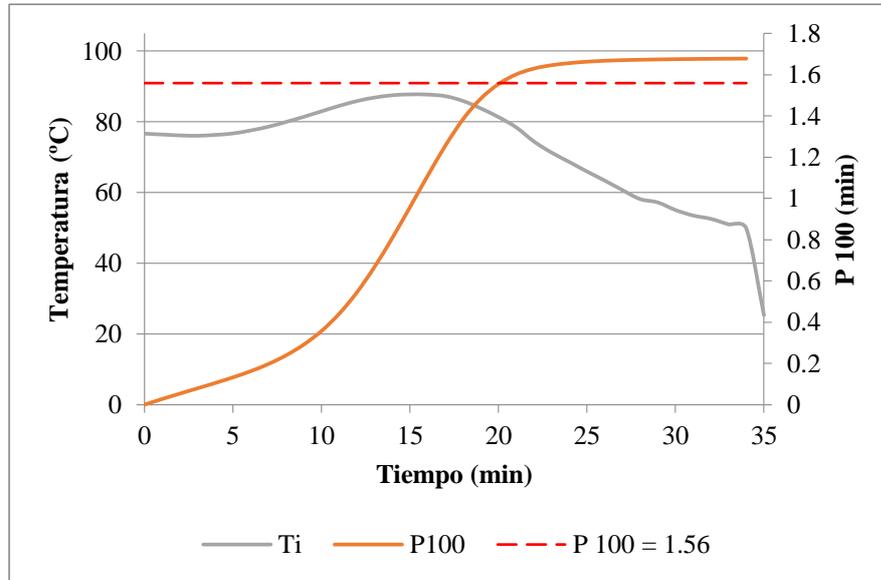


Figura 29: Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión miscucho naranja elaborada a 100°C.

En la Figura 30 se observa el comportamiento de los valores de velocidad letal en la pasteurización a 100 °C de la accesión Miscucho Naranja, en donde estos valores se incrementan durante la fase de calentamiento y disminuyen durante la fase de enfriamiento.

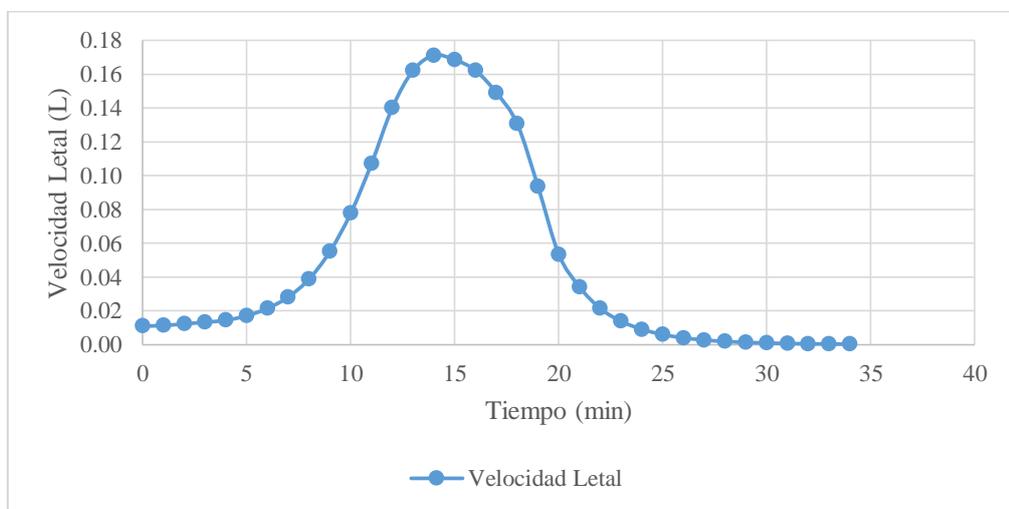


Figura 30: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 100 °C de la accesión miscucho amarillo.

En la Figura 31 se muestra la curva de penetración de calor durante la pasteurización a 100 °C en la accesión Miscucho Amarillo. Se observa que el valor de letalidad obtenido (línea anaranjada) superó al valor teórico (línea discontinua).

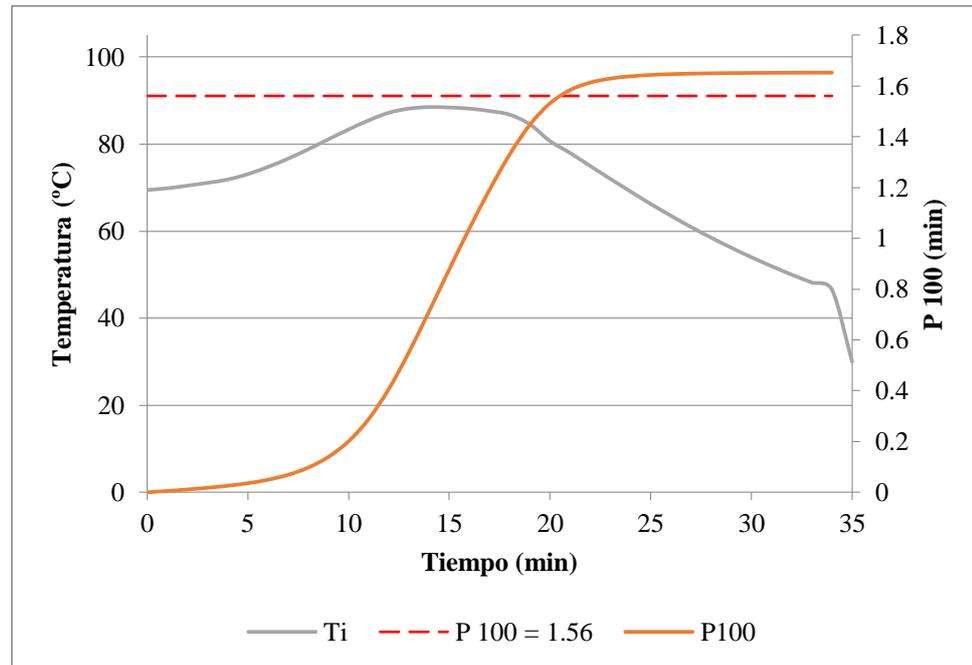


Figura 31: curva de penetración de calor en la salsa de ají miscucho amarillo elaborada a 100 °C.

En la Figura 32 se observa el comportamiento de los valores de velocidad letal durante la pasteurización a 100 °C en la accesión Chico, en donde estos valores aumentaron durante la fase de calentamiento, mientras que disminuyeron durante la fase de enfriamiento. Asimismo, se registraron los valores más altos de velocidad letal durante la pasteurización a 100 °C y podría inferirse que hubo una letalidad mayor sobre el microorganismo de referencia.

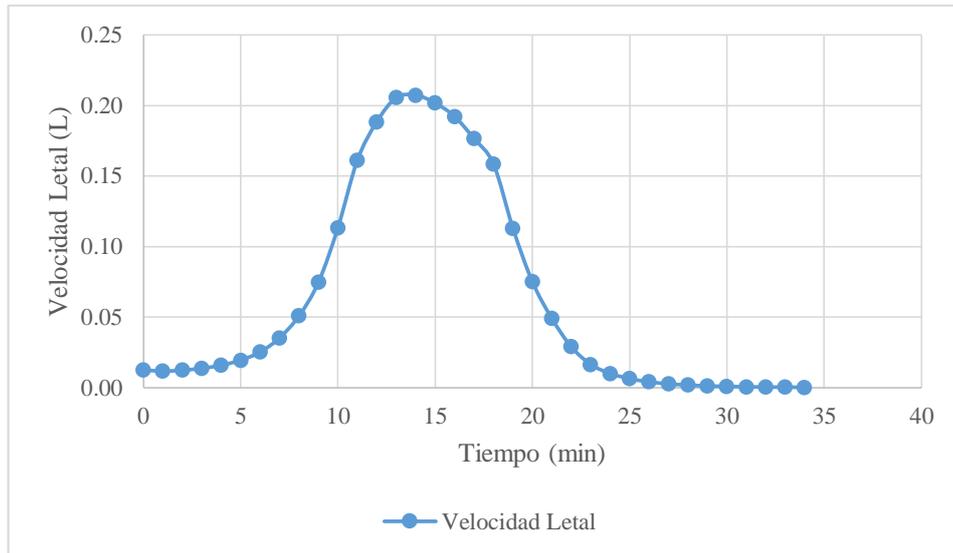


Figura 32: Comportamiento de los valores de velocidad letal respecto al tiempo durante la pasteurización a 100 °C de la accesión chico.

En la Figura 33 se muestra la curva de penetración de calor durante la pasteurización a 100 °C en la accesión Chico. En el tratamiento térmico de esta accesión se obtuvo el mayor valor de letalidad (línea anaranjada), el cual superó al valor teórico (línea discontinua).

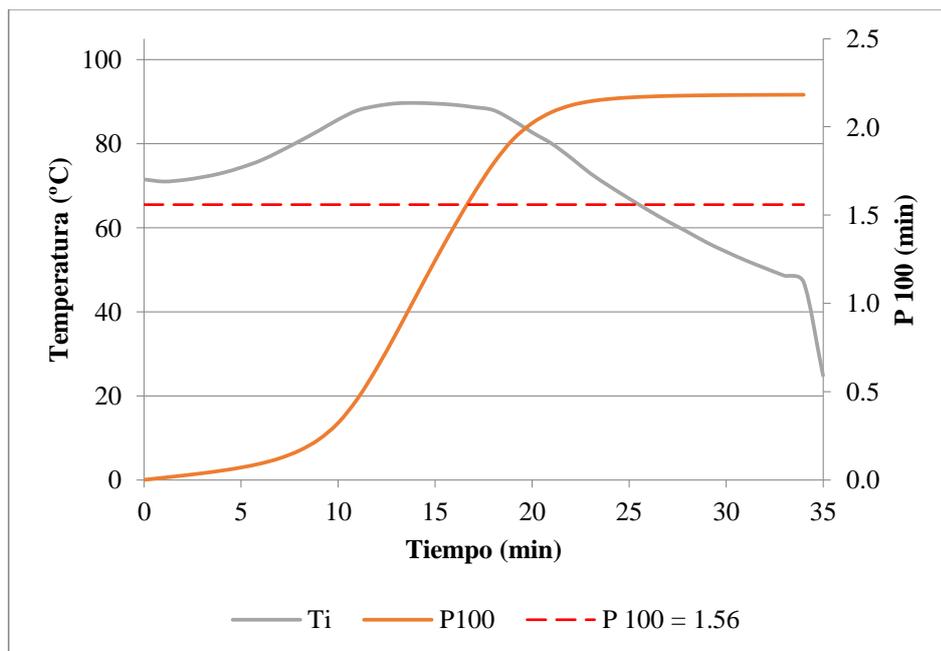


Figura 33: Curva de penetración de calor en la salsa de ají accesión chico elaborada a 100 °C.

4.2.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS SALSAS DE AJÍES NATIVOS

a. Determinación de humedad en los ajíes frescos

Se determinó el contenido de humedad en las tres accesiones de ají fresco, tal como se muestra en el Cuadro 14. Los valores de humedad determinados en las tres accesiones no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Estos resultados fueron semejantes a los reportados por el Instituto Nacional de Salud-INS (2009) que reportó 88,9 por ciento en la parte comestible del ají amarillo.

Cuadro 14: Valores de humedad en tres accesiones de ají seleccionadas

ACCESIÓN	CHICO	MISCUCHO AMARILLO	MISCUCHO NARANJA
Especie	<i>C. baccatum</i>	<i>C. chinense</i>	<i>C. chinense</i>
Humedad (%) ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾	81,68±0,02 a	87,9±0,02 a	83,45±0,02 a

(i): Media ± Desviación estándar, (i): Letras iguales significan que no existen diferencias significativas para la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05.

b. Determinación de pH

En el Cuadro 15 se muestran los valores de pH determinados en la parte comestible de las accesiones seleccionadas de ajíes nativos. Los valores de las ajíes frescos Miscucho Amarillo y Miscucho Naranja (*Capsicum chinense*) fueron cercanos a los encontrados por Pino *et al.* (2007) para el Habanero (*Capsicum chinense* Jack). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las tres accesiones las cuales pudieron deberse a la genética de la planta y a las condiciones agronómicas y geográficas.

Cuadro 15: Valores de pH en tres accesiones de ají seleccionadas

	ACCESIÓN	CHICO	MISCUCHO AMARILLO	MISCUCHO NARANJA
pH ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾	Ají fresco	5,38±0,02 a	5,24 ±0,02 b	5,18±0,02 c
	Salsa de ají	4,08±0,03 a	4,03±0,02 a	4,07±0,02 a

(i): Media ± Desviación estándar, (i): Letras diferentes significan que existen diferencias significativas para la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05.

Por otro lado, se muestra el valor de pH determinado en cada salsa de ají. Como se puede observar no hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las tres salsas elaboradas con cada accesión, ya que el pH de éstas fue regulado por ácido cítrico. Por otro lado, Howard *et al.* (1999) reportaron una mayor disminución de pH en puré de zanahoria después del procesamiento térmico, que se puede atribuir a una reducción del tamaño de partícula y la posterior liberación de ácidos orgánicos y reacciones desconocidas adicionales. Sin embargo, este fenómeno no ocurrió en las salsas de ají.

El pH de la salsa de ají (4,1) es también un factor que ha ayudado a retener los carotenoides. Según Chen *et al.*, citado por Rodríguez-Amaya (1999), el pH también juega un rol importante para la conservación de los carotenoides. En jugo de zanahoria acidificado (pH=4,0), al ser sometido a pasteurización, se retuvo 92-96 por ciento de carotenoides presentes, en comparación con jugo de zanahoria regular (pH=6,1) en el cual se retuvo tan solo el 54-55 por ciento.

c. Determinación de color en las salsas de ajíes nativos

Las características de color en las salsas de ají fueron descritas por las coordenadas CIELAB utilizando el colorímetro MINOLTA. En el Cuadro 16 se muestran los valores de luminosidad de tres accesiones de ajíes nativos en muestra fresca, escaldada y luego del tratamiento térmico a 90 °C y 100 °C. No existen diferencias estadísticamente ($p \leq 0,05$) significativas entre las accesiones frescas Miscucho Amarillo y Miscucho Naranja, pero, éstas presentan diferencias significativas con la accesión Chico.

Cuadro 16: Variación del valor de luminosidad (L*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	TRATAMIENTO							
	MATERIA PRIMA ^{(I)(II)(III)}		ESCALDADO ^(IV)		PASTEURIZACIÓN 90°C		PASTEURIZACIÓN 100°C	
Chico	35,33±2,00	Aa	28,69±2,73	Aa	32,07±1,60	Aa	29,26 ±1,4	Aa
Miscucho Amarillo	50,52±1,86	Ba	45,5±2,62	Bab	39,96±3,57	Bb	43,78 ±1,4	Bab
Miscucho Naranja	44,51±2,42	Ba	42,25±0,89	Ba	46,08±1,80	Ba	40,61 ±1,1	Ba

(I): Media ± Desviación estándar, (II): Letras mayúsculas indican la comparación de accesiones en un mismo tratamiento, (III): Letras minúsculas indican la comparación de tratamientos en una misma accesión, (IV): Tratamiento control.

Por otro lado, no hubo efecto estadísticamente ($p \leq 0,05$) significativo del tratamiento térmico sobre la luminosidad en las accesiones Chico y Miscucho Naranja. Sin embargo, en la accesión Miscucho Amarillo la pasteurización a 90 °C afectó significativamente el valor de luminosidad respecto a la materia prima, pero no hubo diferencias significativas en el valor de luminosidad luego del escaldado y la pasteurización a 100 °C.

Archana *et al.* (1995) reportaron un incremento en la luminosidad debido a la acidificación, el cual fue atribuido a los cambios en los isómeros de carotenoides presentes. Un cambio en la pigmentación también se observó en el pH alterado del puré de camote, en donde al ajustar el pH a su valor original se obtuvo el color original de la muestra (Ice *et al.* 1980). Sin embargo, al acidificar el medio en el Miscucho Amarillo la luminosidad disminuyó significativamente.

En el Cuadro 17 se muestran los valores de a^* (tendencia del verde al rojo) en las accesiones de ajíes nativos. Como se puede observar, hay diferencias estadísticamente ($p \leq 0,05$) significativas entre las tres accesiones de ajíes nativos. La accesión Chico, debido a su coloración roja, fue la que mayor valor de a^* presentó, mientras que la accesión Miscucho Amarillo fue la de menor valor. Por otro lado, no hubo un efecto significativo del tratamiento térmico sobre el valor a^* en las accesiones Miscucho Amarillo y Miscucho Naranja, pero sí hubo una disminución significativa en la accesión Chico. Puede que esa disminución se deba a la disminución de carotenoides responsables de la coloración roja. Al respecto, Schweiggert *et al.* (2006) observaron que, en pasta de chiles rojos, ocurre una disminución del picor y el color, cuando los chiles se escaldan a 80 °C, 90 °C y 100 °C por 5 y 10 min. Los carotenoides, responsables del color rojo de los chiles, son muy susceptibles a los cambios de temperatura y pH; en particular durante el procesamiento térmico se convierten a epóxidos, disminuyendo el color rojo (Barrett *et al.* 2005). Por otro lado, Montoya *et al.* (2010) señalan que las salsas de chiltepín rojo fueron afectadas por la temperatura (85 °C y 90 °C). El color rojo, analizado en base a la variable a^* , disminuyó en 43 por ciento.

Cuadro 17: Variación del valor de a* de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	TRATAMIENTO							
	MATERIA PRIMA ^{(I)(II)(III)}		ESCALDADO ^(IV)		PASTEURIZACIÓN 90 °C		PASTEURIZACIÓN 100 °C	
Chico	31,62±1,49	Aa	26,99±4,03	Ab	27,74±2,73	Aab	25,78±1,4	Ab
Miscucho Amarillo	5,14±0,78	Ba	4,49±0,11	Ba	4,52±0,07	Ba	4,59±0,3	Ba
Miscucho Naranja	17,35±1,21	Ca	15,6±0,45	Ca	14,06±0,54	Ca	13,36±0,2	Ca

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras mayúsculas indican la comparación de accesiones en un mismo tratamiento, (III): Letras minúsculas indican la comparación de tratamientos en una misma accesión, (IV): Tratamiento control.

En el Cuadro 18 se muestran los valores de b* (tendencia del azul al amarillo) en las tres accesiones de ajíes nativos. En las accesiones Chico y Miscucho Naranja no hubo diferencias significativas, en el valor b*, luego del escaldado y de la pasteurización a 90 °C y 100 °C. Sin embargo, en el Miscucho Amarillo los tratamientos térmicos disminuyeron significativamente el valor b*, es decir la coloración amarilla disminuyó. Esta disminución pudo haber sido causado por una oxidación enzimática durante el cortado del ají y las altas temperaturas durante el tratamiento térmico.

Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre las accesiones frescas Miscucho Amarillo y Miscucho Naranja, pero éstas presentaron diferencias significativas con la accesión Chico. Luego de la pasteurización a 90 °C y 100 °C no hubo diferencias significativas en el valor b* entre las tres accesiones de ajíes debido a que su valor disminuyó en el Miscucho Amarillo.

Cuadro 18: Variación del valor de b* de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	TRATAMIENTO							
	MATERIA PRIMA ^{(I)(II)(III)}		ESCALDADO ^(IV)		PASTEURIZACIÓN 90 °C		PASTEURIZACIÓN 100 °C	
Chico	24,72±3,82	Aa	23,25±5,94	Aa	25,92±3,10	Aa	24,17±3,8	Aa
Miscucho Amarillo	37,68±1,49	Ba	28,56±0,58	ABb	24,85±2,22	Ab	29,39±3,1	Ab
Miscucho Naranja	32,17±1,14	Ba	33,48±1,89	Ba	31,91±1,93	Aa	30,31±0,7	Aa

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras mayúsculas indican la comparación de accesiones en un mismo tratamiento, (III): Letras minúsculas indican la comparación de tratamientos en una misma accesión, (IV): Tratamiento control.

Altos valores de L* indican un color más luminoso mientras que los valores chroma y value bajos corresponden a colores más oscuros (Yang y Yang 1987). El valor chroma (C*) en el Miscucho Amarillo disminuyó significativamente luego del escaldado como se puede apreciar en el Cuadro 19. Esta pérdida del chroma está relacionada con la disminución del valor b*, sin embargo, después de la pasteurización a 90 °C y 100 °C no hubo cambios significativos.

Por otro lado, en las accesiones Chico y Miscucho Naranja los diferentes tratamientos no afectaron, significativamente, el valor chroma. Sin embargo, Montoya *et al.* (2010) reportaron una disminución del valor chroma en la salsa de chiltepín rojo luego de aplicar un tratamiento térmico de 85 °C y 90 °C y, asimismo, señalaron que el color rojo fue menos afectado en la salsa pasteurizada a 85 °C.

Cuadro 19: Variación del valor de Chroma (C*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	MATERIA PRIMA ^{(I)(II)(III)}		ESCALDADO ^(IV)		PASTEURIZACIÓN 90 °C		PASTEURIZACIÓN 100 °C	
	Chico	40,21±2,68	Aa	35,66 ±6,88	Aa	37,96 ±4,07	Aa	35,34 ±4,57
Miscucho Amarillo	38,04±1,38	Aa	28,91±0,59	Bb	25,26±2,20	Bb	29,74±3,12	Ab
Miscucho Naranja	36,56 ±0,54	Aa	36,94±1,88	Aa	34,87±1,98	Aa	33,13±0,62	Aa

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras mayúsculas indican la comparación de accesiones en un mismo tratamiento, (III): Letras minúsculas indican la comparación de tratamientos en una misma accesión, (IV): Tratamiento control.

En el Cuadro 20 se observa que el ángulo de matiz de la accesión Chico fue 31,66 ° y se encuentra en la zona rojo claro de la esfera del color, la accesión Miscucho Naranja 73,63 ° y se encuentra en la zona anaranjada y Miscucho Amarillo 88,90 ° y se encuentra en la zona amarilla. Asimismo, se observa que el ángulo de matiz del Miscucho Naranja es cercano al del Miscucho Amarillo, por lo que podría inferirse que el primero contiene carotenoides mayoritarios responsables del color amarillo.

Cuadro 20: Variación del valor de ángulo de matiz (θ^*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	MATERIA PRIMA ^{(I)(II)(III)}		ESCALDADO ^(IV)		PASTEURIZACIÓN 90 °C		PASTEURIZACIÓN 100 °C	
	Chico	31,66 ±7,84	Aa	35,91±6,61	Aa	40,98 ±2,06	Aa	41,04±2,95
Miscucho Amarillo	88,9 ±0,40	Ba	88,59±0,04	Ba	88,08±0,27	Ba	88,59±0,17	Ba
Miscucho Naranja	73,63 ±3,13	Ca	77,72±0,83	Ca	79,00±0,48	Ca	79,00±0,48	Ca

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras mayúsculas indican la comparación de accesiones en un mismo tratamiento, (III): Letras minúsculas indican la comparación de tratamientos en una misma accesión, (IV): Tratamiento control.

Por otro lado, el tratamiento térmico no afectó significativamente el valor del ángulo durante el procesamiento de las tres accesiones de ají. Sin embargo, Montoya *et al.* (2010) reportaron que el ángulo de matiz en las salsas de chiltepín rojo se incrementó respecto a la materia prima luego de aplicar tratamientos térmicos a 85 °C y 90 °C.

En el Cuadro 21 se muestran los valores de ΔE^* , el cual expresa el cambio total durante la elaboración de las salsas de ajíes nativos. La clasificación de ΔE^* se basó en lo reportado por Cserhalmi *et al.* (2006): 0-0,5 (no visible), 0,5-1,5 (poco perceptible), 1,5-3,0 (perceptible), 3,0-6,0 (bien visible) y mayor a 6,0 (grande). Se puede apreciar que el cambio de color en la salsa del ají Chico fue el mayor, ya que el valor fue mayor a 6. Por otro lado, se observa que el cambio total de color en el miscucho amarillo disminuyó de acuerdo al aumento de temperatura de proceso. Finalmente, el cambio total de color en el miscucho naranja se mantuvo en la clasificación de bien visible durante el proceso de elaboración. La menor variación de color en las accesiones miscucho naranja y miscucho amarillo, luego de la pasteurización a 100 °C, pudo deberse a la mayor inactivación de la actividad enzimática luego del escaldado.

Cuadro 21: Variación del color total (ΔE^*) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	ESCALDADO ^{(I)(II)}	PASTEURIZACIÓN	PASTEURIZACIÓN
		90 °C	100 °C
Chico	11,29 ±6,68	6,19±2,76	9,09±4,00
Miscucho Amarillo	10,67±3,51	6,88±4,75	3,35±3,23
Miscucho Naranja	4,48 ±0,54	5,58±0,73	4,39±2,21

(I): Media ± desviación estándar, (II): Tratamiento control.

d. Determinación de carotenoides totales en las salsas de ajíes nativos

En el Cuadro 22 se aprecia que las accesiones de ajíes presentaron diferencias significativas en el contenido de carotenoides totales. Estas accesiones fueron cosechadas de un lugar diferente a las analizadas en la etapa de selección. La accesión Miscucho Naranja contuvo 34,71 mg de carotenoides totales/100 g de pulpa cosechado en el primer campo, mientras que en el nuevo campo 6,30 mg de carotenoides totales/100 g de pulpa tal como se observa en los Cuadros 8 y 22, respectivamente. Esta diferencia pudo ser causada por las condiciones de clima, suelo y geografía. Esto coincide con lo mencionado por Dutta *et al.* (2005) quienes indican que las diferencias en composición en cuanto a carotenoides, son debido a factores como la variedad, el estado de madurez, clima (la luz solar incrementa la producción de carotenoides en la planta), geografía del lugar de producción y prácticas agrícolas (uso de ciertos herbicidas, afectarían negativamente). Por el contrario, el contenido de carotenoides totales en las accesiones Chico y Miscucho Amarillo no fue afectado.

Cuadro 22: Variación del contenido de carotenoides totales (mg β -caroteno eq. /100 g de pulpa) de tres accesiones de ajíes nativos durante el procesamiento a salsas

ACCESIÓN	TRATAMIENTO							
	MATERIA PRIMA ^{(I)(II)(III)}		ESCALDADO ^(IV)		PASTEURIZACIÓN 90 °C		PASTEURIZACIÓN 100 °C	
Chico	83,85 ±3,61	Aa	67,183±0,21	Ab	60,16±0,64	Ac	58,67±0,79	Ac
Miscucho Amarillo	1,44±0,01*	Ba	1,24±0,01	Ba	1,47±0,02	Ba	1,44±0,01	Ba
Miscucho Naranja	6,3 ±0,01	Ca	4,17±0,05	Cb	3,52±0,02	Cb	4,06±0,04	Cb

(I): Media ± desviación estándar, (II): Letras mayúsculas indican la comparación de accesiones en un mismo tratamiento, (III): Letras minúsculas indican la comparación de tratamientos en una misma accesión, (IV): Tratamiento control.

Luego del escaldado, el contenido de carotenoides totales disminuyó significativamente en la accesión Chico de 83,85 a 67,18 mg/100 g de pulpa, mientras que en la accesión Miscucho Naranja de 6,30 a 4,17 mg/100 g de pulpa. La variación en el contenido de carotenoides totales pudo deberse a la acción de las enzimas oxidativas durante el acondicionamiento del ají y a la termolabilidad de los carotenoides durante el escaldado. Esto coincide con lo señalado por Podsedek (2007), quien indica que durante el procesamiento de vegetales las operaciones de acondicionamiento como cortado y pelado inducen a la rápida disminución de varios antioxidantes dada la ruptura de los tejidos que ponen en contacto a los compuestos fenólicos con las enzimas de oxidación. Además, los cambios cualitativos, degradación de antioxidantes y su lixiviación en agua pueden influir en la actividad antioxidante de los vegetales. Sin embargo, Liu *et al.* (2007) no detectaron carotenoides en el agua usada para hervir vegetales. Se han lixiviado carotenoides en aceite, debido a su naturaleza liposoluble (Kao *et al.* 2012). Algunos compuestos antioxidantes como el ácido ascórbico y carotenoides son muy sensibles al calor y almacenamiento y se pierden durante las diferentes etapas de procesamiento de vegetales (Zhang y Hamauzu 2004). Asimismo, la degradación de carotenoides ocurre a temperaturas cercanas o superiores a los 40 °C (Hianne *et al.*, citado por Alcides 2010). Por otro lado, la accesión Miscucho Amarillo no presentó diferencias estadísticamente significativas en el contenido de carotenoides totales entre la pulpa fresca y la escaldada. El porcentaje de retención de carotenoides totales, luego del escaldado, fue de 80,12 por ciento para la accesión Chico y 66,19 por ciento para el Miscucho Naranja.

En el Cuadro 22 se puede apreciar que hubo una disminución significativa del contenido de carotenoides totales en la accesión Chico luego del tratamiento térmico a 90 °C y a 100 °C. Sin embargo, en las accesiones Miscucho Amarillo y Miscucho Naranja no hubo diferencias significativas en el contenido de carotenoides totales. Rodríguez-Amaya (1999) menciona que los tratamientos de cocción pueden permitir la retención de carotenoides en la matriz alimentaria, siempre y cuando se lleven a cabo buenas prácticas tecnológicas y combinaciones apropiadas de tiempo y temperatura, y aplicando una apropiada fuente térmica. Asimismo, menciona que el escaldado puede reducir el contenido de carotenoides en forma inicial, pero prevendrá pérdidas posteriores y mayores durante el procesamiento y almacenamiento. De igual manera, Oliveira *et al.* (2015) reportaron que el proceso de pasteurización no afectó de manera significativa el contenido de carotenoides totales en duraznos.

En el procesamiento de la accesión Chico hubo un exceso de tratamiento térmico durante el proceso de pasteurización a 90 °C y 100 °C tal como se observan en el Cuadro 10 y Cuadro 11, respectivamente. Probablemente esto haya disminuido el contenido de carotenoides totales ya que éstos son sensibles al oxígeno y al calor. Al respecto, Rodríguez-Amaya (2009) indica que los carotenoides son compuestos susceptibles a reacciones de oxidación favorecidas por el aumento en la temperatura de procesamiento. Mertz *et al.* (2009) mencionan que el tratamiento térmico, en función a la duración y severidad del mismo, induce a considerables pérdidas en el contenido de carotenoides, con modificaciones en su estructura. Asimismo, el procesamiento puede causar la isomerización y degradación de todos los trans- β -caroteno (Deming *et al.* 2002). Bugianesi *et al.* (2004) y Nunn *et al.* (2006) señalan que la liberación de carotenoides desde la matriz del alimento puede ser mejorada por cocción; sin embargo, ésta y el procesamiento han sido reportados de tener un efecto perjudicial en la bioaccesibilidad de carotenoides en vegetales. No obstante, en el caso de zanahorias, Howard *et al.* (1999) reportaron que la cocción incrementó los niveles de carotenoides en el producto. Esto puede ser explicado en términos de pérdida de sólidos solubles en el líquido de gobierno durante el procesamiento, pérdida de enzimas degradadoras de carotenoides o a un aumento en la degradación del tejido, el cual permite una mayor accesibilidad de los carotenos en los solventes de extracción.

En la accesión Chico el porcentaje de retención de carotenoides totales fue de 89,55 por ciento a 90 °C y 87,33 por ciento a 100 °C. Speek *et al.*, mencionado por Rodríguez-Amaya (1999), reportaron retenciones de β -caroteno en el rango de 50 a 89 por ciento durante la cocción de nueve vegetales en agua potable hirviendo. Por otra parte, la cocción tradicional en agua durante 60 minutos de 17 vegetales paquistaníes llevó a una retención de 41 a 90 por ciento en la actividad de vitamina A (Nagra y Khan, citado por Rodríguez-Amaya 1999). Los valores obtenidos de porcentaje de retención de carotenoides totales se encuentran dentro del rango reportado por los autores.

Finalmente, el mayor efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de carotenoides totales se registró en el Miscucho Naranja, ya que la retención total de la salsa pasteurizada a 90 °C y 100 °C con respecto al fruto fresco fue de 55,87 y 64,44 por ciento, respectivamente. Mientras que en la accesión Chico la retención total de la salsa pasteurizada a 90 °C y 100 °C con respecto al fruto fresco de 71,75 y 69,97 por ciento, respectivamente.

V. CONCLUSIONES

- Las 20 accesiones de ajíes nativos de color rojo presentaron valores de L* entre 31,86 y 37,34, a* entre 28,65 y 36,47, y b* entre 7,68 y 23,20. Las accesiones amarillas presentaron valores de L* entre 62,18 y 66,52, a* entre -4,30 y -3,58, y b* entre 53,79 y 57,06. Las accesiones anaranjadas presentaron valores de L* entre 36,84 y 56,56, a* entre 7,90 y 36,83, y b* entre 19,09 y 56,65.
- El contenido de carotenoides totales en las 20 accesiones de ajíes nativos estuvo comprendido entre 49,66 y 189,71 mg β -caroteno/ 100g de pulpa para las accesiones rojas, entre 2,68 y 4,49 mg β -caroteno/ 100g de pulpa para las accesiones amarillas, y entre 4,62 y 39,18 mg β -caroteno/ 100g de pulpa para las accesiones anaranjadas.
- Las tres accesiones seleccionadas fueron: Chico, de color rojo, con contenido de carotenoides totales de 81,09 mg β -caroteno/ 100 g de pulpa y valores de L* (37,34 \pm 1,19), a* (28,65 \pm 2,27) y b* (19,91 \pm 1,32); Miscucho Amarillo de color amarillo, con contenido de carotenoides totales de 2,69 mg β -caroteno/ 100 g de pulpa y valores de L*(62,18 \pm 1,83), a* (-4,30 \pm 0,59) y b* (53,79 \pm 3,19); y Miscucho Naranja, de color anaranjado, con contenido de carotenoides totales de 34,71 mg β -caroteno/ 100g de pulpa y valores de L*(56,56 \pm 0,92), a* (19,26 \pm 0,89) y b* (48,56 \pm 1,05).
- El punto más frío en los envases de salsa de ají se ubicó a $\frac{3}{4}$ desde la tapa del mismo.
- El escaldado disminuyó en 10,03 por ciento y 24,20 por ciento el valor L* (50,52 \pm 1,86) y b* (37,68 \pm 1,49), respectivamente, en la accesión Miscucho Amarillo y disminuyó el valor a* (31,62 \pm 1,49) en 14,64 por ciento en la accesión Chico. En cuanto al contenido de carotenoides, la accesión Chico fresco (83,85 \pm 3,61 mg β -caroteno /100g de pulpa) disminuyó en 19,88 por ciento y la accesión Miscucho Naranja fresco (6,30 \pm 0,01mg β -caroteno /100g de pulpa) disminuyó en 33,81 por ciento.

- Para alcanzar el P_0 igual 1,56 minutos, el tiempo de procesamiento a 90 °C fue de 16 minutos en la accesión Chico y Miscucho amarillo, y de 17 minutos en la accesión Miscucho naranja. Mientras que a 100 °C fue de 8 minutos para las tres accesiones.
- Los tratamientos térmicos a 90 °C y 100 °C no afectaron significativamente el color de las tres salsas de ajíes nativos. Mientras que el contenido de carotenoides totales disminuyó en 10,45 por ciento y 12,67 por ciento, respectivamente, en la accesión Chico ($83,85 \pm 3,61$ mg β -caroteno /100 g de pulpa).

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda identificar los carotenoides mayoritarios en las accesiones de ajíes nativos a través de un análisis Cromatográfico- Líquido de Alto Desempeño (HPLC).
- Identificar mediante técnicas cromatográficas (HPLC) el impacto del procesamiento tecnológico en los carotenoides mayoritarios durante la elaboración de las salsas de ajíes nativos.
- Realizar estudios acerca de la determinación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el fruto del ají (*Capsicum spp.*) en diferentes estados de madurez y durante el almacenamiento postcosecha a temperatura ambiente y en refrigeración.
- Realizar estudios sobre el efecto de la actividad enzimática durante el procesamiento de las salsas de ajíes nativos.
- Realizar estudios de vida en anaquel de las salsas de ajíes nativos para determinar la variación de los carotenoides y color a través del tiempo.
- Investigar sobre el efecto de nuevas tecnologías de pasteurización no térmicas que permitan retener una mayor cantidad de carotenoides en las salsas de ajíes nativos.
- Realizar una intersección entre la curva de degradación microbiológica y la degradación del color y contenido de carotenoides totales

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, Estados Unidos). 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Maryland, Estados Unidos.
- Archana, GN; Prakash, J; Asha, MR; Chand, N. 1995. Effects of processing on pigments of certain selected vegetables. Food Quality (18):91-101.
- Arthey, D; Ashurst, P. 1996. Procesado de Frutas. Zaragoza, España, Acribia. p. 38-40.
- Ball, CO; Olson, FCW. 1957. Sterilization in food technology: theory, practice and calculations. 1 ed. Nueva York, Estados Unidos, McGraw- Hill Company. 654 p.
- Bernstein, P; Delori, F; Richer, S; Van Kuijk, F; Wenzel, A. 2010. The value of measurement of macular carotenoid pigment optical densities and distributions in age- related macular degeneration and other retinal disorders. Vision Research 50(7):716- 728.
- Brennan, JG; Butters, JR; Cowell, NN. 1998. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 3 ed. Zaragoza, España, Acribia. 726 p.
- Braverman, JBS. 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Nva. Ed. Berk, Z(ed.). México D.F., México, Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V. 358 p.
- Bugianesi, R; Salucci, M; Leonardi, C; Ferracane, R. 2004. Effect of domestic cooking on human bioavailability of naringenin, chlorogenic acid, lycopene and β -carotene in cherry tomatoes. European Journal of Nutrition (43):360-366.
- Cabieses, F. 2000. Antropología del ají. Lima, Perú, Editorial INMETRA (Instituto Nacional de Medicina Natural).

- Casp, A; Abril, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. 3 ed. Madrid, España, Editorial Mundi-Prensa.
- CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Austria). 1978. Recommendations on uniform color spaces, color-difference equations, psychometric color terms. Viena, CIE Publication. v. 15, t. 3, supl. 2, 21 p.
- Christie, MR. 2001. La química del color. Zaragoza, España, Editorial Acribia S.A. 211 p.
- Cserhalmi, Z; Sass-Kiss, Á; Tóth-Markus, M; Lechner, N. 2006. Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (7):49-54.
- Cserhati, T; Forgacs, E; Darwish, Y; Morais, H; Mota, T; Ramos, A. 2002. Effect of reduced glutathione on the stability of pigments in paprika powders studied by multiwavelength spectrometry and high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* (949):269-273.
- Dávila, R. 2003. Determinación de taninos, vitamina C y capacidad antioxidante en frutos de carambola (*Averrhoa carambola L*). Tesis Mg.Sc. Tecn. Alimen. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Deming, DM; Teixeira, SR; Erdman, JW. 2002. All-trans- β -carotene appears to be more bioavailable than 9-cis or 13-cis- β -carotene in gerbils given single oral doses of each isomer. *Journal of Nutrition* (132)9:2700-2708.
- Dogan, A. 2010. Storage of red chili pepper under hermetically sealed or vacuum conditions for preservation of its quality and prevention of mycotoxin occurrence. *Journal of Stored Products Research* (46)3:155-160.
- Dutta, D; Chaudhuri, UR; Chakraborty, R. 2005. Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids (en línea). *African Journal of Biotech.* 4(13):1510-1520. Consultado 13 mar. 2016. Disponible en <http://www.academicjournals.org/AJB>.

- Elías, C; García, M; Morales, E. 2014. Manual de tratamiento térmico de alimentos. 1 ed. Lima, Perú, Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. 154 p.
- Encina, CR. 2006. Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) para la mayor retención de ácido ascórbico. Tesis Mg.Sc. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Fellows, P. 1994. Tecnología del procesado de alimentos: principios y prácticas. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 549 p.
- Fennema, OR. 2010. Química de los Alimentos. 3 ed. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 1166 p.
- FINTRAC. 2003. Agricultural solutions to end hunger and poverty: post harvest (en línea). Boletín técnico 1. Consultado 13 mar. 2016. Disponible en http://www.fintrac.com/docs/honduras/bt_01_poscosecha-cloro-05_03.pdf.
- Giuffrida, D; Dugo, P; Torre, G; Bignardi, CH; Cavazza, A; Corradini, C; Dugo, G. 2013. Characterization of 12 Capsicum varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. Food Chemistry 140(4):794-802.
- Hornero-Méndez, D, Gómez-Ladrón De Guevara, R; Mínguez-Mosquera, M. 2000. Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (*Capsicum annuum L.*) cultivars during ripening cultivar selection for breeding. Agric. Food Chem. 48(9):3857-3864.
- Howard, LA; Wong, AD; Perry, AK; Klein, BP. 1999. β -Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. Food Science 64(5):929-936.
- Howard, L; Talcott, S; Brenes, C; Villalon, B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected peppers cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. Agricultural Food Chemistry 48(5):1713-1720.

- Howard, LR. 2001. Handbook of nutraceuticals and functional foods: antioxidant vitamin and phytochemical content of fresh and processed pepper fruit (*Capsicum annum*). Florida, Estados Unidos, CRC Press. p. 209-233.
- HUNTERLAB. 2012. Measuring color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*, a*, b*. Virginia, Estados Unidos, Hunter Associates Laboratory Inc.
- Ice, JR.; Hamann, DD; Purcell, AE. 1980. Effects of pH, enzymes, and storage time on the rheology of sweet potato puree. *Food Science* 45(6):1614-1618.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods, Estados Unidos). 2000. Microorganismos de los alimentos 1: su significado y métodos de numeración. 2 ed. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 464 p.
- Jing, G; Li, T; Qu, H; Yun, Z; Jia, Y; Zheng; Jiang, Y. 2015. Carotenoids and volatile profiles of yellow- and red-fleshed papaya fruit in relation to the expression of carotenoid cleavage dioxygenase genes. *Postharvest Biology and Technology* 109:114-119.
- Kao, FJ; Chiu, YS, Tsou, MJ; Chiang, WD. 2012. Effects of Chinese domestic cooking methods on the carotenoid composition of vegetables in Taiwan. *Food Science and Technology* 46(2):485-492.
- Khoo, H; Prasad, K; Kong, K; Jiang, Y; Ismail, A. 2011. Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables. *Molecules* 16(2):1710-1738.
- Krishna De, A. 2003. *Capsicum: the genus capsicum*. New York, Estados Unidos, Taylor & Francis Group. 296 p.
- Liu, Y; Perera, CO; Suresh, V. 2007. Comparison of three chosen vegetables with others from South East Asia for their lutein and zeaxanthin content. *Food Chemistry* 101(4):1533-1539.

- Loayza, I; Di Fabio, A; Mato, R; Schwartz, M; Bautista, S; Loayza-Gloria, E; Barragan, V; Ferreira, F. 2001. *Capsicum* y derivados en Iberoamérica: aspectos agrícolas, científicos, tecnológicos y económicos. La Paz, Bolivia, CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). 343 p.
- Mafart, P. 1994. Ingeniería industrial alimentaria: procesos físicos de conservación. 1 ed. Zaragoza, España, Editorial Acribia. v. 1, 286 p.
- Marcia, JR; Portillo, OR. 2009. Informe técnico 2009 programa de hortalizas- HORT09-11: evaluación de siete híbridos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) (en línea). Comayagua, Honduras. 13 p. Consultado 20 may. 2014. Disponible en <https://www.lamjol.info/index.php/FHIAPH/article/download/232/158>.
- Marin, A; Ferreres, F; Tomas-Barberan, FA; Gil, MI. 2004. Characterization and quantification of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum L.*). *Agricultural and Food Chemistry* 52:3861-3869.
- Martínez, G. 2005. Análisis de agro negocio: alianza productiva y comercial de ají (en línea). Cauca, Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 47 p. Informe CORPOCAUCA. Consultado 20 may. 2014. Disponible en <http://www.misionrural.net/observatorio/alianzas/productos/aji/7muni-valle/preinversion.pdf>.
- Mertz, C; Gancel, AL; Gunata, Z; Alter, P; Dhuique- Mayer, C; Vaillant, F; Perez, AM; Ruales, J; Bradt, P. 2009. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Food Composition and Analysis* 22(5):381-387.
- Montoya, L; Gardea, A; Ayala, G; Martínez, Y; Robles, L. 2010. Capsaicinoides y color en Chiltepín (*Capsicum annuum* var. Aviculare): efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* (9)2:197-207.
- Navarro, CH. 2014. Evaluación de seis formulaciones con abonos orgánicos y guano de Islas en el ají “cerezo” (*Capsicum annuum L.*). Tesis Ing. Ind. Alimentarias. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Nicho, P; Malázquez, P. 1995. Cultivo de ají escabeche en el valle de Chancay-Huaral. Lima, Perú, Editorial INIA. p. 20.
- Nuez, F; Gil, R; Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 607 p.
- Nunn, M; Giraud, D; Parkhurst, A; Hamouz, F. 2006. Effects of cooking methods on sensory qualities and carotenoid retention in selected vegetables. *Journal of Food Quality* 29:445-457.
- Oliveira, A; Alexandre, EMC; Coelho, M; Barros, RM; Almeida, DPF; Pintado, N. 2015. Peach polyphenol and carotenoid content as affected by frozen storage and pasteurization. *Food Science and Technology* 6: 361-368.
- Ortiz, RO. 1983. Utilización de descriptores en la caracterización de líneas de *Capsicum*. Tesis Lic. Blgo. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 196 p.
- Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25:683-691.
- Pino, J; Gonzáles, M; Ceballos, L; Centurión-Yah, A; Trujillo-Aguirre, J; Latournerie-Moreno, L; Sauri-Duch, E. 2007. Characterization of total capsaicinoids, colour and volatile compounds of Habanero chilli pepper (*Capsicum chinense* Jack.) cultivars grown in Yucatan. *Food Chemistry* 104(4):1682-1686.
- Podsedek, A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassica vegetables: a review. *Food Composition Analysis* 40(1):1-11.
- Pokorny, J; Yanishlieva, N; Gordon, M. 2005. Antioxidantes de los alimentos: aplicaciones prácticas. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 364 p.
- Pozo, CO; Montes, SH; Redondo, EJ. 1991. Avance en el estudio de los recursos fitogenéticos de México: chile (*Capsicum spp.*). 1 ed. México, SOMEFI. p. 217-238.

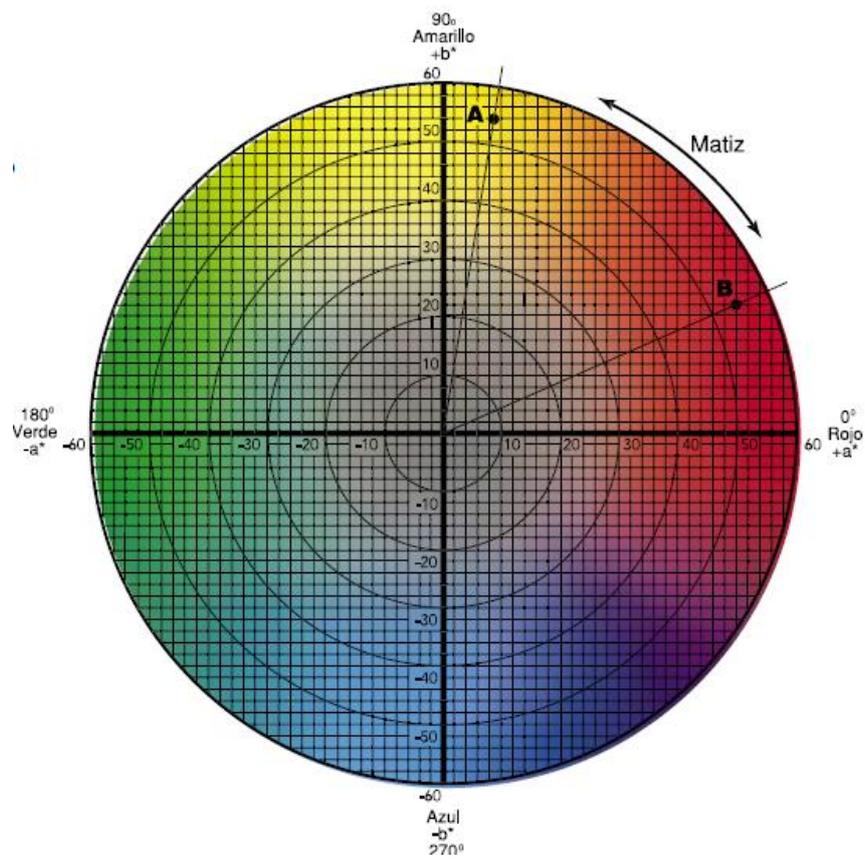
- Pugliese, A; Rosa, MR; Tundis, R; O'Callaghan, Y; Galvin, K; Menichini, F; O'Brien, N. 2013 The effect of domestic processing on the content and bioaccessibility of carotenoids from chili peppers (*Capsicum* species). *Food Chemistry* 141(3):2606-13.
- Barrett, DM; Somogyi, L; Ramaswamy, HS. 2005. *Processing fruits: science and technology*. Nueva York, Estados Unidos, Editorial CRC Press. p. C9.173-C9.200.
- Rees, JAG; Bettison, J. 1994. *Procesado térmico y envasado de alimentos*. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 287 p.
- Rodríguez-Amaya, DB. 1999. Carotenoides y preparación de alimentos: la retención de los carotenoides, provitamina A en alimentos preparados, procesado y almacenados (en línea). Santiago de Chile, Chile. 105 p. Consultado 20 may. 2014. Disponible en <http://www.inta.cl/latinfoods/texto%20final%20completo%20con%20tapas%20.pdf>.
- Romano, G; Argyropoulos, D; Nagle, M; Muller, J. 2011. Combination of digital images and laser light to predict moisture content and color of bell pepper simultaneously during drying. *Journal of Food Engineering* 109(3):438-448.
- Schweiggert, U; Schieber, A; Reinhold, C. 2005. Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6:403-411.
- Schweiggert, U; Schieber, A; Reinhold, C. 2006. Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of chili peppers (*Capsicum frutescens* L). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 7:217-224.
- Sharma, SK; Mulvaney, SJ; Rizvi, SSH. 2003. *Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. 1 ed. Nueva York, Estados Unidos, Limusa. 348 p.
- Stahl, W; Sies, H. 2003. Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine* 24(6):345-351.

- Stumbo, CR. 1973. Thermobacteriology in food processing. 2 ed. Nueva York, Estados Unidos, Academic Press. 236 p.
- Tanaka, T; Shnimizu, M; Moriwaki, H. 2012. Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules* 17(3):3202-3242.
- Toledo, RT. 1999. Fundamentals of food process engineering. 2 ed. Georgia, Estados Unidos, Ruth Bloom. 602 p.
- TIPS&AUSAID (Trade and Industry Policy Strategies & Australian Agency for International Development). 2004. Trade information Brief: Capsicum. Australia.
- Ugás, R; Mendoza, V. 2012. Investigaciones en *Capsicum* nativos. (Serie El Punto de Ají) Lima, Perú, Programa de Investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria LA Molina.
- Ugás, R; Siura, S; Delgado De La Flor, F; Casa, A; Toledo, J. 2000. Datos básicos de cultivo. (Serie Cultivos Hortícolas) Lima, Perú, Programa de Investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria LA Molina.
- Universidad De La Rioja, España. 2016. Capítulo 4: La medida práctica del color (en línea, sitio web). Consultado 03 mar. 2016. Disponible en http://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo04.pdf.
- Valderrama, M; Ugás, R. 2009. Ajíes Peruanos: sazón para el mundo. Lima, Perú, Editorial de la Sociedad Peruana de Gastronomía. 114 p.
- Van Boekel, M. 2008. Kinetic modeling of food quality: a critical review. *Food Science and Food Safety* 7:144-158.
- Vervoort, L; Van Der Plancken, I; Grauwet, T; Verlinde, P; Matser, A; Hendrickx, M; Van Loey, A. 2012. Thermal versus high pressure processing of carrots: a comparative pilot-scale study on equivalent basis. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 15:1-13.

- Westland, S. 2001. Frequently asked questions about colour physics (en línea, sitio web). Consultado 13 mar. 2016. Disponible en <http://www.colourware.co.uk/cpfaq.htm>.
- Wibowo, S; Vervoort, L; Tomic, J; Santanina, J; Lemmens, L; Panozzo, A; Grauwet, T; Hendrickx, M; Van-Loey, A. 2014. Color and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage. *Food Chemistry* 171:330-340.
- X-RITE. 2002. Guía para entender la comunicación del color (en línea). Michigan, Estados Unidos. Consultado 13 mar. 2016. Disponible en http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-001_Understand_Color_es.pdf.
- Yang, C; Yang, P. 1987. Effect of pH, certain chemicals and holding time-temperature on the color of lowbush blueberry puree. *Food Science* 52:346-352.
- Zhang, D; Hamazu, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry* 88(4):503-509.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: ESPACIO DE COLOR CIELAB



FUENTE: Tomado de X- RITE 2002

ANEXO 2: REGISTRO DE TEMPERATURAS DETERMINADAS EN DIFERENTES PUNTOS DEL ENVASE

	1/4 DE LA TAPA		1/2 DE LA TAPA		3/4 DE LA TAPA	
	REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2
TIEMPO (MINUTOS)	TI (°C)	TI (°C)	TI (°C)	TI (°C)	TI (°C)	TI (°C)
0	42,10	54,70	61,27	64,90	61,13	65,10
1	48,30	54,60	61,50	64,80	61,17	65,20
2	51,90	56,90	61,83	64,80	61,43	65,50
3	54,60	59,90	62,31	65,20	62,43	65,70
4	57,10	62,20	62,94	65,70	63,20	65,90
5	59,30	64,40	63,69	66,30	63,90	66,10
6	61,70	66,80	64,67	67,10	64,80	66,50
7	64,60	69,30	65,82	68,10	65,98	67,10
8	67,50	71,70	67,29	69,40	67,45	68,10
9	70,50	74,00	68,84	70,80	69,03	69,20
10	73,70	76,10	70,51	72,30	70,80	70,50
11	76,10	77,80	72,17	73,80	72,38	71,80
12	78,10	79,30	73,73	75,20	73,85	73,10
13	79,70	80,50	75,20	76,50	75,23	74,40
14	80,90	81,50	76,54	77,70	76,43	75,60
15	81,90	82,30	77,78	78,80	77,50	76,70
16	82,60	83,10	78,89	79,80	78,43	77,70

«continuación»

17	83,30	83,70	79,80	80,60	79,28	78,60
18	84,00	84,30	80,69	81,40	80,05	79,40
19	84,60	84,90	81,47	82,10	80,80	80,20
20	85,20	85,50	82,22	82,80	81,48	80,90
21	85,70	86,00	82,88	83,40	82,13	81,60
22	86,20	86,60	83,43	83,90	82,70	82,20
23	86,70	87,10	84,07	84,50	83,28	82,80
24	87,20	87,60	84,60	85,00	83,78	83,30
25	87,70	88,10	85,13	85,50	84,35	83,90
26	88,20	88,50	85,57	85,90	84,85	84,40
27	88,70	88,80	86,09	86,40	85,28	84,80
28	89,10	89,10	86,52	86,80	85,75	85,30
29	89,50	89,40	86,43	87,20	86,15	85,70
30	89,70	89,80	86,73	87,40	86,50	86,10
31	89,70	89,70	87,10	87,70	86,80	86,50
32	89,30	89,10	87,37	87,90	86,85	86,70
33	88,50	88,10	87,50	88,00	86,80	86,90
34	87,50	86,70	87,47	87,90	86,63	87,00
35	86,20	85,20	87,30	87,70	86,23	86,90
36	84,70	83,70	86,97	87,40	85,78	86,80
37	82,50	82,40	86,57	87,00	85,08	86,60
38	80,20	81,20	86,00	86,50	84,28	86,30
39	79,10	80,10	85,33	85,90	83,70	85,90

«continuación»

40	78,20	79,10	84,70	85,40	83,18	85,50
41	76,90	78,10	84,03	84,80	82,48	85,00
42	77,40	77,30	83,40	84,30	82,23	84,50
43	76,10	76,50	82,90	83,80	81,53	84,00
44	74,80	76,10	82,40	83,30	80,83	83,50
45	68,30	75,30	82,00	82,90	78,75	82,90
46	60,90	74,30	81,33	82,40	76,45	82,30
47	57,20	73,30	80,60	81,90	75,08	81,70
48	54,90	71,80	79,73	81,40	74,13	81,20
49	53,30	70,00	78,70	80,80	73,28	80,60
50	52,10	64,30	77,53	80,10	72,45	79,90
51	50,30	58,20	76,00	79,00	71,33	79,00
52	49,10	55,80	74,13	77,40	70,20	77,90
53	48,30	55,00	72,03	75,40	68,95	76,50
54	47,30	54,60	69,90	73,30	67,50	74,90
55	46,50	48,80	67,63	71,00	65,80	72,90
56	45,70	47,80	65,37	68,60	64,03	70,80
57	44,70	46,30	63,07	66,10	62,13	68,60
58	44,00	46,00	60,97	63,80	60,30	66,40

TI: Temperatura interna.

ANEXO 3: VALORES DE LETALIDAD OBTENIDOS EN DIFERENTES PUNTOS DEL ENVASE

TIEMPO (MIN)	1/4 DE LA TAPA				1/2 DE LA TAPA				3/4 DE LA TAPA			
	REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2	
	T(°C)	ÁREA	T(°C)	ÁREA	T(°C)	ÁREA	T(°C)	ÁREA	T(°C)	ÁREA	T(°C)	ÁREA
0	42,1		54,7		61,3		64,9		61,1		65,1	
1	48,3	0,0002478	54,6	0,0009477	61,5	0,0026713	64,8	0,0045361	61,2	0,0025705	65,2	0,0047498
2	51,9	0,0004894	56,9	0,0011395	61,8	0,0027762	64,8	0,0045013	61,4	0,0026306	65,5	0,0048991
3	54,6	0,0007809	59,9	0,0017301	62,3	0,0029534	65,2	0,0046438	62,4	0,0028925	65,7	0,00509
4	57,1	0,0011604	62,2	0,0025708	62,9	0,0032146	65,7	0,0049772	63,2	0,0033176	65,9	0,0052487
5	59,3	0,0016577	64,4	0,0036266	63,7	0,0035822	66,3	0,0054174	63,9	0,0037207	66,1	0,0054123
6	61,7	0,0023659	66,8	0,005176	64,7	0,0041173	67,1	0,006037	64,8	0,0042108	66,5	0,0056694
7	64,6	0,003581	69,3	0,00755	65,8	0,0048404	68,1	0,0069387	66	0,0049565	67,1	0,0061253
8	67,5	0,005589	71,7	0,0109815	67,3	0,0059275	69,4	0,0082952	67,5	0,0061123	68,1	0,0069387
9	70,5	0,0088053	74	0,0157301	68,8	0,0074623	70,8	0,0102134	69	0,0076949	69,2	0,0081573
10	73,7	0,0142223	76,1	0,021993	70,5	0,0095577	72,3	0,0127704	70,8	0,0099418	70,5	0,0098211
11	76,1	0,0215771	77,8	0,0293103	72,2	0,0124076	73,8	0,016077	72,4	0,0128805	71,8	0,0119902
12	78,1	0,0300906	79,3	0,0374	73,7	0,0158321	75,2	0,0200679	73,9	0,0163257	73,1	0,0146383
13	79,7	0,0395003	80,5	0,0459028	75,2	0,0199314	76,5	0,0246694	75,2	0,0202065	74,4	0,0178714
14	80,9	0,0488097	81,5	0,0542764	76,5	0,0246694	77,7	0,0298657	76,4	0,0244628	75,6	0,0216358
15	81,9	0,0577136	82,3	0,0622517	77,8	0,0301179	78,8	0,0356079	77,5	0,0291662	76,7	0,0257956
16	82,6	0,0656588	83,1	0,0703858	78,9	0,0361587	79,8	0,0418098	78,4	0,0339653	77,7	0,0302885
17	83,3	0,0731071	83,7	0,0783058	79,8	0,0421084	80,6	0,0479533	79,3	0,0389974	78,6	0,0350242
18	84	0,0814004	84,3	0,0858606	80,7	0,0483469	81,4	0,054219	80,1	0,0444104	79,4	0,0398858
19	84,6	0,089907	84,9	0,0941442	81,5	0,0550577	82,1	0,0608079	80,8	0,0498073	80,2	0,0450974

«continuación»

20	85,2	0,0985811	85,5	0,1032271	82,2	0,0617485	82,8	0,0677059	81,5	0,0554574	80,9	0,0505778
21	85,7	0,1072308	86	0,1122845	82,9	0,0687532	83,4	0,0747814	82,1	0,061253	81,6	0,0563153
22	86,2	0,1157852	86,6	0,1222157	83,4	0,0753332	83,9	0,0813429	82,7	0,0671625	82,2	0,0622005
23	86,7	0,125022	87,1	0,1329392	84,1	0,0826596	84,5	0,0885375	83,3	0,0736422	82,8	0,0682015
24	87,2	0,1349956	87,6	0,1435444	84,6	0,0905704	85	0,0963059	83,8	0,0801038	83,3	0,0741856
25	87,7	0,1457649	88,1	0,1549957	85,1	0,0977957	85,5	0,1039888	84,4	0,0871887	83,9	0,0807471
26	88,2	0,1573934	88,5	0,1660369	85,6	0,1055974	85,9	0,1113964	84,9	0,0948389	84,4	0,0878321
27	88,7	0,1699494	88,8	0,1751655	86,1	0,1140214	86,4	0,1193951	85,3	0,1015948	84,8	0,0940888
28	89,1	0,1820559	89,1	0,1834207	86,5	0,1221438	86,8	0,1279002	85,8	0,1088896	85,3	0,1008447
29	89,5	0,1935848	89,4	0,1920651	86,4	0,1249337	87,2	0,1359997	86,2	0,1166464	85,7	0,1080284
30	89,7	0,2026366	89,8	0,2027082	86,7	0,1268962	87,4	0,1423589	86,5	0,1230595	86,1	0,1148695
31	89,7	0,2057469	89,7	0,2073383	87,1	0,133928	87,7	0,1479501	86,8	0,1288591	86,5	0,1221438
32	89,3	0,1996203	89,1	0,1966952	87,4	0,1412912	87,9	0,1537156	86,9	0,1328453	86,7	0,127855
33	88,5	0,1823132	88,1	0,1742922	87,5	0,145662	88	0,1572822	86,8	0,1328453	86,9	0,1318412
34	87,5	0,1589564	86,7	0,1453793	87,5	0,1467799	87,9	0,1572822	86,6	0,1298328	87	0,1349003
35	86,2	0,1335032	85,2	0,1164676	87,3	0,144561	87,7	0,1537156	86,2	0,1240332	86,9	0,1349003
36	84,7	0,1078629	83,7	0,0925135	87	0,1391389	87,4	0,1479501	85,8	0,1166464	86,8	0,1328453
37	82,5	0,0818142	82,4	0,0745003	86,6	0,1318878	87	0,1402398	85,1	0,1073066	86,6	0,1298328
38	80,2	0,0579961	81,2	0,0614478	86	0,1222157	86,5	0,1309141	84,3	0,0956793	86,3	0,1249631
39	79,1	0,0441448	80,1	0,051469	85,3	0,1106521	85,9	0,120354	83,7	0,0858606	85,9	0,1184508
40	78,2	0,0378183	79,1	0,0437802	84,7	0,1001061	85,4	0,110574	83,2	0,0788835	85,5	0,1113964
41	76,9	0,0320252	78,1	0,0375501	84	0,0906344	84,8	0,1016546	82,5	0,0719935	85	0,1039888
42	77,4	0,0299907	77,3	0,0326702	83,4	0,0819962	84,3	0,0933942	82,2	0,066596	84,5	0,0963059
43	76,1	0,0283242	76,5	0,0288947	82,9	0,0753332	83,8	0,0864941	81,5	0,0617485	84	0,0891907
44	74,8	0,0232002	76,1	0,0263151	82,4	0,0697675	83,3	0,0801038	80,8	0,0554574	83,5	0,0826012

«continuación»

45	68,3	0,014298	75,3	0,0240336	82	0,0650936	82,9	0,0747374	78,8	0,0455439	82,9	0,0759382
46	60,9	0,0050884	74,3	0,0209545	81,3	0,0598816	82,4	0,0697675	76,5	0,0328649	82,3	0,0692565
47	57,2	0,0019377	73,3	0,0179726	80,6	0,0537807	81,9	0,064613	75,1	0,0245002	81,7	0,0631627
48	54,9	0,0011933	71,8	0,0148892	79,7	0,0476104	81,4	0,0598393	74,1	0,020321	81,2	0,0580301
49	53,3	0,0008775	70	0,0115913	78,7	0,0411729	80,8	0,0550124	73,3	0,0176801	80,6	0,0533491
50	52,1	0,0007055	64,3	0,0070843	77,5	0,0348209	80,1	0,0498073	72,5	0,0156369	79,9	0,0483014
51	50,3	0,0005634	58,2	0,0029015	76	0,0283708	79	0,0434723	71,3	0,0134433	79	0,0427598
52	49,1	0,0004451	55,8	0,0013825	74,1	0,0219416	77,4	0,0354759	70,2	0,0112602	77,9	0,036718
53	48,3	0,0003809	55	0,0010653	72	0,016179	75,4	0,0270249	69	0,0094444	76,5	0,030374
54	47,3	0,0003321	54,6	0,0009702	69,9	0,0117206	73,3	0,0197523	67,5	0,0076949	74,9	0,0241694
55	46,5	0,0002889	48,8	0,0006633	67,6	0,008383	71	0,0141275	65,8	0,0060305	72,9	0,0184118
56	45,7	0,0002556	47,8	0,0003586	65,4	0,0059269	68,6	0,0098627	64	0,0046146	70,8	0,0134571
57	44,7	0,0002228	46,3	0,0002971	63,1	0,0042014	66,1	0,0067808	62,1	0,0034775	68,6	0,0096864
58	44	0,0001953	46	0,0002571	61	0,0029896	63,8	0,0046781	60,3	0,002615	66,4	0,0069103
	P100	3,5297652	P100	3,71162057	P100	3,4382128	P100	3,865696	P100	2,8918221	P100	3,3939705

TI: Temperatura interna, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 4: VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN LA SALSA DE AJÍ CHICO

TIEMPO (MINUTOS)	CHICO (27 MIN)			CHICO (20 MIN)			CHICO (13 MIN)		
	TI (°C)	L	ÁREA	TI (°C)	L	ÁREA	TI (°C)	L	ÁREA
0	73,60	0,0174	0,0000	73,60	0,0174	0,0000	73,60	0,0174	0,0000
1	73,33	0,0167	0,0170	73,33	0,0167	0,0170	73,33	0,0167	0,0170
2	73,27	0,0165	0,0166	73,27	0,0165	0,0166	73,27	0,0165	0,0166
3	73,17	0,0163	0,0164	73,17	0,0163	0,0164	73,17	0,0163	0,0164
4	73,20	0,0163	0,0163	73,20	0,0163	0,0163	73,20	0,0163	0,0163
5	73,60	0,0174	0,0169	73,60	0,0174	0,0169	73,60	0,0174	0,0169
6	74,20	0,0191	0,0182	74,20	0,0191	0,0182	74,20	0,0191	0,0182
7	75,07	0,0218	0,0204	75,07	0,0218	0,0204	75,07	0,0218	0,0204
8	76,07	0,0254	0,0236	76,07	0,0254	0,0236	76,07	0,0254	0,0236
9	77,13	0,0299	0,0276	77,13	0,0299	0,0276	77,13	0,0299	0,0276
10	78,10	0,0347	0,0323	78,10	0,0347	0,0323	78,10	0,0347	0,0323
11	79,13	0,0406	0,0377	79,13	0,0406	0,0377	79,13	0,0406	0,0377
12	80,10	0,0471	0,0439	80,10	0,0471	0,0439	80,10	0,0471	0,0439
13	81,00	0,0541	0,0506	81,00	0,0541	0,0506	81,00	0,0541	0,0506
14	81,87	0,0618	0,0580	81,87	0,0618	0,0580	81,87	0,0618	0,0580
15	82,67	0,0699	0,0659	82,67	0,0699	0,0659	82,08	0,0639	0,0629
16	83,40	0,0782	0,0741	83,40	0,0782	0,0741	82,26	0,0657	0,0648
17	84,10	0,0871	0,0827	84,10	0,0871	0,0827	82,36	0,0666	0,0662
18	84,73	0,0960	0,0915	84,73	0,0960	0,0915	81,73	0,0606	0,0636
19	85,33	0,1053	0,1006	85,33	0,1053	0,1006	80,93	0,0536	0,0571
20	85,87	0,1142	0,1097	85,87	0,1142	0,1097	79,87	0,0455	0,0495

«continuación»

21	86,37	0,1233	0,1188	86,37	0,1233	0,1188	78,40	0,0363	0,0409
22	86,87	0,1332	0,1283	86,59	0,1277	0,1255	76,60	0,0275	0,0319
23	87,37	0,1438	0,1385	86,79	0,1315	0,1296	74,53	0,0201	0,0238
24	87,80	0,1537	0,1488	86,88	0,1335	0,1325	72,27	0,0142	0,0171
25	88,20	0,1634	0,1586	86,10	0,1184	0,1260	69,80	0,0097	0,0119
26	88,53	0,1720	0,1677	85,57	0,1091	0,1137	67,37	0,0067	0,0082
27	88,90	0,1820	0,1770	84,93	0,0990	0,1040	64,90	0,0046	0,0056
28	89,23	0,1915	0,1867	84,33	0,0903	0,0946	62,60	0,0032	0,0039
29	89,47	0,1985	0,1950	83,73	0,0823	0,0863	60,30	0,0023	0,0027
30	89,67	0,2047	0,2016	83,10	0,0747	0,0785	58,20	0,0016	0,0019
31	89,77	0,2079	0,2063	82,50	0,0681	0,0714	56,23	0,0012	0,0014
32	89,73	0,2068	0,2073	81,73	0,0606	0,0643	54,30	0,0009	0,0011
33	89,53	0,2005	0,2037	80,93	0,0536	0,0571	52,47	0,0007	0,0008
34	89,23	0,1915	0,1960	79,87	0,0455	0,0495	50,83	0,0005	0,0006
35	88,87	0,1810	0,1863	78,40	0,0363	0,0409	49,27	0,0004	0,0005
36	88,33	0,1668	0,1739	76,60	0,0275	0,0319	46,79	0,0003	0,0003
37	87,80	0,1537	0,1603	74,53	0,0201	0,0238	44,61	0,0002	0,0002
38	87,27	0,1416	0,1477	72,27	0,0142	0,0171	42,60	0,0001	0,0002
39	86,73	0,1305	0,1360	69,80	0,0097	0,0119	40,60	0,0001	0,0001
40	86,10	0,1184	0,1244	67,37	0,0067	0,0082		P 100	0,8957
41	85,57	0,1091	0,1137	64,90	0,0046	0,0056			
42	84,93	0,0990	0,1040	62,60	0,0032	0,0039			
43	84,33	0,0903	0,0946	60,30	0,0023	0,0027			
44	83,73	0,0823	0,0863	58,20	0,0016	0,0019			
45	83,10	0,0747	0,0785	56,23	0,0012	0,0014			

«continuación»

46	82,50	0,0681	0,0714	54,30	0,0009	0,0011
47	81,73	0,0606	0,0643	52,47	0,0007	0,0008
48	80,93	0,0536	0,0571	50,83	0,0005	0,0006
49	79,87	0,0455	0,0495	49,27	0,0004	0,0005
50	78,40	0,0363	0,0409	46,79	0,0003	0,0003
51	76,60	0,0275	0,0319	44,61	0,0002	0,0002
52	74,53	0,0201	0,0238	42,60	0,0001	0,0002
53	72,27	0,0142	0,0171	40,60	0,0001	0,0001
54	69,80	0,0097	0,0119		P 100	2,4081
55	67,37	0,0067	0,0082			
56	64,90	0,0046	0,0056			
57	62,60	0,0032	0,0039			
58	60,30	0,0023	0,0027			
59	58,20	0,0016	0,0019			
60	56,23	0,0012	0,0014			
61	54,30	0,0009	0,0011			
62	52,47	0,0007	0,0008			
63	50,83	0,0005	0,0006			
64	49,27	0,0004	0,0005			
65	46,79	0,0003	0,0003			
66	44,61	0,0002	0,0002			
67	42,60	0,0001	0,0002			
68	40,60	0,0001	0,0001			
		P 100	5,1386			

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 5: VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO AMARILLO

TIEMPO (MINUTOS)	MISCUCHO AMARILLO (27 MIN)			MISCUCHO AMARILLO (20 MIN)			MISCUCHO AMARILLO (13 MIN)		
	TI (°C)	L	ÁREA	TI (°C)	L	ÁREA	TI (°C)	L	ÁREA
0	73,90	0,0182	0,0000	73,90	0,0182	0,0000	73,90	0,0182	0,0000
1	74,10	0,0188	0,0185	74,10	0,0188	0,0185	74,10	0,0188	0,0185
2	74,20	0,0191	0,0189	74,20	0,0191	0,0189	74,20	0,0191	0,0189
3	74,10	0,0188	0,0189	74,10	0,0188	0,0189	74,10	0,0188	0,0189
4	74,10	0,0188	0,0188	74,10	0,0188	0,0188	74,10	0,0188	0,0188
5	74,40	0,0196	0,0192	74,40	0,0196	0,0192	74,40	0,0196	0,0192
6	74,90	0,0212	0,0204	74,90	0,0212	0,0204	74,90	0,0212	0,0204
7	75,70	0,0240	0,0226	75,70	0,0240	0,0226	75,70	0,0240	0,0226
8	76,60	0,0275	0,0258	76,60	0,0275	0,0258	76,60	0,0275	0,0258
9	77,60	0,0321	0,0298	77,60	0,0321	0,0298	77,60	0,0321	0,0298
10	78,50	0,0369	0,0345	78,50	0,0369	0,0345	78,50	0,0369	0,0345
11	79,50	0,0430	0,0399	79,50	0,0430	0,0399	79,50	0,0430	0,0399
12	80,40	0,0494	0,0462	80,40	0,0494	0,0462	80,40	0,0494	0,0462
13	81,30	0,0567	0,0530	81,30	0,0567	0,0530	81,30	0,0567	0,0530
14	82,10	0,0641	0,0604	82,10	0,0641	0,0604	82,10	0,0641	0,0604
15	82,90	0,0724	0,0683	82,90	0,0724	0,0683	82,28	0,0659	0,0650
16	83,60	0,0807	0,0766	83,60	0,0807	0,0766	82,47	0,0678	0,0668
17	84,30	0,0898	0,0852	84,30	0,0898	0,0852	82,56	0,0688	0,0683
18	84,90	0,0985	0,0941	84,90	0,0985	0,0941	82,56	0,0688	0,0688

«continuación»

19	85,50	0,1080	0,1032	85,50	0,1080	0,1032	81,40	0,0575	0,0632
20	86,00	0,1166	0,1123	86,00	0,1166	0,1123	80,50	0,0501	0,0538
21	86,50	0,1259	0,1212	86,50	0,1259	0,1212	79,20	0,0411	0,0456
22	87,00	0,1359	0,1309	86,69	0,1297	0,1278	77,60	0,0321	0,0366
23	87,50	0,1468	0,1414	86,89	0,1336	0,1317	75,70	0,0240	0,0281
24	87,90	0,1561	0,1514	86,98	0,1356	0,1346	73,60	0,0174	0,0207
25	88,30	0,1660	0,1610	86,98	0,1356	0,1356	71,20	0,0120	0,0147
26	88,60	0,1738	0,1699	86,40	0,1240	0,1298	68,80	0,0083	0,0102
27	89,00	0,1848	0,1793	85,90	0,1148	0,1194	66,30	0,0057	0,0070
28	89,30	0,1935	0,1891	85,30	0,1047	0,1098	64,00	0,0040	0,0048
29	89,50	0,1995	0,1965	84,70	0,0955	0,1001	61,70	0,0028	0,0034
30	89,70	0,2057	0,2026	84,10	0,0871	0,0913	59,60	0,0020	0,0024
31	89,80	0,2089	0,2073	83,50	0,0794	0,0833	57,60	0,0015	0,0018
32	89,80	0,2089	0,2089	82,90	0,0724	0,0759	55,60	0,0011	0,0013
33	89,60	0,2026	0,2058	82,10	0,0641	0,0683	53,70	0,0008	0,0010
34	89,30	0,1935	0,1981	81,40	0,0575	0,0608	52,00	0,0006	0,0007
35	89,00	0,1848	0,1891	80,50	0,0501	0,0538	50,40	0,0005	0,0006
36	88,50	0,1711	0,1780	79,20	0,0411	0,0456	47,38	0,0003	0,0004
37	88,00	0,1585	0,1648	77,60	0,0321	0,0366	45,25	0,0002	0,0003
38	87,50	0,1468	0,1526	75,70	0,0240	0,0281	43,13	0,0002	0,0002
39	87,00	0,1359	0,1414	73,60	0,0174	0,0207	41,00	0,0001	0,0001
40	86,40	0,1240	0,1300	71,20	0,0120	0,0147	38,87	0,0001	0,0001
41	85,90	0,1148	0,1194	68,80	0,0083	0,0102		P 100	0,9925

«continuación»

42	85,30	0,1047	0,1098	66,30	0,0057	0,0070
43	84,70	0,0955	0,1001	64,00	0,0040	0,0048
44	84,10	0,0871	0,0913	61,70	0,0028	0,0034
45	83,50	0,0794	0,0833	59,60	0,0020	0,0024
46	82,90	0,0724	0,0759	57,60	0,0015	0,0018
47	82,10	0,0641	0,0683	55,60	0,0011	0,0013
48	81,40	0,0575	0,0608	53,70	0,0008	0,0010
49	80,50	0,0501	0,0538	52,00	0,0006	0,0007
50	79,20	0,0411	0,0456	50,40	0,0005	0,0006
51	77,60	0,0321	0,0366	47,38	0,0003	0,0004
52	75,70	0,0240	0,0281	45,25	0,0002	0,0003
53	73,60	0,0174	0,0207	43,13	0,0002	0,0002
54	71,20	0,0120	0,0147	41,00	0,0001	0,0001
55	68,80	0,0083	0,0102	38,87	0,0001	0,0001
56	66,30	0,0057	0,0070		P 100	2,6880
57	64,00	0,0040	0,0048			
58	61,70	0,0028	0,0034			
59	59,60	0,0020	0,0024			
60	57,60	0,0015	0,0018			
61	55,60	0,0011	0,0013			
62	53,70	0,0008	0,0010			
63	52,00	0,0006	0,0007			
64	50,40	0,0005	0,0006			
65	47,38	0,0003	0,0004			

«continuación»

66	45,25	0,0002	0,0003
67	43,13	0,0002	0,0002
68	41,00	0,0001	0,0001
69	38,87	0,0001	0,0001
		P 100	5,3284

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 6: VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO NARANJA

TIEMPO (MINUTOS)	MISCUCHO NARANJA (27 MIN)			MISCUCHO NARANJA (20 MIN)			MISCUCHO NARANJA (13 MIN)		
	TI (°C)	L	ÁREA	TI (°C)	L	ÁREA	TI (°C)	L	ÁREA
0	73,00	0,0158	0,0000	73,00	0,0158	0,0000	73,00	0,0158	0,0000
1	71,80	0,0132	0,0145	71,80	0,0132	0,0145	71,80	0,0132	0,0145
2	71,40	0,0124	0,0128	71,40	0,0124	0,0128	71,40	0,0124	0,0128
3	71,30	0,0122	0,0123	71,30	0,0122	0,0123	71,30	0,0122	0,0123
4	71,40	0,0124	0,0123	71,40	0,0124	0,0123	71,40	0,0124	0,0123
5	72,00	0,0136	0,0130	72,00	0,0136	0,0130	72,00	0,0136	0,0130
6	72,80	0,0154	0,0145	72,80	0,0154	0,0145	72,80	0,0154	0,0145
7	73,80	0,0179	0,0166	73,80	0,0179	0,0166	73,80	0,0179	0,0166
8	75,00	0,0215	0,0197	75,00	0,0215	0,0197	75,00	0,0215	0,0197
9	76,20	0,0259	0,0237	76,20	0,0259	0,0237	76,20	0,0259	0,0237
10	77,30	0,0307	0,0283	77,30	0,0307	0,0283	77,30	0,0307	0,0283
11	78,40	0,0363	0,0335	78,40	0,0363	0,0335	78,40	0,0363	0,0335
12	79,50	0,0430	0,0396	79,50	0,0430	0,0396	79,50	0,0430	0,0396
13	80,40	0,0494	0,0462	80,40	0,0494	0,0462	80,40	0,0494	0,0462
14	81,40	0,0575	0,0534	81,40	0,0575	0,0534	81,40	0,0575	0,0534
15	82,20	0,0651	0,0613	82,20	0,0651	0,0613	81,67	0,0600	0,0588
16	83,00	0,0736	0,0693	83,00	0,0736	0,0693	81,86	0,0617	0,0609

«continuación»

17	83,70	0,0819	0,0777	83,70	0,0819	0,0777	81,95	0,0626	0,0622
18	84,40	0,0912	0,0866	84,40	0,0912	0,0866	81,00	0,0541	0,0584
19	85,00	0,1000	0,0956	85,00	0,1000	0,0956	80,00	0,0464	0,0503
20	85,60	0,1096	0,1048	85,60	0,1096	0,1048	78,60	0,0374	0,0419
21	86,10	0,1184	0,1140	86,10	0,1184	0,1140	76,80	0,0284	0,0329
22	86,60	0,1278	0,1231	86,39	0,1238	0,1211	74,60	0,0203	0,0243
23	87,10	0,1380	0,1329	86,58	0,1275	0,1256	72,20	0,0140	0,0171
24	87,60	0,1491	0,1435	86,68	0,1294	0,1285	69,60	0,0094	0,0117
25	88,00	0,1585	0,1538	85,50	0,1080	0,1187	67,00	0,0063	0,0079
26	88,40	0,1685	0,1635	84,90	0,0985	0,1032	64,50	0,0043	0,0053
27	88,70	0,1765	0,1725	84,20	0,0884	0,0935	62,10	0,0030	0,0036
28	89,10	0,1876	0,1821	83,60	0,0807	0,0846	59,80	0,0021	0,0025
29	89,40	0,1965	0,1921	83,00	0,0736	0,0771	57,50	0,0015	0,0018
30	89,60	0,2026	0,1995	82,30	0,0661	0,0698	55,40	0,0011	0,0013
31	89,70	0,2057	0,2042	81,70	0,0603	0,0632	53,50	0,0008	0,0009
32	89,60	0,2026	0,2042	81,00	0,0541	0,0572	51,70	0,0006	0,0007
33	89,40	0,1965	0,1995	80,00	0,0464	0,0503	50,00	0,0005	0,0005
34	89,10	0,1876	0,1921	78,60	0,0374	0,0419	48,50	0,0004	0,0004
35	88,60	0,1738	0,1807	76,80	0,0284	0,0329	47,00	0,0003	0,0003
36	88,00	0,1585	0,1661	74,60	0,0203	0,0243	45,60	0,0002	0,0003
37	87,40	0,1445	0,1515	72,20	0,0140	0,0171	43,31	0,0002	0,0002
38	86,80	0,1318	0,1382	69,60	0,0094	0,0117	41,55	0,0001	0,0001
39	86,20	0,1202	0,1260	67,00	0,0063	0,0079	39,79	0,0001	0,0001

«continuación»

40	85,50	0,1080	0,1141	64,50	0,0043	0,0053		P 100	0,7705
41	84,90	0,0985	0,1032	62,10	0,0030	0,0036			
42	84,20	0,0884	0,0935	59,80	0,0021	0,0025			
43	83,60	0,0807	0,0846	57,50	0,0015	0,0018			
44	83,00	0,0736	0,0771	55,40	0,0011	0,0013			
45	82,30	0,0661	0,0698	53,50	0,0008	0,0009			
46	81,70	0,0603	0,0632	51,70	0,0006	0,0007			
47	81,00	0,0541	0,0572	50,00	0,0005	0,0005			
48	80,00	0,0464	0,0503	48,50	0,0004	0,0004			
49	78,60	0,0374	0,0419	47,00	0,0003	0,0003			
50	76,80	0,0284	0,0329	45,60	0,0002	0,0003			
51	74,60	0,0203	0,0243	43,31	0,0002	0,0002			
52	72,20	0,0140	0,0171	41,55	0,0001	0,0001			
53	69,60	0,0094	0,0117	39,79	0,0001	0,0001			
54	67,00	0,0063	0,0079		P 100	2,1821			
55	64,50	0,0043	0,0053						
56	62,10	0,0030	0,0036						
57	59,80	0,0021	0,0025						
58	57,50	0,0015	0,0018						
59	55,40	0,0011	0,0013						
60	53,50	0,0008	0,0009						
61	51,70	0,0006	0,0007						
62	50,00	0,0005	0,0005						
63	48,50	0,0004	0,0004						

«continuación»

64	47,00	0,0003	0,0003
65	45,60	0,0002	0,0003
66	43,31	0,0002	0,0002
67	41,55	0,0001	0,0001
68	39,79	0,0001	0,0001
		P 100	4,8279

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 7: VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN LA SALSA DE AJÍ CHICO

TIEMPO (MINUTOS)	CHICO 100 °C (20 MIN)			CHICO 100 °C (13 MIN)			CHICO 100 °C (6 MIN)		
	TI(°C)	L	ÁREA	TI(°C)	L	ÁREA	TI(°C)	L	ÁREA
0	71,60	0,0128	0,0000	71,60	0,0128	0,00000	71,60	0,0128	0,0000
1	72,10	0,0138	0,0133	72,10	0,0138	0,01329	72,10	0,0138	0,0133
2	72,50	0,0147	0,0142	72,50	0,0147	0,01424	72,50	0,0147	0,0142
3	75,00	0,0215	0,0181	75,00	0,0215	0,01811	75,00	0,0215	0,0181
4	77,30	0,0307	0,0261	77,30	0,0307	0,02611	77,30	0,0307	0,0261
5	79,60	0,0437	0,0372	79,60	0,0437	0,03716	79,60	0,0437	0,0372
6	81,70	0,0603	0,0520	81,70	0,0603	0,05195	81,70	0,0603	0,0520
7	83,70	0,0819	0,0711	83,70	0,0819	0,07108	83,70	0,0819	0,0711
8	85,60	0,1096	0,0958	85,60	0,1096	0,09578	85,60	0,1096	0,0958
9	87,30	0,1423	0,1260	87,30	0,1423	0,12599	86,03	0,1171	0,1134
10	88,90	0,1820	0,1622	88,90	0,1820	0,16216	86,37	0,1234	0,1203
11	90,40	0,2291	0,2055	90,40	0,2291	0,20553	86,37	0,1234	0,1234
12	91,70	0,2797	0,2544	91,70	0,2797	0,25439	85,20	0,1031	0,1133
13	92,90	0,3363	0,3080	92,90	0,3363	0,30797	82,20	0,0651	0,0841
14	94,00	0,3981	0,3672	94,00	0,3981	0,36718	79,20	0,0411	0,0531
15	95,10	0,4713	0,4347	95,10	0,4713	0,43472	76,20	0,0259	0,0335
16	96,00	0,5412	0,5063	95,58	0,5071	0,48920	73,30	0,0166	0,0212
17	96,80	0,6119	0,5765	95,96	0,5376	0,52233	70,50	0,0108	0,0137
18	97,60	0,6918	0,6519	95,96	0,5376	0,53759	67,70	0,0070	0,0089
19	98,30	0,7703	0,7311	94,60	0,4365	0,48705	65,20	0,0048	0,0059
20	98,90	0,8446	0,8075	93,90	0,3920	0,41428	62,80	0,0033	0,0040

«continuación»

21	99,40	0,9120	0,8783	93,30	0,3575	0,37479	59,73	0,0021	0,0027
22	99,90	0,9848	0,9484	92,60	0,3211	0,33933	56,98	0,0014	0,0017
23	100,40	1,0633	1,0240	92,00	0,2929	0,30699	54,24	0,0009	0,0011
24	100,80	1,1307	1,0970	91,50	0,2712	0,28205	51,50	0,0006	0,0007
25	100,80	1,1307	1,1307	90,80	0,2436	0,25741	48,75	0,0004	0,0005
26	100,20	1,0312	1,0809	89,60	0,2026	0,22310	46,01	0,0003	0,0003
27	99,70	0,9550	0,9931	87,80	0,1537	0,17816	43,27	0,0002	0,0002
28	99,10	0,8710	0,9130	85,20	0,1031	0,12841	40,53	0,0001	0,0001
29	98,50	0,7943	0,8326	82,20	0,0651	0,08409		P 100	1,0299
30	97,90	0,7244	0,7594	79,20	0,0411	0,05306			
31	97,20	0,6506	0,6875	76,20	0,0259	0,03348			
32	96,60	0,5934	0,6220	73,30	0,0166	0,02125			
33	95,90	0,5329	0,5632	70,50	0,0108	0,01370			
34	95,20	0,4786	0,5058	67,70	0,0070	0,00891			
35	94,60	0,4365	0,4576	65,20	0,0048	0,00591			
36	93,90	0,3920	0,4143	62,80	0,0033	0,00405			
37	93,30	0,3575	0,3748	59,73	0,0021	0,00269			
38	92,60	0,3211	0,3393	56,98	0,0014	0,00171			
39	92,00	0,2929	0,3070	54,24	0,0009	0,00112			
40	91,50	0,2712	0,2820	51,50	0,0006	0,00074			
41	90,80	0,2436	0,2574	48,75	0,0004	0,00048			
42	89,60	0,2026	0,2231	46,01	0,0003	0,00032			
43	87,80	0,1537	0,1782	43,27	0,0002	0,00021			
44	85,20	0,1031	0,1284	40,53	0,0001	0,00014			
45	82,20	0,0651	0,0841		P 100	6,95820			

«continuación»

46	79,20	0,0411	0,0531
47	76,20	0,0259	0,0335
48	73,30	0,0166	0,0212
49	70,50	0,0108	0,0137
50	67,70	0,0070	0,0089
51	65,20	0,0048	0,0059
52	62,80	0,0033	0,0040
53	59,73	0,0021	0,0027
54	56,98	0,0014	0,0017
55	54,24	0,0009	0,0011
56	51,50	0,0006	0,0007
57	48,75	0,0004	0,0005
58	46,01	0,0003	0,0003
59	43,27	0,0002	0,0002
60	40,53	0,0001	0,0001
		P 100	20,6887

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 8: VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO AMARILLO

TIEMPO (MINUTOS)	MISCUCHO AMARILLO (20 MIN)			MISCUCHO AMARILLO (13 MIN)			MISCUCHO AMARILLO (6 MIN)		
	TI(°C)	L	ÁREA	TI(°C)	L	ÁREA	TI(°C)	L	ÁREA
0	69,73	0,0096		69,73	0,0096		69,73	0,0096	
1	70,67	0,0111	0,0103	70,67	0,0111	0,0103	70,67	0,0111	0,0103
2	71,60	0,0128	0,0119	71,60	0,0128	0,0119	71,60	0,0128	0,0119
3	74,00	0,0185	0,0156	74,00	0,0185	0,0156	74,00	0,0185	0,0156
4	76,27	0,0262	0,0223	76,27	0,0262	0,0223	76,27	0,0262	0,0223
5	78,53	0,0371	0,0316	78,53	0,0371	0,0316	78,53	0,0371	0,0316
6	80,67	0,0514	0,0442	80,67	0,0514	0,0442	80,67	0,0514	0,0442
7	82,70	0,0703	0,0608	82,70	0,0703	0,0608	82,70	0,0703	0,0608
8	84,60	0,0940	0,0821	84,60	0,0940	0,0821	84,60	0,0940	0,0821
9	86,37	0,1233	0,1087	86,37	0,1233	0,1087	85,02	0,1004	0,0972
10	88,03	0,1593	0,1413	88,03	0,1593	0,1413	85,36	0,1058	0,1031
11	89,57	0,2016	0,1804	89,57	0,2016	0,1804	85,42	0,1067	0,1062
12	90,93	0,2486	0,2251	90,93	0,2486	0,2251	82,23	0,0654	0,0860
13	92,20	0,3020	0,2753	92,20	0,3020	0,2753	79,63	0,0439	0,0546
14	93,37	0,3612	0,3316	93,37	0,3612	0,3316	76,97	0,0291	0,0365
15	94,47	0,4277	0,3944	94,47	0,4277	0,3944	74,27	0,0193	0,0242
16	95,43	0,4961	0,4619	94,94	0,4600	0,4438	71,57	0,0127	0,0160
17	96,30	0,5667	0,5314	95,32	0,4876	0,4738	69,07	0,0087	0,0107
18	97,10	0,6407	0,6037	95,38	0,4923	0,4899	66,67	0,0060	0,0073
19	97,83	0,7171	0,6789	94,43	0,4255	0,4589	63,82	0,0039	0,0049

«continuación»

20	98,47	0,7903	0,7537	93,83	0,3881	0,4068	61,26	0,0026	0,0032
21	99,03	0,8621	0,8262	93,17	0,3503	0,3692	58,73	0,0018	0,0022
22	99,57	0,9356	0,8989	92,53	0,3179	0,3341	56,20	0,0012	0,0015
23	100,07	1,0103	0,9730	92,00	0,2929	0,3054	53,49	0,0008	0,0010
24	100,47	1,0743	1,0423	91,33	0,2644	0,2786	50,88	0,0005	0,0007
25	100,53	1,0853	1,0798	90,33	0,2268	0,2456	48,28	0,0004	0,0004
26	100,17	1,0259	1,0556	88,90	0,1820	0,2044	45,67	0,0002	0,0003
27	99,83	0,9747	1,0003	86,93	0,1346	0,1583	43,03	0,0002	0,0002
28	99,37	0,9074	0,9410	84,60	0,0940	0,1143	40,42	0,0001	0,0001
29	98,87	0,8403	0,8738	82,23	0,0654	0,0797		P 100	0,8355
30	98,30	0,7703	0,8053	79,63	0,0439	0,0546			
31	97,67	0,6989	0,7346	76,97	0,0291	0,0365			
32	97,07	0,6374	0,6682	74,27	0,0193	0,0242			
33	96,40	0,5754	0,6064	71,57	0,0127	0,0160			
34	95,73	0,5195	0,5475	69,07	0,0087	0,0107			
35	95,13	0,4738	0,4966	66,67	0,0060	0,0073			
36	94,43	0,4255	0,4496	63,82	0,0039	0,0049			
37	93,83	0,3881	0,4068	61,26	0,0026	0,0032			
38	93,17	0,3503	0,3692	58,73	0,0018	0,0022			
39	92,53	0,3179	0,3341	56,20	0,0012	0,0015			
40	92,00	0,2929	0,3054	53,49	0,0008	0,0010			
41	91,33	0,2644	0,2786	50,88	0,0005	0,0007			
42	90,33	0,2268	0,2456	48,28	0,0004	0,0004			
43	88,90	0,1820	0,2044	45,67	0,0002	0,0003			

«continuación»

44	86,93	0,1346	0,1583	43,03	0,0002	0,0002
45	84,60	0,0940	0,1143	40,42	0,0001	0,0001
46	82,23	0,0654	0,0797		P 100	6,4626
47	79,63	0,0439	0,0546			
48	76,97	0,0291	0,0365			
49	74,27	0,0193	0,0242			
50	71,57	0,0127	0,0160			
51	69,07	0,0087	0,0107			
52	66,67	0,0060	0,0073			
53	63,82	0,0039	0,0049			
54	61,26	0,0026	0,0032			
55	58,73	0,0018	0,0022			
56	56,20	0,0012	0,0015			
57	53,49	0,0008	0,0010			
58	50,88	0,0005	0,0007			
59	48,28	0,0004	0,0004			
60	45,67	0,0002	0,0003			
61	43,03	0,0002	0,0002			
62	40,42	0,0001	0,0001			
		P 100	20,6247			

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 9: VALORES DE LETALIDAD A DIFERENTES TIEMPOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN LA SALSA DE AJÍ MISCUCHO NARANJA

TIEMPO (MINUTOS)	MISCUCHO NARANJA (20 MIN)			MISCUCHO NARANJA (13 MIN)			MISCUCHO NARANJA (6 MIN)		
	TI(°C)	L (MIN)	ÁREA	TI(°C)	L (MIN)	ÁREA	TI(°C)	L (MIN)	ÁREA
0	66,00	0,0054	0,0000	66,00	0,0054	0,0000	66,00	0,0054	0,0000
1	67,80	0,0071	0,0063	67,80	0,0071	0,0063	67,80	0,0071	0,0063
2	69,80	0,0097	0,0084	69,80	0,0097	0,0084	69,80	0,0097	0,0084
3	72,00	0,0136	0,0116	72,00	0,0136	0,0116	72,00	0,0136	0,0116
4	74,20	0,0191	0,0163	74,20	0,0191	0,0163	74,20	0,0191	0,0163
5	76,40	0,0267	0,0229	76,40	0,0267	0,0229	76,40	0,0267	0,0229
6	78,60	0,0374	0,0321	78,60	0,0374	0,0321	78,60	0,0374	0,0321
7	80,70	0,0517	0,0446	80,70	0,0517	0,0446	80,70	0,0517	0,0446
8	82,60	0,0692	0,0604	82,60	0,0692	0,0604	82,60	0,0692	0,0604
9	84,50	0,0926	0,0809	84,50	0,0926	0,0809	83,02	0,0738	0,0715
10	86,30	0,1221	0,1073	86,30	0,1221	0,1073	83,35	0,0776	0,0757
11	87,90	0,1561	0,1391	87,90	0,1561	0,1391	83,52	0,0797	0,0787
12	89,40	0,1965	0,1763	89,40	0,1965	0,1763	83,60	0,0807	0,0802
13	90,80	0,2436	0,2200	90,80	0,2436	0,2200	83,60	0,0807	0,0807
14	92,10	0,2974	0,2705	92,10	0,2974	0,2705	81,80	0,0612	0,0709
15	93,20	0,3521	0,3247	93,20	0,3521	0,3247	79,30	0,0417	0,0514
16	94,30	0,4169	0,3845	93,67	0,3785	0,3653	76,80	0,0284	0,0350
17	95,30	0,4860	0,4515	94,05	0,4011	0,3898	74,40	0,0196	0,0240
18	96,10	0,5495	0,5178	94,24	0,4128	0,4069	72,00	0,0136	0,0166
19	96,90	0,6213	0,5854	94,33	0,4188	0,4158	69,80	0,0097	0,0116

«continuación»

20	97,60	0,6918	0,6566	94,33	0,4188	0,4188	67,70	0,0070	0,0084
21	98,30	0,7703	0,7311	93,00	0,3415	0,3802	65,60	0,0051	0,0061
22	98,90	0,8446	0,8075	92,40	0,3114	0,3264	63,10	0,0035	0,0043
23	99,40	0,9120	0,8783	91,80	0,2840	0,2977	60,82	0,0024	0,0030
24	99,80	0,9698	0,9409	91,10	0,2551	0,2695	58,54	0,0017	0,0021
25	100,00	1,0000	0,9849	90,40	0,2291	0,2421	56,25	0,0012	0,0015
26	100,10	1,0155	1,0077	89,40	0,1965	0,2128	53,97	0,0009	0,0010
27	100,10	1,0155	1,0155	88,30	0,1660	0,1812	51,69	0,0006	0,0007
28	99,90	0,9848	1,0001	86,50	0,1259	0,1459	49,41	0,0004	0,0005
29	99,60	0,9404	0,9626	84,30	0,0898	0,1079	47,13	0,0003	0,0004
30	99,10	0,8710	0,9057	81,80	0,0612	0,0755	44,84	0,0002	0,0003
31	98,60	0,8066	0,8388	79,30	0,0417	0,0514	42,56	0,0001	0,0002
32	98,00	0,7356	0,7711	76,80	0,0284	0,0350	40,28	0,0001	0,0001
33	97,40	0,6709	0,7033	74,40	0,0196	0,0240		P 100	0,8274
34	96,80	0,6119	0,6414	72,00	0,0136	0,0166			
35	96,20	0,5580	0,5850	69,80	0,0097	0,0116			
36	95,50	0,5012	0,5296	67,70	0,0070	0,0084			
37	94,90	0,4571	0,4791	65,60	0,0051	0,0061			
38	94,30	0,4169	0,4370	62,95	0,0034	0,0042			
39	93,60	0,3744	0,3956	60,62	0,0024	0,0029			
40	93,00	0,3415	0,3579	58,29	0,0017	0,0020			
41	92,40	0,3114	0,3264	55,95	0,0012	0,0014			
42	91,80	0,2840	0,2977	53,62	0,0008	0,0010			
43	91,10	0,2551	0,2695	51,29	0,0006	0,0007			
44	90,40	0,2291	0,2421	48,95	0,0004	0,0005			

«continuación»

45	89,40	0,1965	0,2128	46,62	0,0003	0,0003
46	88,30	0,1660	0,1812	44,29	0,0002	0,0002
47	86,50	0,1259	0,1459	41,95	0,0001	0,0002
48	84,30	0,0898	0,1079	39,62	0,0001	0,0001
49	81,80	0,0612	0,0755		P 100	5,9242
50	79,30	0,0417	0,0514			
51	76,80	0,0284	0,0350			
52	74,40	0,0196	0,0240			
53	72,00	0,0136	0,0166			
54	69,80	0,0097	0,0116			
55	67,70	0,0070	0,0084			
56	65,60	0,0051	0,0061			
57	62,95	0,0034	0,0042			
58	60,62	0,0024	0,0029			
59	58,29	0,0017	0,0020			
60	55,95	0,0012	0,0014			
61	53,62	0,0008	0,0010			
62	51,29	0,0006	0,0007			
63	48,95	0,0004	0,0005			
64	46,62	0,0003	0,0003			
65	44,29	0,0002	0,0002			
66	41,95	0,0001	0,0002			
67	39,62	0,0001	0,0001			
		P 100	21,1162			

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 10: VALORES DE LETALIDAD OBTENIDOS DURANTE LA PASTEURIZACIÓN A 90 °C EN TRES SALSAS DE AJÍES NATIVOS

TIEMPO (MINUTOS)	CHICO				MISCUCHO NARANJA				MISCUCHO AMARILLO			
	REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2	
	TI (°C)	ÁREA	TI (°C)	ÁREA	TI (°C)	ÁREA	TI (°C)	L	TI (°C)	L	TI (°C)	L
0	68,10	0,0000	68,40	0,0000	76,50	0,0000	76,8	0,0000	69,7	0,0000	69,8	0,0000
1	70,50	0,0091	69,60	0,0086	76,40	0,0070	76,4	0,0070	69,4	0,0093	69,9	0,0098
2	71,20	0,0205	70,60	0,0188	75,80	0,0145	76,5	0,0150	69,1	0,0182	70,2	0,0199
3	71,90	0,0332	71,80	0,0309	75,40	0,0225	76,7	0,0240	69,1	0,0270	70,6	0,0305
4	72,60	0,0474	72,50	0,0448	75,90	0,0312	76,7	0,0339	69,6	0,0360	70,7	0,0415
5	73,60	0,0635	73,20	0,0603	76,70	0,0409	76,7	0,0447	70,5	0,0461	70,8	0,0528
6	74,80	0,0827	73,90	0,0776	77,90	0,0522	77,2	0,0568	71,9	0,0582	71,1	0,0643
7	76,00	0,1057	74,70	0,0970	79,20	0,0655	78	0,0709	73,3	0,0732	71,8	0,0768
8	77,30	0,1336	75,70	0,1192	80,70	0,0815	79,2	0,0874	74,8	0,0919	72,8	0,0911
9	78,50	0,1673	76,80	0,1454	82,20	0,1011	80,6	0,1070	76,3	0,1155	73,9	0,1079
10	79,50	0,2073	77,90	0,1765	83,70	0,1251	82,2	0,1303	77,6	0,1448	75,1	0,1279
11	80,40	0,2534	79,00	0,2132	85,20	0,1540	83,8	0,1584	78,7	0,1798	76,3	0,1520
12	81,20	0,3060	80,00	0,2563	86,40	0,1886	85,3	0,1919	79,8	0,2213	77,5	0,1810
13	81,90	0,3650	80,90	0,3061	87,20	0,2294	86,5	0,2312	80,7	0,2697	78,6	0,2155
14	82,60	0,4306	81,70	0,3629	87,70	0,2774	87,3	0,2771	81,6	0,3252	79,6	0,2561
15	83,20	0,5032	82,40	0,4266	87,80	0,3329	87,7	0,3301	82,3	0,3879	80,5	0,3030

«continuación»

16	83,90	0,5833	83,10	0,4975	87,70	0,3962	87,7	0,3904	83,1	0,4583	81,4	0,3568
17	84,50	0,6719	83,80	0,5764	87,30	0,4671	87,2	0,4587	83,7	0,5366	82,2	0,4181
18	85,10	0,7689	84,40	0,6636	86,50	0,5460	85,3	0,5346	84,4	0,6231	82,9	0,4868
19	85,50	0,8737	85,00	0,7592	84,80	0,6325	82,8	0,6172	84,9	0,7180	83,6	0,5634
20	85,80	0,9842	85,40	0,8624	82,00	0,7251	80,7	0,7064	85,2	0,8188	84,2	0,6479
21	85,80	10,973	85,80	0,9721	78,80	0,8221	78,1	0,8005	85,3	0,9227	84,9	0,7414
22	85,60	12,087	85,60	10,834	75,50	0,9206	73,4	0,8960	85,2	10,266	84,8	0,8391
23	85,30	13,158	85,20	11,898	72,30	10,183	70,3	0,9908	84,9	11,274	84,6	0,9346
24	84,90	14,174	84,70	12,891	69,00	11,131	68,3	10,834	84,6	12,237	84,3	10,266
25	83,90	15,089	84,10	13,804	65,80	12,037	66,1	11,719	84,1	13,142	83,8	11,131
26	83,30	15,896	83,30	14,625	62,80	12,888	64	12,551	83,6	13,981	83,3	11,932
27	82,60	16,627	82,10	15,330	59,90	13,677	61,5	13,322	83,1	14,758	82,5	12,658
28	81,70	17,275	79,80	15,876	57,20	14,402	59,1	14,010	82,5	15,472	81,5	13,290
29	80,00	17,808	77,40	16,257	55,80	15,050	58,6	14,563	81,5	16,105	79,8	13,808
30	77,40	18,196	75,10	16,522	53,60	15,590	56,5	14,948	79,7	16,619	78,1	14,206
31	74,30	18,448	72,80	16,708	52,10	16,003	54,9	15,207	77,1	16,989	76	14,505
32	71,00	18,603	70,40	16,838	51,90	16,291	53,2	15,392	73,8	17,227	73,8	14,720
33	67,80	18,697	67,80	16,927	50,40	16,480	51,6	15,526	70,3	17,369	71,4	14,872
34	64,60	18,755	65,30	16,987	49,80	16,602	49,9	15,623	66,9	17,453	69	14,977
35	61,70	18,791	62,80	17,028	30,00	16,680	20,6	15,692	63,7	17,503	66,5	15,049
36	58,90	18,814	60,50	17,056	76,50	16,731	76,8	15,740	60,7	17,534	64,1	15,098
37	56,30	18,829	58,20	17,076	76,40	16,764	76,4	15,774	58,1	17,554	61,8	15,133

«continuación»

38	54,00	18,839	56,10	17,090	75,80	16,786	76,5	15,798	55,6	17,567	58,7	15,156
39	51,80	18,847	53,90	17,100	75,40	16,801	76,7	15,815	53,6	17,577	55,4	15,170
					P100	1,68	P100	1,58	P 100	1,78	P 100	1,52

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.

ANEXO 11: VALORES DE LETALIDAD OBTENIDOS DURANTE LA PASTEURIZACIÓN A 100 °C EN TRES SALSAS DE AJÍES NATIVOS

TIEMPO (MINUTOS)	CHICO				MISCUCHO AMARILLO				MISCUCHO NARANJA			
	REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2	
	TI (°F)	L	TI (°F)	L	TI (°F)	L	TI (°F)	L	TI (°F)	L	TI (°F)	L
0	159,62	0,0000	161,78	0,0000	149,72	0,0000	164,30	0,0000	169,70	0,0000	170,24	0,0000
1	158,72	0,0111	160,88	0,0133	151,16	0,0053	164,30	0,0171	169,52	0,0269	169,52	0,0276
2	158,90	0,0218	161,96	0,0267	152,42	0,0112	165,20	0,0349	168,44	0,0525	169,70	0,0545
3	160,88	0,0336	162,50	0,0410	154,22	0,0179	165,74	0,0538	167,72	0,0761	170,06	0,0820
4	163,58	0,0480	163,22	0,0562	156,38	0,0259	166,28	0,0736	168,62	0,0999	170,06	0,1100
5	166,64	0,0665	165,02	0,0731	159,44	0,0359	167,72	0,0952	170,06	0,1263	170,06	0,1380
6	170,06	0,0909	167,54	0,0935	163,40	0,0494	169,70	0,1202	172,22	0,1571	170,96	0,1670
7	173,84	0,1242	171,68	0,1208	167,72	0,0688	172,22	0,1506	174,56	0,1944	172,40	0,1992
8	177,44	0,1698	176,72	0,1615	172,40	0,0974	175,28	0,1892	177,26	0,2408	174,56	0,2368
9	181,22	0,2322	181,94	0,2247	176,90	0,1395	179,06	0,2412	179,96	0,2991	177,08	0,2828
10	184,64	0,3169	188,06	0,3282	181,22	0,2008	182,84	0,3129	182,66	0,3726	179,96	0,3408
11	187,70	0,4284	192,92	0,4913	185,36	0,2885	186,26	0,4102	185,36	0,4651	182,84	0,4149
12	189,86	0,5670	194,54	0,7023	188,42	0,4070	189,50	0,5392	187,52	0,5787	185,54	0,5088
13	191,30	0,7282	195,26	0,9351	190,22	0,5520	191,12	0,6969	188,96	0,7108	187,70	0,6241
14	192,02	0,9048	194,90	11,713	190,94	0,7130	191,66	0,8694	189,86	0,8565	189,14	0,7582
15	192,20	10,882	194,18	13,970	190,76	0,8777	191,48	10,445	190,04	10,090	189,86	0,9051
16	192,20	12,729	193,10	16,062	190,40	10,387	190,94	12,144	189,86	11,616	189,86	10,564
17	191,66	14,536	191,66	17,942	189,50	11,913	189,86	13,730	189,14	13,084	188,96	12,022

«continuación»

18	190,76	16,235	190,04	19,593	188,24	13,306	188,06	15,136	187,70	14,425	185,54	13,247
19	188,96	17,753	183,20	20,790	185,18	14,473	183,20	16,214	184,64	15,540	181,04	14,127
20	185,18	18,962	176,54	21,462	180,32	15,316	174,20	16,842	179,60	16,340	177,26	14,742
21	179,78	19,790	172,40	21,876	173,66	15,842	170,96	17,192	173,84	16,849	172,58	15,174
22	173,48	20,298	166,46	22,149	166,46	16,135	167,36	17,454	167,90	17,158	164,12	15,431
23	167,00	20,592	159,62	22,310	159,44	16,294	163,76	17,647	162,14	17,345	158,54	15,568
24	160,70	20,763	154,76	22,405	152,96	16,383	159,80	17,787	156,20	17,459	154,94	15,659
25	154,76	20,864	150,26	22,469	147,02	16,435	155,48	17,886	150,44	17,529	150,98	15,725
26	149,00	20,925	145,94	22,512	141,44	16,467	151,34	17,954	145,04	17,571	147,20	15,772
27	143,60	20,963	141,80	22,543	136,22	16,487	147,20	18,003	139,82	17,599	142,70	15,806
28	138,56	20,987	138,02	22,565	131,54	16,500	143,06	18,036	134,96	17,616	138,38	15,829
29	133,88	21,003	133,52	22,580	127,22	16,509	139,10	18,060	132,44	17,629	137,48	15,847
30	129,74	21,014	129,74	22,591	123,26	16,515	135,14	18,077	128,48	17,639	133,70	15,862
31	125,96	21,022	126,14	22,598	119,66	16,520	131,36	18,090	125,78	17,646	130,82	15,873
32	122,54	21,027	122,90	22,604	116,24	16,523	127,76	18,099	125,42	17,652	127,76	15,882
33	119,30	21,032	119,66	22,609	113,18	16,526	124,34	18,105	122,72	17,658	124,88	15,888
34	116,42	21,035	116,96	22,612	110,30	16,527	121,28	18,110	121,64	17,662	121,82	15,894
	P100	2,10	P 100	2,26	P 100	1,65	P 100	1,81	P 100	1,76	P 100	1,58

TI: Temperatura interna, **L:** Velocidad letal, **P 100:** Letalidad.