



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

PARÁMETROS TECNOLÓGICOS Y SENSORIALES PARA LA ELABORACIÓN DE
UNA CONSERVA DE TAMAL DE MAÍZ MOTE (Zea mays) FORTIFICADO CON
TARWI (Lupinus mutabilis)

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero
Alimentario

Autor (a):

Castañeda Jiménez, Lucía del Carmen

Asesor (a):

Chiyong Castillo, Javier Enrique
(ORCID: 0000-0001-7574-9209)

Jurado:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Aldave Palacios, Gladis Josefina

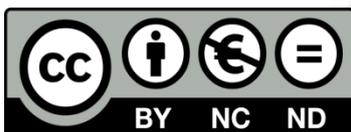
Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima - Perú

2021

Referencia:

Castañeda Jiménez, L. (2021). *Parámetros tecnológicos y sensoriales para la elaboración de una conserva de tamal de maíz mote (Zea mays) fortificado con tarwi (Lupinus mutabilis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5449>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura

**PARÁMETROS TECNOLÓGICOS Y SENSORIALES PARA LA
ELABORACIÓN DE UNA CONSERVA DE TAMAL DE MAÍZ
MOTE (*Zea mays*) FORTIFICADO CON TARWI (*Lupinus
mutabilis*)**

Línea de Investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero
Alimentario

Autora

Castañeda Jiménez, Lucía del Carmen

Asesor

Chiyong Castillo, Javier Enrique

Jurado

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima – Perú

2021

*Tu tiempo es limitado, así que no lo malgastes viviendo
la vida de alguien distinto.*

*No quedes atrapado en el dogma, el cual es vivir como
otros piensan que deberías vivir.*

*No dejes que el ruido de las opiniones de los
demás acallen tu propia voz interior.*

*Y lo más importante, ten el coraje de
seguir a tu propio corazón e intuición.*

Éstos ya saben en lo que verdaderamente quieres convertirte.

Todo lo demás es secundario.

Steve Jobs.

DEDICATORIA

*A Dios, por bendicirme con fortaleza,
sabiduría y salud para poder realizarme
como persona y profesional.*

*A mis padres, por su amor infinito ,sus esfuerzos
y trabajo en conjunto han permitido
impulsarme y demostrar siempre lo mejor de mi.*

¡Son mi adoración , mis chinitos!

A mis hermanos, por su constante apoyo y ejemplo de superación .

¡Los amo muchísimo!,

*A mi Abuelito Víctor, por su ejemplo de vida, las lecciones
y los mejores momentos a tu lado lo llevo
guardado en mi corazón. ¡Gracias infinitas!*

A mis Familiares : Hortencia, Nancy,César y Marcos

*Gracias por su apoyo constante y motivación para triunfar
siempre en lo personal y profesional.*

A mis sobrinos: Mariana, Andrea,

Facundo ,Fabiana y Victoria, son mi mayor motivación, ¡Las amo!

¡Gracias a todos ustedes por confiar en mi!

*Y a todas las personas especiales que de una u otra forma apoyaron en este trabajo de
investigación , ¡Gracias!*

Lucia del Carmen Castañeda Jiménez, (2021)

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater la Universidad Nacional Federico Villareal, a mi querida FOPCAA , en especial a mi escuela EPIA, porque con los conocimientos impartidos en sus aulas han dejado cimientos y columnas para mi vida personal y profesional.

A mis maestros, gracias por todos los conocimientos y experiencias compartidas de tipo profesional y personal, han sido de gran valor para mi vida.

Amigos y compañeros, gracias por cada palabra de aliento y por ser aquellas personas que siempre me motivaron para no rendirme ante un curso u parcial, por sus consejos, experiencias y sincera amistad. A mis queridas amigas : Zully, Brenda y Tatiana, ¡Las adoro chicas! , A Noemi y Sandy, mis amigas incondicionales, ¡las quiero! y Elizabeth, ¡Te quiero muchísimo!.

Agradezco a mi asesor de Tesis el Ing. Javier Chiyong e Ing. Faust Terrazos, por su confianza y apoyo en la culminación del trabajo de investigación, gracias por el aporte de sus comentarios y criterios. Al ing. Victor Terry, gracias por su valiosa colaboración, fue todo un honor volver a ser su alumna, Dios lo bendiga siempre.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi hermosa familia Castañeda Jimenez . Sin su apoyo, colaboración e inspiración nada habría sido posible. A mis padres, Mauro y Maritza , por su ejemplo de amor, lucha y honestidad; a mi hermanos: Ricardo y Freddy por su tenacidad y coraje, Luis por ser un ejemplo de valentía y superación...por ellos y para ellos!

Y a todas las personas especiales que han sido parte de cada experiencia , aprendizaje y lección en cada capítulo de mi vida

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| <i>DEDICATORIA</i> | <i>iii</i> |
| <i>AGRADECIMIENTOS</i> | <i>iv</i> |
| <i>ÍNDICE GENERAL</i> | <i>v</i> |
| <i>ÍNDICE DE TABLAS</i> | <i>ix</i> |
| <i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> | <i>x</i> |
| <i>ÍNDICE DE ANEXOS</i> | <i>xi</i> |
| <i>RESUMEN</i> | <i>xii</i> |
| <i>ABSTRACT</i> | <i>xiii</i> |
| <i>I. Introducción</i> | <i>1</i> |
| <i>1.1. Descripción y formulación del problema</i> | <i>2</i> |
| <i>1.1.1. Formulación del problema</i> | <i>3</i> |
| <i>1.2. Antecedentes</i> | <i>4</i> |
| <i>1.3. Objetivos</i> | <i>5</i> |
| <i>1.3.1. Objetivo General</i> | <i>5</i> |
| <i>1.3.2. Objetivos Específicos</i> | <i>5</i> |
| <i>1.4. Justificación</i> | <i>6</i> |
| <i>1.5. Hipótesis</i> | <i>6</i> |
| <i>1.5.1. Hipótesis General</i> | <i>6</i> |
| <i>1.5.2. Hipótesis Específicas</i> | <i>6</i> |
| <i>II. Marco Teórico</i> | <i>8</i> |
| <i>2.1. Bases teóricas sobre el tema de Investigación</i> | <i>8</i> |
| <i>2.1.1. Tamal</i> | <i>8</i> |

| | |
|--|----|
| 2.1.2. Origen | 8 |
| 2.1.3. Variedades de tamal en el Perú | 9 |
| 2.1.4. Tamal de maíz | 11 |
| 2.1.5. Valor Nutricional | 11 |
| 2.1.6. Ingredientes..... | 12 |
| 2.2. Fortificación..... | 19 |
| 2.2.1. Definición..... | 19 |
| 2.2.2. Tipos..... | 20 |
| 2.3. Envase de vidrio..... | 21 |
| 2.3.1. Propiedades..... | 21 |
| 2.3.2. Variedades..... | 22 |
| 2.3.3. Clasificación | 23 |
| 2.3.4. Diseño | 23 |
| 2.3.5. Control de cierre para envases de vidrio..... | 24 |
| 2.4. Teoría del Proceso Térmico..... | 25 |
| 2.4.1. Determinación del tiempo de tratamiento térmico | 26 |
| 2.4.2. Reacción de primer orden..... | 26 |
| 2.4.3. Cinética de termodestrucción de microorganismos..... | 27 |
| 2.4.4. Valor D..... | 27 |
| 2.4.5. Valor Z | 27 |
| 2.4.6. Letalidad del proceso..... | 28 |
| 2.4.7. Probabilidad de deterioro..... | 29 |
| 2.4.8. El método general | 29 |
| 2.4.5. Método Bigelow | 31 |
| 2.5. Conservación y procesamiento de alimentos por medio del calor | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1. Esterilización..... | 33 |
| 2.5.2. Conservas..... | 35 |
| 2.6. Alteraciones de productos..... | 36 |
| 2.6.1. Alteraciones biológicas o microbianas..... | 36 |
| 2.6.2. Alteraciones físicas..... | 37 |
| 2.7. Optimización de Procesos Térmicos..... | 38 |
| 2.8. Evaluación Sensorial..... | 38 |
| 2.8.1. Prueba de Medición del Grado de Satisfacción..... | 38 |
| 2.8.2. Prueba Estadística..... | 38 |
| 2.8.3. Diseño completamente al azar..... | 38 |
| 2.8.4. Prueba de Fisher..... | 39 |
| 2.8.5. Características de la distribución F..... | 40 |
| 2.8.6. Determinación de los grados de libertad..... | 41 |
| III. Método..... | 42 |
| 3.1. Tipo de Investigación..... | 42 |
| 3.2. Ámbito temporal y espacial..... | 42 |
| 3.3. Variables..... | 42 |
| 3.3.1. Operacionalización de las variables..... | 42 |
| 3.4. Población y muestra..... | 43 |
| 3.5. Instrumentos..... | 43 |
| 3.5.1. Materia prima e ingredientes..... | 43 |
| 3.5.2. Materiales y Equipos..... | 44 |
| 3.6. Procedimientos..... | 46 |
| 3.6.1. Diseño y desarrollo secuencial de actividades..... | 46 |
| 3.7. Análisis de datos..... | 52 |

| | |
|---|----|
| IV. Resultados..... | 53 |
| 4.1. Formulaciones de tamal de harina de maíz de mote con tarwi..... | 53 |
| 4.2. Análisis sensorial de las tres formulaciones..... | 54 |
| 4.2.1. Análisis Sensorial..... | 54 |
| 4.2.1.1. Panel de degustación..... | 54 |
| 4.2.1.2. Ambiente..... | 54 |
| 4.2.1.3. Presentación a los panelistas..... | 54 |
| 4.3. Análisis estadístico..... | 56 |
| 4.4. Análisis microbiológico..... | 65 |
| 4.5. Análisis proximal del tamal aceptado (Fórmula b)..... | 67 |
| 4.6. Evaluación Sensorial de la conserva, mediante el panel semi-entrenado..... | 67 |
| V. Discusiones de resultados..... | 68 |
| VI. Conclusiones..... | 70 |
| VII. Recomendaciones..... | 71 |
| VIII. Referencias..... | 72 |
| IX. Anexos..... | 77 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Composición química del tamal de Pollo(tamal tradicional).....</i> | <i>11</i> |
| <i>Tabla 2. Clasificación taxonómica del maíz</i> | <i>13</i> |
| <i>Tabla 3. Composición química de los motes blanco y amarillo tratados con cal.....</i> | <i>14</i> |
| <i>Tabla 4. Clasificación taxonómica del tarwi.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Tabla 5. Composición química del tarwi amargo y desamargado.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 6. Composición químico proximal del tarwi (100g)</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 7. Tamal tradicional (20 porciones)</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 8. Análisis sensorial de las muestra de acuerdo a las formulaciones.....</i> | <i>53</i> |
| <i>Tabla 9. Resultado de la encuesta según prueba hedónica.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 10. Análisis de Varianza de un factor.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 11. Prueba de Tukey</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 12. Fórmula con mayor aceptación sensorial.....</i> | <i>58</i> |
| <i>Tabla 13. Penetración de calor en la fórmula b (Mejor Aceptación)</i> | <i>61</i> |
| <i>Tabla 14. Análisis microbiológico sobre la conserva de tamal experimental.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Tabla 15. Apariencia General del tamal en conserva</i> | <i>67</i> |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1. Tamal criollo en venta</i> | 9 |
| <i>Figura 2. Tamal criollo</i> | 10 |
| <i>Figura 3. Maíz mote</i> | 12 |
| <i>Figura 4. Tarwi desamargado</i> | 15 |
| <i>Figura 5. Partes de un envase de vidrio tipo pote (FDA – USA)</i> | 25 |
| <i>Figura 6. Valor de Z</i> | 28 |
| <i>Figura 7. Curva de penetración de calor</i> | 30 |
| <i>Figura 8. Tasa letal como una función del tiempo</i> | 31 |
| <i>Figura 9. Velocidad letal vs tiempo</i> | 32 |
| <i>Figura 10. Diagrama de flujo de tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (Zea mays) y tarwi (Lupinus mutabilis) – Parte 1</i> | 49 |
| <i>Figura 11. Diagrama de flujo de tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (Zea mays) y tarwi (Lupinus mutabilis) – Parte 2</i> | 50 |
| <i>Figura 12. Diagrama de flujo de tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (Zea mays) y tarwi (Lupinus mutabilis) – Parte 3</i> | 51 |
| <i>Figura 13. Presentación final de maíz mote con tarwi</i> | 54 |
| <i>Figura 14. Tamal con formulación B dentro del envase de vidrio</i> | 59 |
| <i>Figura 15. Tamal en conserva en el autoclave</i> | 59 |
| <i>Figura 16. Evolución de la temperatura en el punto mas frio del envase durante la esterilización (calentamiento e enfriamiento)</i> | 62 |
| <i>Figura 17. Evaluación del valor F</i> | 63 |
| <i>Figura 18. Valor Fp del proceso durante el tiempo de esterilización</i> | 64 |
| <i>Figura 19. Conserva de tamal esterilizada</i> | 64 |
| <i>Figura 20. Analisis microbiologicos de la conserva de tamal con tarwi</i> | 65 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----------|
| <i>Anexo A. Ficha de evaluación sensorial</i> | <i>77</i> |
| <i>Anexo B. Tabla de resultados.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Anexo C. Análisis proximal de la conserva de tamal.....</i> | <i>80</i> |

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue determinar los parámetros tecnológicos y sensoriales de un tamal de maíz mote fortificado con tarwi. Se realizaron treintaicinco ensayos, cada ensayo consistió de tres tamales. Para determinar el grado de satisfacción del alimento se utilizó la escala hedónica a través de un DCA, usando la prueba de Fischer, y posteriormente la prueba de Tukey para determinar la formulación con mejor aceptabilidad, siendo la formulación B, que contenía el 15% de tarwi. A esta formulación se le realizó 10 repeticiones del tratamiento térmico utilizando el método general para determinar la cinética de esterilización. Basado en la destrucción de los microorganismos, siguiendo una cinética de primer orden y que tiene un valor de termorresistencia (z) conocido para el microorganismo de referencia; el cálculo para determinar la velocidad letal del proceso utilizó de referencia al *Clostridium botulinum* y temperatura de $121,1^{\circ}\text{C}$; para el cálculo del valor del F_p del proceso de esterilización se usó el método general de Bigelow, obteniendo un valor del tiempo de muerte térmica $F_p=17,17$ min, (resultados parciales $F_p(\text{calentamiento}) =11,51$ minutos $F(\text{enfriamiento})=5,66$ minutos). Luego de 6 meses, a nivel microbiológico se realizó los análisis de mesófilos y termófilos viables obteniéndose <10 ufc/g en ambos casos. Por último, el contenido proteico de la conserva de tamal con tarwi al 15%, se incrementa de 2,6% a 9,99%.

Palabras Claves: Esterilización, método Bigelow, incremento proteico

ABSTRACT

This research aims to determine the technological and sensory parameters of a “tamal” fortified with tarwi. Thirty-five trials were carried out, each trial consisted of three “tamal”. To determine the degree of satisfaction of the food, the hedonic scale was used through a DCA, using the Fischer test, and later the Tukey test to determine the formulation with the best acceptability, being formulation B, which contained 15% of tarwi. This formulation was performed 10 repetitions of the heat treatment using the general method to determine the sterilization kinetics. Based on the destruction of the microorganisms, following first-order kinetics and having a thermoresistance value (z) known for the reference microorganism; the calculation to determine the lethal speed of the process used the reference to clostridium botulinum and a temperature of 121.1 ° C; for the calculation of the value of the Fp of the sterilization process, the general Bigelow method was used, obtaining a value of the thermal death time $F_p = 17.17$ min, (partial results F_p (heating) = 11.51 minutes F (cooling) = 5.66 minutes). After 6 months, at the microbiological level, viable mesophilic and thermophilic analyzes were performed, obtaining <10 cfu / g in both cases. Finally, the protein content of tamal canned with 15% tarwi, increases from 2.6% to 9.99%.

Keywords: sterilization, Bigelow method, protein increase

I. INTRODUCCIÓN

El tamal es un producto alimenticio de consumo masivo en la población peruana, con diferentes ingredientes y de diferentes matices en su preparación. Es popular en ciudades de la costa, la sierra y la selva, los cuales son envueltos con hojas de distintas procedencia vegetal destacando la de plátano y la panca de choclo; es por ello que sus diferentes sabores y texturas de este producto resulta ser un buen acompañante en cualquier hora del día.

El presente trabajo de investigación, planteó incrementar el contenido de proteínas al alimento adicionando Tarwi, también conocido como chocho o lupino, una leguminosa con alto valor proteico de origen andino, considerado como un alimento vegetal muy completo. El tamal no puede mantener sus características sensoriales más de una semana, es decir, se presentan cambios en el aspecto sensorial y nutricional, por ello este producto de consumo popular se expende por lo general en forma semanal, debido a ser un producto perecible.

En Mistura 2016, apareció una interesante propuesta: tamales enlatados. El stand “*Típico Comida Peruana*” presentó esta novedad, que permite que los tamales de Supe “Típico” sean degustados sin que se arruinen por el clima o la fecha de elaboración. Después la empresa Casaverde puso a la venta los tamales de quinua en conserva y en envases retortables. Debido a la versatilidad del consumo del tamal, el productor peruano a buscado las formas de incursionar e impulsar el uso de materias primas beneficiosas para el hombre. Este trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera:

- **Capítulo 1:** Introducción
- **Capítulo 2:** Marco Teórico
- **Capítulo 3:** Método
- **Capítulo 4:** Resultados
- **Capítulo 5:** Discusiones de resultados
- **Capítulo 6:** Conclusiones

Esta investigación incluye referencias bibliográficas y anexos.

1.1. Descripción y formulación del problema

El tamal es un producto alimenticio, de origen indígena, elaborada a partir de maíz mote o choclo fresco. Es a partir de la conquista española y al intercambio cultural producido, fruto del mestizaje, cuando nace este alimento tal y como lo conocemos hoy en día. El tamal conocido por nosotros, incluye productos heredados de Europa como el huevo, la carne de cerdo, pollo, gallina etc. El consumo del tamal en el Perú se ha convertido en un plato popular de nuestra gastronomía, que lo convierten en un alimento ideal para niños y adultos (Horna & Romero, 2017).

El tamal es un producto alimenticio de consumo masivo en la población peruana, se ha convertido en un plato popular de nuestra gastronomía, y es considerado un buen acompañante del desayuno, almuerzo, cena y/o celebraciones especiales, este alimento en los diferentes países del mundo tiene distintas denominaciones, formas de elaboración y presentaciones (Horna & Romero, 2017). En la Tabla de composición de alimentos industrializados de Reyes *et al.* (2017), indica que el contenido de proteína para el tamal de pollo de 2,6%, por ello se planteó incrementar el contenido de proteínas al alimento con el uso de la leguminosa conocida como chocho o tarwi para mejorar el perfil nutricional de este producto de consumo masivo. Moraes *et al.* (2006) nos comentan que las nuevas tendencias en el consumo de alimentos y los cambiantes estilos de vida se han enfocado a buscar productos más saludables que además de su aporte nutricional tenga un efecto benéfico a la salud. Estas necesidades han impulsado a la búsqueda de alternativas para la producción de alimentos funcionales, por lo que se ha propuesto el aprovechamiento del tarwi.

Colocando el tarwi como insumo en la elaboración de los tamales, donde resalta la cantidad de proteínas que contiene (51,07%), superando a otros granos como la soya, frejol o maní, hace que sea un producto apetecible e incremente su valor nutricional (Peñañiel, 2013).

El tamal no puede mantener sus características sensoriales más de una semana, es decir, se presentan cambios en las proteínas, por lo que se propone el tratamiento térmico como alternativa para prolongar la vida útil del tamal, de tal modo que pueda comercializarse por más tiempo en cualquier parte del Perú o el mundo y que no sea necesaria la cadena de frío para su preservación.

El tamal no puede mantener sus características sensoriales más de una semana. Veliz (2011), sugiere la producción de tamales enlatados con valor agregado, con la finalidad de prolongar su tiempo de vida útil, es decir, para su fácil consumo y comercialización en el mercado nacional e internacional.

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema General

- ¿Cuál será el incremento de proteínas con la adición de Tarwi en la conserva de tamales?

1.1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los parámetros tecnológicos de los tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*)?
- ¿Cuál es la formulación idónea para elaborar la conserva de tamales?
- ¿Cuáles son los parámetros de esterilización del producto a elaborar, valor Fp del proceso y el análisis microbiológico (*Mesoófilos* y *Termófilos viables*) ?
- ¿Cuál es el grado de satisfacción de la conserva de tamales?

1.2. Antecedentes

Fernández (1989) en su trabajo de investigación “*Tamales enriquecidos con harina de lupino*”, enriqueció nutricionalmente los tamales de harina de maíz, por harina pre-cocida de lupino, para lo cual se preparó harinas pre-cocidas de maíz amarillo duro, maíz opaco-2 y lupino, las mismas que fueron analizadas en sus principales propiedades físico-químicas antes de su utilización en las formulaciones planteadas por el autor.

Fernández (1989) realizó ensayos de preparación de tamales empleando porcentajes crecientes de sal, manteca y agua; considerándose como 100% la harina de maíz amarillo duro. Se trabajó con diferentes niveles de reemplazó tales como 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, harina de maíz amarillo duro / harina de lupino (M/L), con la finalidad de determinar el nivel óptimo. Se demostró que la mezcla 80/20 (M/L) fue la de mejor aceptación según su panel de degustación.

Según Fernández (1989) recomendó realizar estudio de otro tipo de material de empaque de tamales en lugar de la hoja de plátano.

La demanda de este producto es constante durante todo el año, gracias a que forma parte del desayuno tradicional de nuestro país. Los tamales se pueden ofrecer en restaurantes, hoteles, escuelas, empresas, comercios y está presente en las ferias y fiestas (Peñañiel, 2013).

Cordero (2017) en su trabajo de investigación “*Efecto de la variedad de maíz (Zea mays) y del tratamiento térmico sobre la aceptabilidad general, color y firmeza del tamal en conserva*”. Evaluó el efecto de la variedad de maíz y del efecto de tratamiento térmico sobre la aceptabilidad general, color y firmeza del tamal en conserva. Se evaluaron dos variedades de maíz (blanco y amarillo) y tres tratamientos térmicos (117 °C x 55 min, 117 °C x 65 min y 117 °C x 75 min) a un valor de muerte térmica (F_0) que superó el requerido para asegurar la esterilidad comercial. La firmeza del tamal se evaluó con el *texturómetro Instron 3342*. El análisis de varianza mostró que la variedad de maíz y tiempo de tratamiento térmico no

produjeron diferencia significativa ($p > 0,05$) sobre esta variable paramétrica. Para las variables no paramétricas se usó la prueba de *Kruskal Wallis*, donde para la evaluación de aceptabilidad general se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, donde se determinó la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$), demostrándose que el tratamiento V 2 T 3 (maíz amarillo, 117 °C x 75 min) presentó la calificación más alta con rango promedio de 127,37 y valor de moda estadística de 8 (me agrada mucho). Para la evaluación de color se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, donde se determinó la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$), demostrándose que el tratamiento V 2 T 3 (maíz amarillo, 117 °C x 75 min) presentó la mayor calificación con rango promedio de 126,03 y valor de moda estadística de 4 (me agrada poco).

La prueba de *Mann-Whitney* para aceptabilidad general y color, determinó que el mejor tratamiento V 2 T 3 (maíz amarillo, 117 °C x 75 min) fue estadísticamente diferente a los demás. Este fue el mejor tratamiento en esta investigación, considerando valores deseables de las variables dependientes estudiadas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar el incremento de proteínas con la adición de Tarwi en la conserva de tamales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros tecnológicos de los tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*).
- Determinar la formulación idónea para elaborar la conserva de tamales.
- Determinar los parámetros de esterilización del producto a elaborar, valor F_p del proceso y el análisis microbiológico (*Mesoófilos* y *Termófilos viables*).
- Determinar el grado de satisfacción de la conserva de tamales.

1.4. Justificación

En el aspecto nutricional es mejorar el balance nutricional del tamal tradicional, mediante el incremento del contenido de proteínas. Así mismo, dicha mejora debe mantener la calidad sensorial característica del producto.

En el aspecto industrial-tecnológico es de prolongar su tiempo de vida útil y brindar un producto alimenticio industrializado que no sea necesaria la cadena de frío para su preservación, sea de fácil traslado y comercialización. Cumplir con los procesos de calidad e inocuidad alimentaria.

En el aspecto social es brindar a la población en general un producto inocuo, de calidad y que aporte al consumidor los nutrientes beneficiosos para su salud.

La importancia de esta investigación nos permite mejorar la accesibilidad de un plato bandera como es el tamal, de forma que prologa su vida en anaquel, a la vez que lo presenta en un formato de exportación, en concordancia con el boom de nuestra gastronomía peruana.

Además, brindar un producto alimentario industrializado de composición nutricional que sea provechoso para los potenciales consumidores, y que conserva las características sensoriales de nuestro plato bandera.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- Se logra el incremento de proteínas con la adición de Tarwi en la conserva de tamales.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Mediante los parámetros tecnológicos encontrados de los tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*), se logra obtener una conserva con alto valor proteico y de aceptación general.

- Se determinó la formulación idónea para elaborar la conserva de tamales.
- Mediante los parámetros de esterilización del producto a elaborar, valor F_p del proceso y el análisis microbiológico (Mesófilos y Termófilos viables), se logra un producto inocuo.
- Se consigue un grado de satisfacción de la conserva de tamales y tarwi, definido por análisis sensorial.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de Investigación.

2.1.1. *Tamal*

El tamal, que es un producto comestible hecho artesanalmente del maíz mote remojado y molido, tiene en el Perú como principal insumo el maíz mote molido, mezclada con caldo de pollo y/o chanco, manteca o aceite y carne de cerdo o de pollo con el agregado de especias. Es de amplio y profundo consumo entre todos los sectores sociales de cualquier mesa, con o sin mantel largo (Rodríguez, 2002).

2.1.2. *Origen*

El lugar de procedencia de este platillo no es exacto. Existe gran variedad de tamales en muchos países de Latinoamérica. Sin embargo, México y Perú son quienes se disputan el origen de este producto. Fray Bernardino de Sahagún, en sus escritos del siglo XVI, describe que el tamal procede de México. Sin embargo, el antropólogo peruano Humberto Rodríguez Pastor, en su libro “La Vida en el entorno del tamal peruano,” señala la existencia de rastros hallados de este producto en las ruinas de Caral, que datan de hace cinco mil años. Rodríguez Pastor le atribuye un origen peruano a este platillo. De ser así, el tamal deriva de las humitas andinas o prehispánicas, que luego en el siglo XVII tomaron el nombre de “bollicos de mayz o humintani” (Morales, 2018).

La preparación del tamal mexicano y peruano es diferente, debido al tipo de proceso que sufre el maíz. Para la preparación del tamal se hace uso del maíz húmedo molido, y para las humitas se hace con choclo rallado (Morales, 2018).

En la época Colonial el tamal, hasta entonces llamado humita, era preparado con pichón de paloma y gallina. Durante esa época, el tamal era parte de las celebraciones navideñas, junto a los chicharrones, la butifarra y la chicha. Se cree que los españoles popularizaron el término

‘tamal’ dentro del Virreynato del Perú que deriva de la voz tamalli del náhuatl, lengua nativa de México. Por ello, las humitas andinas pasan a tomar el nombre de tamal (Morales, 2018).

También durante el virreinato, los pregoneros se encargan de darle un sentido diferente a la forma de vender. Estos vendedores usaban cánticos que se escuchaban a partir de las 10 de la mañana: “¡Tamal, tamal suave, calentito!”. A mitad del siglo XVIII, el tamal se convirtió en un alimento popular, agregándole la carne de chanco, a lo que posteriormente se alternará con la carne de pollo. Con la llegada del siglo XX, la venta de tamal obtuvo un espacio fijo, denominada como la “etapa del estacionamiento”. De esta manera los vendedores de tamal o las tamaleras se sitúan en la puerta de las panaderías para venderlos (Morales, 2018). En la figura 1 se aprecian como lucen los tamales en la actualidad para venta.

Figura 1

Tamal criollo en venta



Fuente: Morales (2018)

2.1.3. Variedades de tamal en el Perú

Nuestra exquisita variedad gastronómica permite que el tamal se adapte a las diferentes regiones del país. Por ello es preparado de múltiples formas entre las variedades de tamales que se pueden encontrar en el territorio peruano, Morales (2018) destaca los siguientes:

- **Tamal cajamarquino:** Harina de maíz, ají colorado amasado con caldo de gallina que se rellenan de carne de cerdo y se envuelven en hojas de maíz o plátano.
- **Tamal chinchano:** Harina de maíz blanco molido en batán ají panca y amarillo, relleno de papada y carne de cerdo, además de huevo y aceituna. Y envuelto en hoja de plátano,
- **Tamal criollo:** Se elabora con masa de mote y ají colorado, rellenos con carne de cerdo y envuelto en hojas de plátano. Ver Figura 2.
- **Tamal de Supe:** Está preparada con harina de maíz blanco, ají colorado, relleno de pollo y es envuelto en hojas de plátano en forma rectangular.
- **Tamal serrano:** Con base en mote de maíz blanco, manteca y sal, se rellena con carne de res y se envuelve con pancas (hojas que envuelven la mazorca de maíz)
- **Tamalitos verdes:** Son hechos en la región Piura, al maíz fresco molido se le añade culantro, por lo que adquiere su color y aroma característico. Es acompañante del Seco de Cabrito.
- **Tamales piuranos:** Se elabora sobre la base de harina de maíz blanco remojado varios días y lleva por relleno un preparado de cebollas, pimientos y cuero de cerdo.

Figura 2

Tamal criollo



Fuente: Morales (2018).

2.1.4. Tamal de maíz

Según Peñafiel (2013), el tamal (del náhuatl tamalli, que significa ‘envuelto’) es un nombre genérico dado a varios platillos americanos de origen indígena, preparados generalmente con masa de maíz cocida normalmente al vapor, envuelto en hojas de mazorca de la misma planta de maíz o de plátano e incluso papel aluminio o plástico.

2.1.5. Valor Nutricional

Se aprecia en la tabla 1 la composición química del tamal de pollo tradicional.

Tabla 1

Composición química del tamal de Pollo (tamal tradicional)

| <i>Nutriente (g/100g)</i> | <i>Tamal de pollo</i> |
|---------------------------|-----------------------|
| Agua | 28,8 |
| Proteína | 2,6 |
| Grasa Total | 8,7 |
| Carbohidratos totales | 6,1 |
| Carbohidratos disponibles | 5,5 |
| Fibra dietaria | 0,6 |
| Cenizas | 3,1 |

Fuente: Reyes et al (2017)

2.1.6. Ingredientes

Pueden llevar o no relleno, el cual contiene carne, vegetales, ají, frutas, salsa, etc. Además, pueden tener sabor dulce o salado (Peñañiel, 2013).

2.1.6.1. Maíz mote (*Zea mays*): El maíz mote o maíz blanco gigante es un grano de maíz pelado de tamaño muy grueso, el tamaño de su grano oscila entre 15 y 17 mm, tiene forma plana circular y su color es blanco o amarillento cremoso, es de sabor suave y textura harinosa (Fernández, 2009). Como se aprecia en la Figura 3, el maíz mote es de color blanco, se emplea desgranado, pelado y cocido con sal (Cuaran, 2013). El mote de maíz, cuya preparación data de tiempos pre incas subsiste hasta nuestros días y ha sido motivo de estudios nutricionales, culinarios e incluso antropológicos (Cravero *et al.*, 2003).

Figura 3

Maíz mote



Fuente: Imex (2018).

2.1.6.2. Taxonomía. La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-80 cm de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra

abortiva, en hileras paralelas. Su clasificación taxonómica se ve en la Tabla 2. Sánchez (2014) nos indica que las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (inflorescencia masculina en panícula dominante).

Tabla 2

Clasificación taxonómica del maíz

| Categoría | Descripción |
|-------------------|--------------------|
| Reino | Plantae |
| Sub – división | Magnoliophyta |
| Clase | Liliopsida |
| Orden | Poales |
| Familia | Poaceae |
| Subtribu | Tripsacinae |
| Género | Zea |
| Especie | Mays |
| Nombre Científico | <i>Zea mays</i> |
| Nombres comunes | Maíz, zara, choclo |

Fuente: Fernandez (2009).

2.1.6.3. Valor Nutricional. Respecto al valor nutricional, en la tabla 3, Cuaran (2013) muestra un comparativo de maíces blanco y amarillo luego de ser tratados con cal (principales tipos de maíz que se utilizan en la elaboración de tamales).

Tabla 3

Composición química de los motes blanco y amarillo tratados con cal

| Nutriente (g/100g) | Maíz blanco | Maíz Amarillo |
|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Humedad | 56,53 | 56,10 |
| Proteína | 7,21 | 7,45 |
| Hidratos de carbono | 32,80 | 30,20 |
| Cenizas | 0,91 | 0,96 |
| Sodio | 0,015 | 0,013 |
| Potasio | 0,039 | 0,049 |
| Hierro | 0,006 | 0,006 |

Fuente: Cuaran (2013)

2.1.6.4. Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*). Según Garay (2015) el tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) es una leguminosa oriunda de los Andes Sudamericanos y se le ubica desde los 1 500 hasta los 3 850 metros de altitud, encontrándose en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina; el poblador andino lo conoce y lo incorpora a su canasta familiar, como grano desde antes de 500 años a. C. Actualmente, ocupa uno de los primeros lugares entre los alimentos nativos de sudamerica con elevado contenido en proteínas y aceites a nivel mundial. Estudios realizados en más de 300 genotipos diferentes muestran que la proteína varía de 41% a 51% y el aceite de 14% a 24% (Garay, 2015). En la Figura 4, se aprecia el tarwi desamargado usado regularmente.

Figura 4*Tarwi desamargado*

Fuente: Garay (2015)

Alrededor del mundo se han reportado aproximadamente 1 700 especies de lupino, pero se podrían agrupar en solo dos grupos: lupino dulce y amargo. De ellas, las especies más conocidas son: *L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus* y *L. mutabilis*. Las tres primeras especies mencionadas anteriormente son originarias de la zona mediterránea de Europa y *L. mutabilis* es originario de América (Quispe, 2015).

2.1.6.5. Taxonomía. El tarwi es una especie generalmente anual, de un crecimiento erecto y que puede alcanzar desde 0.8 m hasta las plantas más altas de más dos metros. De acuerdo a las diferencias morfológicas, como las características fenológicas, se pueden diferenciar hasta tres sub especies. Ninaquispe (2013) menciona que los nombres tradicionales en el Perú, son chocho en la región norte y tarwi en el centro, considerándolos dos sub especies. Tapia (1982) incluye una tercera posible sub especie de *Lupinus* cultivado que se produce al sur del lago Titicaca, en Yunguyo y Pomata, que recibe el nombre de “tauri” en la región sur de Puno de origen aimara. Esta es una planta con menos ramas y generalmente precoz de 155 días de crecimiento, descrita por Lescano *et al.* (1992). Se concluye que son necesarios estudios

botánicos y moleculares complementarios para definir estas sub especies (Tapia, 2015). En tabla 4 se muestra su clasificación taxonómica.

Tabla 4

Clasificación taxonómica del tarwi

| Categoría | Descripción |
|-------------------|-------------------------------|
| División | <i>Espermatofita</i> |
| Sub – división | <i>Angiosperma</i> |
| Clase | <i>Dicotiledóneas</i> |
| Sub – Orden | <i>Leguminosae</i> |
| Orden | <i>Fabales</i> |
| Familia | <i>Fabaceae</i> |
| Sub – Familia | <i>Faboideae</i> |
| Tribu | <i>Genisteas</i> |
| Género | <i>Lupinus</i> |
| Especie | <i>Mutabilis</i> |
| Nombre Científico | <i>Lupinus mutabilis</i> S |
| Nombres comunes | <i>Chocho, Tahuri, Tarwi.</i> |

Fuente: Tapia (2015)

2.1.6.6. Valor nutricional. Entre las fuentes vegetales, las semillas de leguminosas son una de las más ricas en fuentes de proteínas (20-40% de las semillas secas) y han sido consumidas por el hombre desde tiempos ancestrales. El *Lupinus mutabilis* es importante por su contenido de proteína y aceite, que lo coloca en un plano competitivo con la soja. La proteína del tarwi contiene cantidades adecuadas de lisina y cisteína (Dávila, 1987; citado por Ninaquispe, 2013). El aceite varía de 14 a 24%. Al eliminar la cáscara de la semilla y moliendo

del grano, se obtiene una harina constituida de proteínas. (Dávila, 1987; citado por Ninaquispe, 2013). En la Tabla 5 se aprecia la diferencia de la composición química del tarwi amargo y desamargado.

Tabla 5

Composición química del tarwi amargo y desamargado

| <i>Nutriente</i> | <i>Grano amargo</i> | <i>Grano desamargado</i> |
|------------------|---------------------|--------------------------|
| Proteína | 41.20% | 51.07% |
| Grasa | 17.54% | 20.44% |
| Materia Seca | 90.10% | 26.37% |
| Fibra | 6.24% | 7.35% |
| Cenizas | 3.98% | 2.38% |
| Humedad | 9.90% | 73.63% |

Fuente: Caicedo (2000)

El tarwi presenta una concentración de proteína muy superior a las demás leguminosas estando en un rango entre 40 a 50%, además los niveles de zinc en el grano varía entre 2 y 5 mg por cada 100 gramos. La tabla 6 muestra la composición químico proximal del tarwi (100g), mostrándose como una alternativa alimenticia económica para la población.

Tabla 6*Composición químico proximal del tarwi (100g)*

| Composición | Tarwi Trujillo | | Tarwi Huaraz | |
|--------------|----------------|-------------|--------------|-------------|
| | Con Cáscara | Sin Cáscara | Con Cáscara | Sin Cáscara |
| Proteína (g) | 43,11 | 40,06 | 43,12 | 47,08 |
| Grasa (g) | 24,42 | 27,02 | 27,58 | 22,84 |
| Humedad (%) | 7,16 | 11,75 | 6,62 | 4,45 |
| Fibra (g) | 11,72 | 1,55 | 13,02 | 3,09 |
| Ceniza(g) | 2,80 | 2,36 | 2,86 | 2,89 |
| Zinc (mg) | 4,13 | 2,82 | 2,27 | 2,07 |

Fuente: Sánchez (2011; citado por Ninaquispe 2013)

El contenido de grasa (18-25%), lo que hace factible la extracción del aceite a nivel industrial. Los lípidos constan de ácidos grasos insaturados como ácido oleico (35.2-54.6%), ácido linoleico (22.3-43.9%) y el 2.1-2.7% corresponde al ácido linolénico (Ninaquispe, 2013).

El contenido de sacarosa y almidón es bajo, mientras que la proporción de oligosacáridos que no son aprovechables por el hombre son altos, estos son los causantes de la producción de las flatulencias en el hombre y animales, caracterizada por la producción de CO₂ (Gross & Von, 1977; citado por Ninaquispe, 2013). El contenido de minerales en el chocho es semejante al de otras leguminosas, solo el contenido de fósforo y magnesio es un poco más elevado. La semilla del lupino representa para el hombre una valiosa fuente de calcio potasio, el primer elemento se encuentra principalmente en la cáscara, y el fósforo se halla en el núcleo. El contenido de vitaminas como la tiamina, riboflavina, niacina, se asemeja a los valores de otras leguminosas, debido a lo cual constituye una valiosa fuente de vitamina B para el hombre (Gross & Von, 1977; citado por Ninaquispe, 2013).

2.2.Fortificación

2.2.1. Definición

Según la FAO (1989), la fortificación se ha definido como la adición de uno o más nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes. En algunos casos, la fortificación puede ser el procedimiento más fácil, económico y útil para reducir un problema de deficiencia, pero se necesita cuidado y también evitar su excesiva promoción como panacea general en el control de las carencias de nutrientes. Se debe evaluar los pro y los contras de la fortificación en cada circunstancia. Aun así, muchas veces la fortificación se ha subutilizado en los países en desarrollo como estrategia para controlar las deficiencias de nutrientes

Los profesionales de alimentos de la localidad necesitan participar ampliamente en la planeación, ejecución y seguimiento de un programa de fortificación. Es importante tener una imagen clara sobre la situación local: carencias de nutrientes, hábitos alimentarios, prácticas de preparación de los alimentos, facilidades para el procesamiento de alimentos, prácticas de mercadeo, etc. La fortificación es más fácil con un alimento, como la sal, y donde hay pocos fabricantes. En otras circunstancias, es posible la fortificación, la que puede funcionar y puede tener un buen papel en mejorar el estado nutricional y reducir el riesgo de deficiencias, aun a niveles locales. En el pasado, se procuró buscar un alimento ideal para fortificarlo con vitamina A o hierro, pero ahora se recomienda que los países consideren fortificar varios alimentos a la vez. Dos tipos de fortificación que han sido muy efectivos en muchos países son: la adición de yodo a la sal (yodación) y la adición de flúor al agua (fluoración). En el último caso, el flúor se adiciona al agua de los acueductos municipales para suministrar niveles considerados óptimos (una parte por millón) a fin de reducir la incidencia de caries dental.

En los países industrializados, y en alguna extensión en los países en desarrollo, se utiliza la fortificación para ajustar el contenido de nutrientes a los alimentos procesados, de manera que sus niveles estén más cerca de los del alimento antes de su proceso. Por ejemplo, los cereales que se someten a una molienda importante, como la harina de trigo, pueden contener nutrientes que se agregan para reemplazar los que se han perdido durante el proceso de refinamiento. Valdría la pena insistir, o inclusive promover una legislación, para evitar que se refine demasiado a los cereales.

2.2.2. Tipos

Según el tipo de nutriente a fortificar en los alimentos, la FAO (2007) clasifica a éstos como:

- **Fortificación de micronutrientes:** La fortificación de los alimentos ofrece una estrategia importante para ayudar al control de tres carencias principales de micronutrientes, en particular la carencia de yodo, vitamina A y hierro. En los países en desarrollo, la prioridad debe ser la fortificación con estos nutrientes, aunque la fortificación también puede ser una buena estrategia para reducir la prevalencia de otras carencias, como por ejemplo, de niacina, tiamina, riboflavina, folato, vitamina C, zinc y calcio.
- **Fortificación de macronutrientes:** Un tipo de fortificación algo distinta es la adición de macronutrientes para enriquecer a los alimentos. El enriquecimiento puede consistir en agregar grasa o aceite para aumentar la energía o densidad de un alimento; aminoácidos a los cereales para mejorar la calidad de la proteína; o proteína, azúcar o aceite (así como micronutrientes) a un alimento formulado.

2.3. Envase de vidrio

El vidrio se fabricó por primera vez antes del 2 000 A.C. y desde ese entonces se ha empleado para fabricar recipientes tanto de uso doméstico como objetos decorativos y ornamentales, entre ellos joyas (MINCETUR, 2009).

En la industria de alimentos, el vidrio, pese a la competencia de envases más baratos como las latas de aluminio o acero, el cartón encerado y botellas de plástico, es todavía uno de los envases usados preferentemente para la comercialización de la mayoría de las bebidas alcohólicas (vino y cerveza en su mayoría), conservas (especialmente mermeladas y hortalizas, que se benefician de la visibilidad del producto a través del vidrio) y refrescos de todo tipo (MINCETUR, 2009). El vidrio es una sustancia fabricada sobre todo a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. El vidrio es una sustancia amorfa, porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión como para presentar rigidez mecánica. El vidrio se enfría hasta solidificarse sin que se produzca la cristalización; el calentamiento puede devolverle su forma líquida. Suele ser transparente, pero también puede ser translucido u opaco. Su color varía según los ingredientes empleados en su fabricación (Carrión, 2015; citado por Salas, 2017).

2.3.1. *Propiedades*

Córdoba (2006) nos dice que entre las propiedades más características del vidrio se encuentran:

- **Térmicas:** Cuando se calienta un sólido a la temperatura de fusión pasa el estado líquido.
- **Mecánicas:** Los vidrios son duros pero frágiles, es decir, no son fácilmente rayados por una punta de acero pero no resisten al golpe.

- **Ópticas:** Los vidrios comunes son incoloros, transparentes, pero se les comunica coloración sin pérdida de transparencia. Los vidrios translúcidos son semitransparentes, objetos colocados detrás de ellos se aprecian borrosamente. Los vidrios opacos no son transparentes.
- **Resistencia a los reactivos químicos:** Los vidrios resisten a la acción de los reactivos químicos. Solo el ácido fluorhídrico reacciona con el vidrio.

2.3.2. Variedades

Según la MINCETUR (2009) se encuentran las siguientes variedades:

- **De color:** Se obtienen de sustancias agregadas a las materias primas ordinarias.
- **Finos:** Son semicristales o vidrios potasio-cálcicos. Brillantes y más transparentes, resisten bien a la acción del agua. Su composición es el silicato de potasio.
- **Cristales:** Son vidrios compuestos por silicato de potasio y de plomo. Las materias primas son arenas seleccionadas, carbonato de potasio y óxido de plomo. Su manufactura, es controlada preparando partidas de menos de 20 toneladas. Las mencionadas materias primas se colocan dentro de crisoles de material refractario, abiertos o cerrados, los que, a su vez, se ubican dentro del horno.
- **Vidrios borosilicatados, tipo pirex (Pyrex):** Sus materias primas son arena bórax (tetraborato de sodio), que cuando descompone en caliente da trióxido de boro, un óxido que se comporta como el dióxido de silicio, y aluminio (óxido de aluminio), que actúa como óxido básico. Se los comercializa como “vidrio pirex”, porque pirex fue la primera marca registrada en este tipo. Son indispensables en los laboratorios y en vajilla por su elevada temperatura de ablandamiento

aproximadamente 800°C, su insuperable resistencia les permite soportar enfriamientos bruscos sin ruptura.

2.3.3. Clasificación

Según el MINCETUR (2009), envases de primera elaboración, Botellas o Garrafas, Envases de boca angosta, y capacidad de entre 100 y 1500 ml. Botellones: De 1.5 a 20 litros o más.

- **Frascos:** De pocos ml a 100 ml. Pueden ser de boca angosta.
- **Tarros:** Capacidad hasta un litro o más; tienen el diámetro de la boca igual al del cuerpo. Si la altura es menor que el diámetro se llaman potes.
- **Vasos:** Recipientes de forma cónica truncada e invertida.
- **Envases de segunda elaboración:** Ampolletas: De 1 a 50 ml para humanos, y hasta 200 ml para uso veterinario. La punta se sella por calor.
- **Frascos – ampollas:** Viales generalmente para productos sólidos, de 1 a 100 ml.
 - 1) Forma, estética, estabilidad y funcionalidad en sus líneas.
 - 2) El tipo de corona o rosca que se usará, de acuerdo al uso que se le dará.
 - 3) La relación del envase con el contenido.

2.3.4. Diseño

Según la FAO (2014) para el diseño de un envase de vidrio, se deben considerar factores como la comprensión y estabilidad. Teniendo cuidado en la calidad de los moldes y en el proceso de fabricación. Es preciso tener en cuenta el tamaño y la forma de las etiquetas. La mejor superficie para las etiquetas es la cilíndrica, donde se puede alisar la etiqueta en el envase, ya que en una superficie esférica o cóncava, ésta se arrugaría. El diseñador debe investigar las condiciones en que se usará el envase, con el fin de darle el diseño óptimo y funcional. En los

envases de vidrio es posible obtener una gran variedad de efectos, por ejemplo, dar la impresión de que el envase está lleno apretadamente con el producto. Las facetas en el envase, usadas especialmente en perfumes o cosméticos, hacen resaltar la imagen de alta calidad, recordando las joyas o el cristal. En el diseño de un envase debe tomarse muy en cuenta la ergonomía. En este punto cabe mencionar que parte ciertos casos el diseño de un asa adicional hará más manejable un envase.

Otro factor importante a considerar son las dimensiones y condiciones del lugar de almacenaje. El mayor peso del vidrio en relación a los plásticos hace sentir al consumidor que está recibiendo algo a cambio de su dinero, aunque esto aumenta el costo del flete. El diseñador debe estar al corriente de la maquinaria que se usará para fabricar y llenar los envases de vidrio. Puede que los cuellos de las botellas tengan que ser sujetados por la máquina durante el proceso de fabricación, por lo que se debe ser cuidadoso en el diseño para evitar que se rompan. Para realizar la resistencia de las botellas, se acostumbra adornarlas con estrías o texturas, lo que evita roturas por impacto. La resistencia de la botella puede ser aumentada por el uso efectivo de la forma; por ejemplo, las formas esféricas son más resistentes, seguidas de las cilíndricas y las rectangulares. Si se requiere de una botella rectangular, por la razón que sea, se puede incrementar la resistencia añadiéndole aristas o protuberancias en el centro de la botella. En realidad, la resistencia de la botella se incrementará casi un 50% con una buena aplicación de la forma (FAO, 2014).

2.3.5. Control de cierre para envases de vidrio

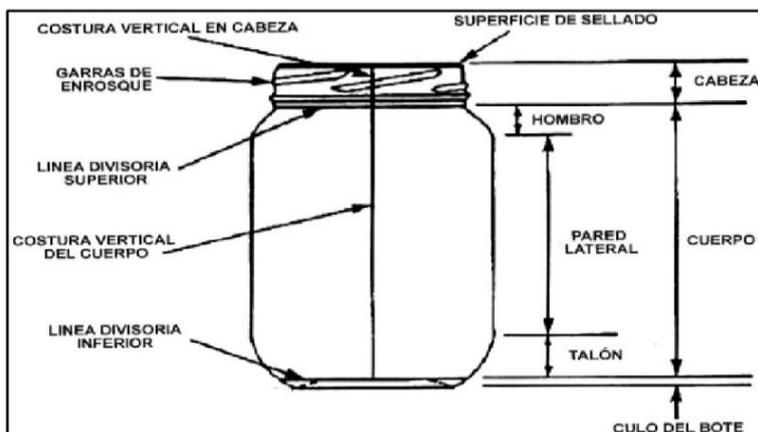
2.3.5.1. Elementos del cierre. Según Perez y Rodriguez (2012), es conveniente conocer las distintas partes del envase para poder identificar mejor los defectos del cierre. En un pote de vidrio la sujeción de la tapa se debe al vacío existente y al enganche de las pestañas a las garras del cuello. La presencia de plastisol fundido en la cara interna de la tapa en contacto

con la boca del tarro, garantiza la hermeticidad del cierre (Ver Figura 5). Existen tres sistemas de cierre:

- Mediante rosca (Twist) en el cual la tapa dispone de pestañas y el plastisol de la tapa contacta con la boca del tarro.
- Mediante presión o de media rosca (Twist off) en el cual la tapa no dispone de pestañas y el plastisol cubre la cara interna de la falda de la tapa.
- El conocido como PLCT (Plastisol Lined Continuous Thread) con garras en la falda de la tapa y plastisol de la tapa que contacta con la boca del tarro.

Figura 5.

Partes de un envase de vidrio tipo pote (FDA – USA)



Fuente: Perez, J. y Rodriguez, V. (2012)

2.4. Teoría del Proceso Térmico

Según Hernández (2014) el objetivo de los procesos térmicos en alimentos es obtener productos estables y seguros, en los cuales no se produzca deterioro y estén libres de organismos patógenos. Así, un importante factor a la hora de decidir la severidad del tratamiento térmico es el pH del producto, el cual puede variar desde pH neutro (pH 7) a ácido (alrededor de pH 2,8). La intoxicación alimentaria producida por el *Clostridium botulinum* y

otros tipos de bacterias esporuladas y no esporuladas, son inhibidas a pH inferiores a 4,5. En consecuencia esta es la línea divisoria para establecer la severidad del proceso térmico.

Según Reynaga (2014) 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.

2.4.1. Determinación del tiempo de tratamiento térmico

Condori *et al.* (2012) indican que con todos los datos de temperatura inicial de la conserva fh, jh, jc, temperatura de la autoclave, tiempo de levante “CUT”, temperatura del agua de enfriamiento, carga microbiana inicial, probabilidad de carga microbiana final, Z, ($D_{250^{\circ}\text{F}}=0.21$ min), se realizan los cálculos de los tiempos de procesamiento aplicando el método de Stumbo.

El valor de $F_{121.1^{\circ}\text{C}}$ requerido fue determinado en función a la cantidad de microorganismos iniciales en el producto antes de procesarlo y al microorganismo referencial *Clostridium botulinum*, cuyos parámetros cinéticos son $D_{121, 1^{\circ}\text{C}} = 0.21$ minutos y $Z = 10^{\circ}\text{C}$. Posteriormente se hallaron los tiempos equivalentes necesarios para diferentes temperaturas de tratamiento térmico (104.4; 110; 115.6; 121.1; 126.7 y 132.2°C) aplicando el método descrito por Stumbo (Condori *et al.*, 2012)

2.4.2. Reacción de primer orden

Casp & Abril (2003) señalan que en este tipo de reacciones el número de microorganismo disminuye, la velocidad de reacción es cada vez menor. Toledo (2011) indica que una ecuación de primer orden de pérdida del número de microorganismos, corresponde a la siguiente expresión:

$$-\frac{d[Q]}{dt} = k[Q]^1$$

2.4.3. Cinética de termodestrucción de microorganismos

Smith (2011) explica que la eliminación de microorganismos utilizando calor, es un fenómeno bien conocido que es explotada en la forma de preservación. Las bacterias muestran una distribución normal de resistencia térmica, es posible que resistan al calor, mediante un régimen de calentamiento que es suficiente para destruir microorganismo de menos a más resistencia al calor.

La resistencia al calor de microorganismos se ve dañado por:

- La edad celular.
- El medio de crecimiento.
- Contenido de humedad; alimentos secos tienden a requerir un tratamiento de calor más severo durante la esterilización.
- pH.

2.4.4. Valor D

Smith (2011) indica que el valor D es el tiempo para una reducción de diez veces en el número de supervivientes de un microorganismo dado y se anexa como subíndice por ejemplo D121, 1. Una temperatura de 121,1°C o 250°F se utiliza como punto de referencia común y a causa de su importancia, se denomina a veces como D₀.

$$t = D \cdot (\log N_1 - \log N_2)$$

Dónde:

N₁ y N₂: son las cantidades de microorganismos, iniciales y finales respectivamente.

2.4.5. Valor Z

Singh & Heldman (2009) indican que es el incremento de temperatura en °C o °F.

Basándose en la descripción Z puede expresarse mediante:

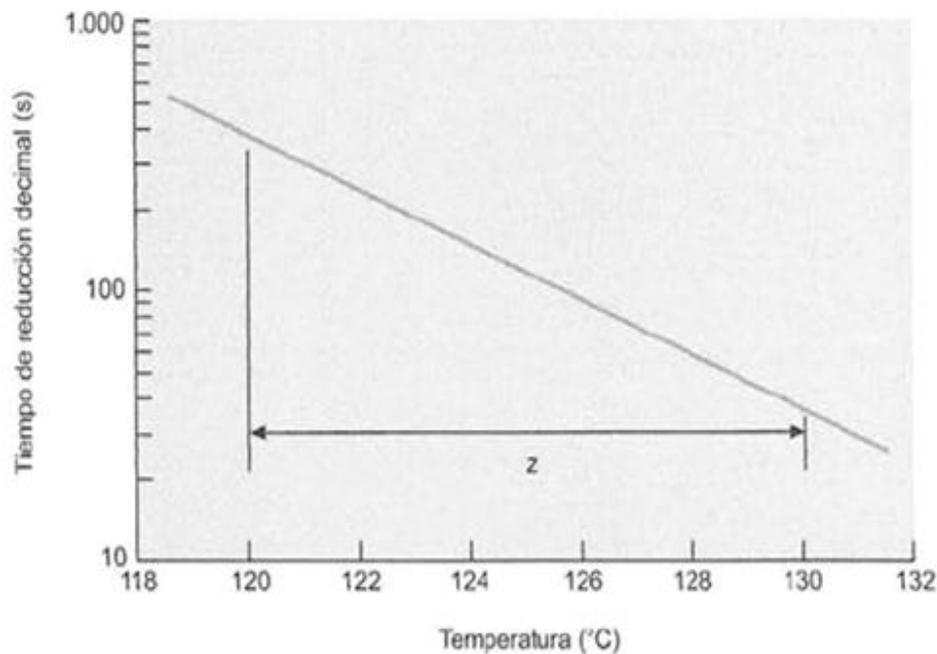
$$Z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_{T1} - \log D_{T2}}$$

Dónde:

- Z: Constante de resistencia térmica
- D: Tiempo de reducción decimal

Y gráficamente lo podemos visualizar en la Figura 6.

Figura 6
Valor de Z



Fuente: Singh & Heldman (2009)

2.4.6. Letalidad del proceso

Smith (2011) explica que, consiguiendo la eliminación de microorganismos, diferentes procesos de esterilización se pueden comparar utilizando la letalidad total de proceso, F, que representa la combinación total de temperatura / tiempo a la que un alimento se somete.

Así, F, generalmente expresado en minutos logra la esterilización, una letalidad; F = 2,5 implica el calentamiento durante 2,5 minutos a la temperatura de referencia y para un valor z especificado.

Las letalidades de proceso incluyen los efectos elevados en los microorganismos durante los dos ciclos de temperatura. Las temperaturas muy bajas harán una contribución significativa a la letalidad total si el tiempo es suficientemente largo.

$$F_0 = D_0 \cdot \left(\log \frac{N_1}{N_2} \right)$$

2.4.7. Probabilidad de deterioro

Smith (2011) indica que la relación en letalidad proceso, valor D y crecimiento microbiano puede ser utilizado para estimar la cantidad de recipientes en deterioro. Si N1 y N2 es el inicio y número final de microorganismos por contenedor, respectivamente, y la medición de contenedores en el lote es r, entonces la carga microbiana total es rN:

$$F = D \cdot \left(\log \frac{rN_1}{rN_2} \right)$$

El objetivo es reducir la población a un solo organismo por lote, entonces:

$$rN_2 = 1$$

$$F = D \cdot (\log rN_1)$$

La cantidad de contenedores en el lote está dada por:

$$r = \frac{10^{F/D}}{N_1}$$

2.4.8. El método general

Smith (2011) indica que permite la comparación entre diferentes procesos, la temperatura base para la comparación de las tasas, de tasas letales L es generalmente 121,1°C;

la tasa a esta temperatura se especifica como la unidad $L = 1$, es decir, cuantos minutos a temporizar son equivalentes a un min a $121,1^{\circ}\text{C}$.

La tasa letal está dada por:

$$L = 10^{-\left(\frac{121,1-T}{z}\right)}$$

A $111,1^{\circ}\text{C}$ la tasa será 0,10 y a $121,1^{\circ}\text{C}$ será 10,0.

Dónde:

- L : Tasa letal
- T : Temperatura de calentamiento
- z : Valor de termo resistencia $z = 10$

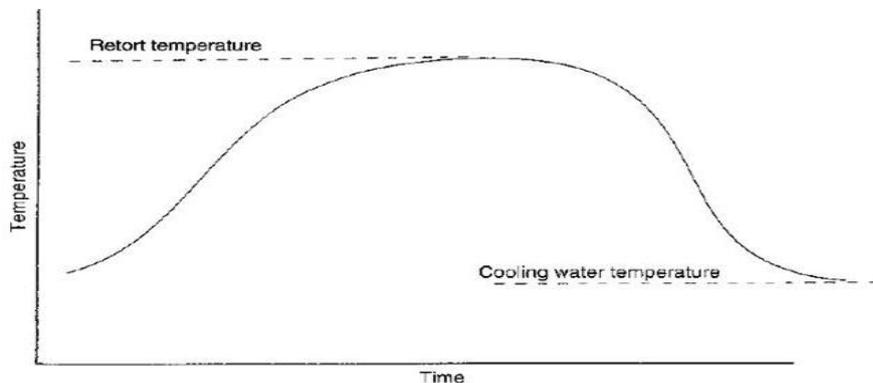
Smith (2011) indica que la base experimental del método general es para trazar una curva a la más lenta temperatura de punto de calentamiento, o centro térmico, del contenedor contra el tiempo. Esto a menudo se denomina curva de penetración de calor y para un alimento envasado, dependerá de la calefacción de retorta al colocar dicho contenedor.

Por definición:

$$F_0 = \int_{t=0}^{t=t} 10^{-\left(\frac{121,1-T}{z}\right)} dt$$

Figura 7

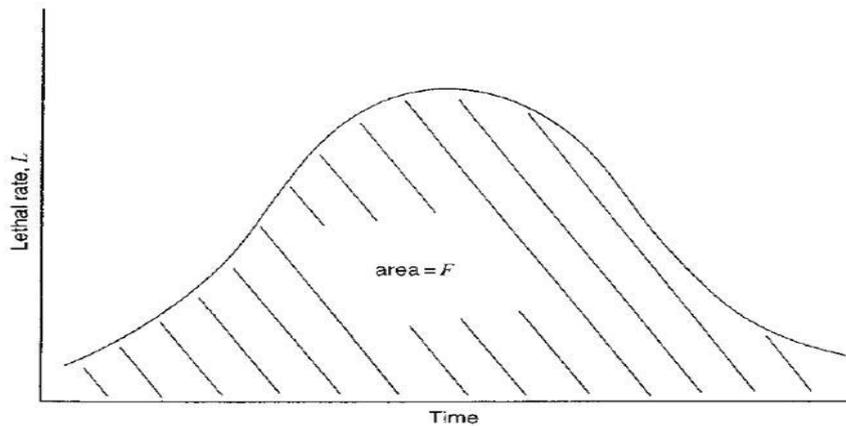
Curva de penetración de calor



Fuente: Smith (2011)

Figura 8

Tasa letal como una función del tiempo



Fuente: Smith (2011)

Smith (2011) indica que F_0 no es una medida de letalidad y depende de la elección de la temperatura base, la definición de la tasa letal como unidad en $121,1^\circ\text{C}$ y z de 10. Así, el método general es sólo relativo y F_0 simplemente permite que se hagan comparaciones en los procesos; el mismo valor F_0 da el mismo grado de la esterilización, y diferentes historias de temperatura / tiempo. F_0 tiene las dimensiones de tiempo con valores típicos entre 1 y 10 min. Para esporas de *Clostridium botulinum* D_0 es de aproximadamente 0,25 min y el proceso estándar 12D equivale a calentamiento a $121,1^\circ\text{C}$ durante 3 min.

Smith (2011) explica que el método general es ampliamente utilizado y tiene la gran ventaja de la simplicidad relativa que presenta una aproximación de la cinética de destrucción microbiana.

2.4.5. Método Bigelow

Singh & Heldman (2009) para los procesos térmicos, establecieron las bases de los cálculos modernos, basado en el artículo clásico de Bigelow, desarrollando una curva de esterilidad del proceso.

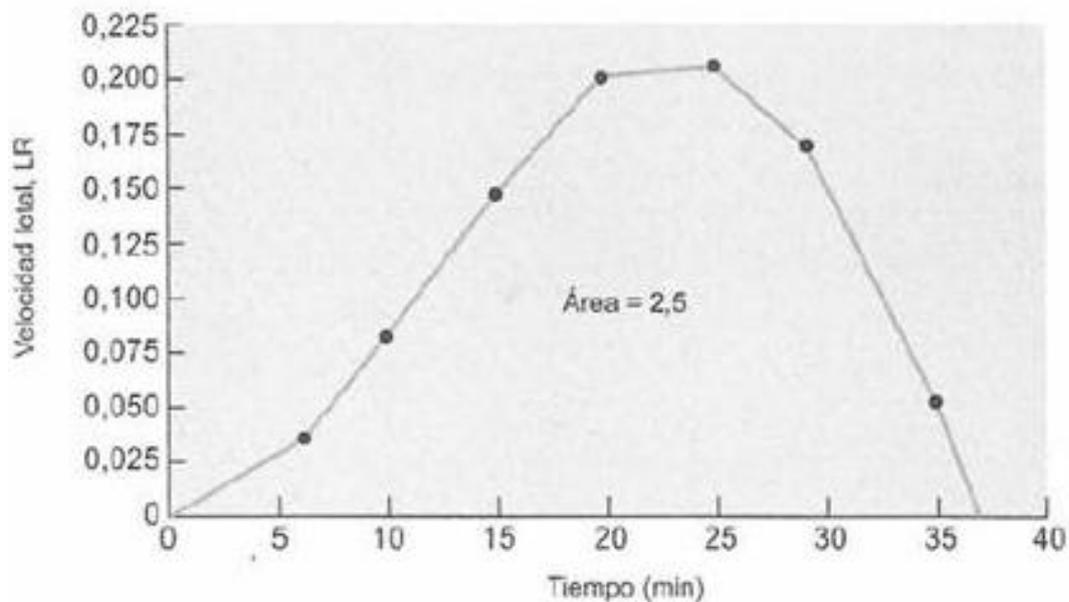
$$\frac{F_R}{F} = 10^{(T-T_R)/z}$$

Dónde:

- F: Tiempo de esterilización a cualquier temperatura
- F_R : Tiempo de esterilización de referencia
- T: Cualquier temperatura.
- T_R : Temperatura referencial
- z: valor de termorresistencia de referencia

Figura 9

Velocidad letal respecto al tiempo



Fuente: Singh & Heldman (2009)

2.4.5.1. Letalidades Parciales. Terry (2015), explica que, para realizar el cálculo del proceso térmico, se debe usar la integral de Simpson; pero sumando las áreas de las parábolas

cortas parciales sucesivas, se denomina letalidades parciales. Por ello, se planteó el siguiente cálculo:

$$L_p = \frac{\Delta t}{3} \cdot (L_{n-2} + 4 \cdot L_{n-1} + L_n)$$

$$F_p = \frac{\Delta t}{3} \cdot \sum (L_{n-2} + 4 \cdot L_{n-1} + L_n)$$

Dónde:

- L_p : Letalidad parcial
- Δt : Tiempo constante utilizado para registrar la variación de temperatura.
- L_n : Letalidad para la última temperatura considerada, T_n .
- L_{n-1} : Letalidad para la penúltima temperatura considerada, T_{n-1} .
- L_{n-2} : Letalidad para la antepenúltima temperatura considerada, T_{n-2}
- F_p : Tiempo total equivalente a T para que a 250°F se obtenga la misma destrucción de *Clostridium botulinum*.

2.5. Conservación y procesamiento de alimentos por medio del calor

2.5.1. Esterilización

Fellows (1994; citado por Eulogio & Matos, 2010) indicó que la esterilización por el calor es aquella operación unitaria en la que los alimentos son calentados a una temperatura suficientemente elevada y durante un tiempo suficientemente largo, como para destruir en los mismos la actividad microbiana y enzimática. Los alimentos estabilizados por este sistema poseen una vida útil superior a los seis meses. La esterilización de alimentos envasados provoca cambios sustanciales en su valor nutritivo y características organolépticas; por esta razón, los

últimos de estudios tecnológicos sobre esterilización van encaminados a la reducción de estos efectos negativos.

Así, la esterilización es la destrucción completa de los microorganismos presentes en el alimento. Debido a la resistencia al calor de ciertas esporas bacterianas, para su destrucción, se requiere a menudo de tratamiento térmico húmedo a una temperatura de destrucción por un tiempo determinado. Es así, para esterilizar una lata de alimentos dentro de la autoclave, el tiempo dependerá de la velocidad de penetración de calor a través del alimento enlatado hasta su punto más frío (Eulogio & Matos, 2010).

Además, Rosales (2010; citado por Eulogio & Matos, 2010) indica que el tiempo efectivo para lograr la verdadera esterilidad puede ser de varias horas, dependerá del tamaño, forma de la lata y el tipo de alimento. Durante esta exposición al calor puede ocurrir la disminución de la calidad del alimento. Por fortuna los alimentos no necesitan estar completamente estériles para su consumo, siempre y cuando no sea perjudicial a la salud humana y no se deteriore durante su conservación.

Por lo tanto, cuando el alimento es de baja acidez, pH mayor de 4,5 y alto contenido proteico, la esterilización es más difícil. Por el contrario, los productos de alta acidez, pH menor de 4,5, necesitan una esterilización menos enérgica.

Es así, un enlatado de sardina en aceite se esteriliza a 115°C por un tiempo de 75 a 80 minutos; en cambio, los zumos de fruta en envases metálicos, la esterilización puede realizarse a 105 a 110°C por un tiempo de 2 a 3 minutos (Rosales, 2010).

El tiempo de esterilización de un alimento, según Fellows (1994; citado por Eulogio & Matos, 2010), depende de (i) la termoresistencia de los microorganismos y enzimas eventualmente presentes, (ii) los parámetros de la esterilización, (iii) el pH del alimento, (iv) el tamaño del envase y (v) el estado físico del alimento.

En conclusión, para determinar el tiempo del tratamiento térmico de un alimento es necesario conocer la termorresistencia, tanto de los microorganismos, como de las enzimas presentes en el alimento, así como la velocidad de penetración de calor.

2.5.2. Conservas

La conserva es un método de conservación de los alimentos inventado por el francés Nicolás Appert a finales del siglo XVIII. El proceso, que asocia un tratamiento térmico, preserva las cualidades nutricionales, vitamínicas organolépticas de los productos (Desrosier, 1993). El objetivo principal de la conservación de alimentos es prevenir o retardar el daño causado por los microbios, por ende, su efecto nocivo sobre el alimento. Por ello, es necesario aplicar un adecuado tratamiento; los alimentos sometidos a este tratamiento son llamados conservas alimenticias.

El recipiente es importante para obtener éxito en la conservación de alimentos por enlatado. Mientras que Appert utilizó recipientes de vidrio en sus experimentos, la lata de acero con una cubierta de estaño ha sido ampliamente usada en los últimos cien años por las enlatadoras comerciales.

El proceso de conservación es un método de esterilización natural que no necesita aditivos y que permite preparar los alimentos con una rapidez y una facilidad inigualables. Hoy, en pleno siglo XXI, las conservas tienen más vigencia que nunca en una alimentación moderna, equilibrada, gastronómica y diversificada. Cada año se fabrican en el mundo miles de millones de latas para conservar los alimentos. Al conjugar resistencia y seguridad, facilidad de uso y reciclabilidad, el envase de hojalata se ha convertido en el mejor aliado para cuidar la salud a través de la alimentación y para proteger nuestro entorno (Lespinard, 2010).

2.6. Alteraciones de productos

2.6.1. Alteraciones biológicas o microbianas

Según García (1992; citado por Del Carpio, 2016) las razones que existen para determinar las alteraciones microbianas son:

- **Tratamiento térmico insuficiente:** El término procesamiento térmico inadecuado se explica por sí solo. Los procesos térmicos dados a los alimentos esterilizados están destinados a destruir cualquier microorganismo de importancia desde el punto de vista de salud pública, así como también a microorganismos que no son importantes desde el punto de vista de la salud pública. Si el proceso térmico es inadecuado para destruir al *Clostridium botulinum*, el cual es un organismo mesófilo, la situación creada es sumamente peligrosa, ya que la salud del consumidor puede verse afectada.
- Cuando un producto es poco ácido ($\text{pH} > 4.6$, como es el caso del atún enlatado) requiere que el tratamiento térmico sea efectivo ya que en esas condiciones de pH las esporas únicamente pueden ser eliminadas mediante alta temperatura.
- Contaminación a través de fugas de los cierres: La mayoría de los envases de alimentos elaborados se sellan en una forma que produce un vacío. Esto crea una condición por medio de la cual cualquier sello que no fuese seguro, podría dar lugar a una succión o inspiración de aire, agua u otro material. El resultado probable de esta succión sería el deterioro del producto debido a la entrada de bacterias en el material absorbido (Del Carpio, 2016).
- Este tipo de bacterias son un problema principalmente económico, por lo que latas aparentemente normales deben examinarse cuidadosamente. Los microorganismos que infectan el producto enlatado, como resultado de las fugas de los recipientes después del proceso, son de muy diversos tipos entre ellos están cocos y bacilos

esporulados y no esporulados; estos últimos son los que se encuentran con mayor frecuencia al hacer exámenes microscópicos. La apertura de las fugas puede tener lugar en el momento en que la lata cambia de forma como consecuencia del hundimiento de sus tapas que cambian de forma convexa a cóncava al contacto con el agua para enfriar los productos (Del Carpio, 2016).

2.6.2. Alteraciones físicas

- **Alteración del producto anterior al tratamiento térmico:** estas se producen cuando se retiene por demasiado tiempo entre la operación de llenado y sellado y del tratamiento térmico por otro. Por lo que se recomienda que los productos enlatados no deben de demorar su esterilización más de 30 minutos, después de ser sellados.
- **Empleo incorrecto de la autoclave:** una señal característica de las latas que han sufrido presiones anormales durante la esterilización son las deformaciones permanentes en los fondos o de sus anillos. Estas latas se eliminan porque tales tensiones y deformaciones dan como resultado la aparición frecuente de fisuras o huecos en el cierre. Asimismo, según García (1992; citado por Del Carpio, 2016) por el empleo de una plancha de hojalata incapaz soportar la presión que se produce durante la esterilización.
- Otras veces se aprecia un abombamiento del fondo unilateral ligero, este último vuelve a su posición normal al presionarlo con el pulgar. Esta es causada por una evacuación incompleta del aire en el producto. Latas almacenadas a temperaturas ambientales altas muestran el defecto de hinchazón antes mencionado.
- Un llenado excesivo puede causar deformación durante el proceso de esterilización, en la autoclave, por expansión de su contenido.

- **Vacío insuficiente:** ocurre por pérdida de vacío que llega a conducir presiones internas excesivas en las latas en la autoclave, esto deforma los sellos lo que aumenta el potencial de deterioro por infiltración.

2.7.Optimización de Procesos Térmicos

La calidad en los alimentos significó la busca de condiciones de procesamiento que proporcionan la preservación requerida, con la mínima cantidad de daño en el aspecto organoléptico y nutricional del producto (Singh & Heldman, 2009).

2.8.Evaluación Sensorial

Basados en dos procesos definidos según su función: el análisis sensorial y estadístico. Mediante lo sensorial se adquieren las apreciaciones de los evaluadores mediante datos, que serán posteriormente transformados y valorados por el segundo, dado por operaciones matemáticas específicas aplicadas dando la objetividad deseada (Ureña & Arengo, 1999).

2.8.1. Prueba de Medición del Grado de Satisfacción

Esta prueba es eficaz para el producto, se utiliza la escala hedónica de tres puntos, que miden las sensaciones del alimento (Anzaldúa, 1994).

2.8.2. Prueba Estadística

Diseño completo al azar de acuerdo a la prueba de Fischer con grado de significación de 0,05. De existir diferencias significativas se realiza una prueba de Tukey para seleccionar la mejor muestra.

2.8.3. Diseño completamente al azar

Es un diseño útil cuando las unidades experimentales tienen variabilidades similares. Frecuentemente sucede en algunos experimentos de laboratorio e invernaderos en las cuales los materiales experimentales que se usan, previamente se mezclan, para luego dividirlos en lotes pequeños que se guardan en depósitos o maceteros en donde se aplicarán los tratamientos.

El uso de este diseño se puede realizar en experimentos de campo cuando se tienen antecedentes de la homogeneidad de los suelos y los tratamientos son reducidos (Romaina, 2012).

Es el diseño más simple de todos los diseños, debido a que los tratamientos que se van a poner en estudio son distribuidos al azar sobre el total del material experimental disponible. Esto significa que en este diseño no existe ninguna restricción para la distribución en el campo experimental. El número de observaciones por tratamiento pueden ser iguales o diferentes y aún en esta situación, el análisis estadístico es sencillo. Es el diseño que puede usarse en experimentos de campo y laboratorio puesto que no hay limitaciones, de niveles de tratamiento, ni repeticiones, salvo el aspecto económico (Romaina, 2012).

2.8.4. Prueba de Fisher

A diferencia de otras pruebas de medias que se basan en la diferencia existente entre dos valores, el análisis de varianza emplea la razón de las estimaciones, dividiendo la estimación intermedia entre la estimación interna.

$$\text{Razón } F = \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{ns_x^2}{(s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots + s_k^2)/k}$$

Esta razón F fue creada por Ronald Fisher (1890-1962), matemático británico, cuyas teorías estadísticas hicieron mucho más precisos los experimentos científicos. Sus proyectos estadísticos, primero utilizados en biología, rápidamente cobraron importancia y fueron aplicados a la experimentación agrícola, médica e industrial. Fisher también contribuyó a clarificar las funciones que desempeñan la mutación y la selección natural en la genética, particularmente en la población humana.

El valor estadístico de prueba resultante se debe comparar con un valor tabular de F , que indicará el valor máximo del valor estadístico de prueba que ocurriría si H_0 fuera verdadera, a un nivel de significación seleccionado. Antes de proceder a efectuar este cálculo, se debe considerar las características de la distribución F .

2.8.5. Características de la distribución F

Existe una distribución F diferente para cada combinación de tamaño de muestra y número de muestras. Por tanto, existe una distribución F que se aplica cuando se toman cinco muestras de seis observaciones cada una, al igual que una distribución F diferente para cinco muestras de siete observaciones cada una. A propósito de esto, el número de distribuciones de muestreo diferentes es tan grande que sería poco práctico hacer una extensa tabulación de distribuciones. Por tanto, como se hizo en el caso de la distribución t , solamente se tabulan los valores que más comúnmente se utilizan. En el caso de la distribución F , los valores críticos para los niveles 0,05 y 0,01 generalmente se proporcionan para determinadas combinaciones de tamaños de muestra y número de muestras. La distribución es continua respecto al intervalo de 0 a $+\infty$.

La razón más pequeña es 0. La razón no puede ser negativa, ya que ambos términos de la razón F están elevados al cuadrado.

Por otra parte, grandes diferencias entre los valores medios de la muestra, acompañadas de pequeñas variancias muestrales pueden dar como resultado valores extremadamente grandes de la razón F .

La forma de cada distribución de muestreo teórico F depende del número de grados de libertad que estén asociados a ella. Tanto el numerador como el denominador tienen grados de libertad relacionados.

2.8.6. Determinación de los grados de libertad

Los grados de libertad para el numerador y el denominador de la razón F se basan en los cálculos necesarios para derivar cada estimación de la variancia de la población. La *estimación intermediente* de variancia (numerador) comprende la división de la suma de las diferencias elevadas al cuadrado entre el número de medias (muestras) menos uno, o bien, $k - 1$. Así, $k - 1$ es el número de grados de libertad para el numerador.

En forma semejante, el calcular cada variancia muestral, la suma de las diferencias elevadas al cuadrado entre el valor medio de la muestra y cada valor de la misma se divide entre el número de observaciones de la muestra menos uno, o bien, $n - 1$. Por tanto, el promedio de las variancias muestrales se determina dividiendo la suma de las variancias de la muestra entre el número de muestras, o k . *Los grados de libertad para el denominador son entonces, $k(n - 1)$* (Suárez, 2012).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

Experimentación y observación directa al finalizar el proceso, aplicándose el diseño experimental completamente al azar, al evaluar el alimento con los siguientes atributos: aceptabilidad general, siendo las unidades experimentales, los consumidores evaluadores.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

3.3. Variables

3.3.1. Operacionalización de las variables

- **Variable dependiente (VD):** Aceptabilidad del tamal con tarwi en conserva.
- **Indicador:** Grado de aceptabilidad de acuerdo a una escala hedónica.
- **Variable independiente (VI) :** Selección de la mejor formulación de conteniendo harina de mote y tarwi.
- **Indicador:** Formulación, composición química de los extractos
- **Variable Independiente (VI) :** Determinación del tiempo de proceso térmico
- **Indicadores:** La curva de penetración de calor(temperatura y calor) y la prueba microbiológica

3.4. Población y muestra

Se usará el modelo aleatorio simple para determinar el tamaño de la muestra.

Siendo la ecuación:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

n: el tamaño de la muestra

z: es el margen de confiabilidad a un nivel de 95 % de confianza

$z = 1,96$

d: es el error o diferencia máxima entre la media muestral y poblacional que está dispuesto a aceptar con el nivel de confianza que se ha definido.

P: el nivel de confianza con la cual se va a trabajar es del 95 % debido a que todos los parámetros de experimento están controlados por ser a nivel de laboratorio.

Q: el margen de error que no ocurra, se considera a 5 % por causa imprevista.

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,05 \times 0,95}{0,0722^2}$$

$$n = 35$$

Se requiere considerar 35 unidades experimentales para determinar la relación existente entre las variables definidas.

3.5. Instrumentos

3.5.1. *Materia prima e ingredientes*

3.5.1.1. Materia Prima. El tarwi desamargado es adquirido de un autoservicio, así como los demás insumos e ingredientes.

3.5.1.2. Ingredientes

➤ **HARINAS**

Harina de Tamal (maíz de mote)

➤ **INSUMOS**

Aceite de girasol

Sal

Piezas de pollo

Cebollas

Hilachas de totora

3.5.2. *Materiales y Equipos*

3.5.2.1. Materiales

- Cuchillo de acero inoxidable

Marca: PROFLEX S.A., Modelo: SKU: 164985-X

- Tabla de picar

Marca: CASA BONITA S.A., Modelo: SKU: 118843-7

- Balanza analítica

Marca: VOYAGER S.A., Modelo: OHA VOYAGERPRO1

- Probeta

Marca: AP S.A., Modelo: AP650.

- Cucharón

Marca: CARLISLE S.A., Modelo: NO 607358

- Ollas de acero inoxidable

Marca: RENA WARE S.A., Modelo: MAX COOKER

- Envase de vidrio

Marca: VECTOR S.A. Modelo: VEC250

3.5.2.2. Equipos

- Autoclave a gas propano

Marca: MRCLAB S.A., Modelo: UTKBS-200LV

- Cocina industrial

Marca: LICAJE S.A., Modelo: AISI 304

- Termocupla y termoregistrador

Marca: Cydiance

3.6.Procedimientos

3.6.1. *Diseño y desarrollo secuencial de actividades*

3.6.1.1. Elaboración de producto. La elaboración del producto se desarrolló siguiendo el flujo de procesamiento para la elaboración de conservas de tamales y el esquema experimental que a continuación se presenta.

A. Recepción. Las materias primas e insumos fueron adquiridos del Mercado Mayorista Conzac. Se realizó una inspección a todos los ingredientes, asegurando que cumplan los estándares de calidad e inocuidad.

B. Pesado. Las materias primas e insumos utilizados fueron pesados según las formulaciones propuestas, con el fin de determinar el rendimiento de la producción.

C. Tamizado. Este proceso se realizó con el fin de obtener de manera uniforme, sin grumos la harina de tamal a utilizar en la preparación.

D. Mezclado. Se mezcló los ingredientes: Aceite de girasol, sal, caldo de pollo, harina de maíz de mote blanco y tarwi para obtener una masa homogénea.

E. Caldo de pollo. En este proceso se obtuvo un caldo de pollo de la cocción de presas desgrasadas sin piel. Después se mezcló con la harina para formar una masa homogénea.

F. Acondicionamiento de insumo. Se preparó el aderezo respectivo para complementar el relleno del tamal en preparación. Se realizó lo siguiente en esta etapa: Las piezas de pollo lavadas y debidamente condimentadas, se sometieron al proceso de fritado con el objetivo de inactivar las enzimas y reducir el número de microorganismos y acentuar el sabor. Las cebollas fueron cortadas en cuadrados de 1cm x 1 cm, luego fueron sometidas a fritura, se le adiciona ají mirasol molido y ají colorado. Una vez realizado lo descrito se

procedió a unificar el aderezo preparado, mezclado las cebollas y las piezas de pollos. Se adiciona sal y condimentos al gusto.

G. Amasado. Se logró distribuir de manera uniforme el proceso de Mezclado: la harina de tamal con el tarwi, hasta que la masa quede homogénea, sin grumos, etc.

H. Pre-formado. Se añadió una porción de masa y el aderezo preparado y se le añadió un trozo de pollo, Estos fueron depositados en el material de empaque a utilizar, panca de choclo.

I. Empaquetado. Se empaquetó y amarró con hilachas de totora, los tamaños de los tamales formados son homogéneos y rectangulares. Material a empacar:

- **Panca de choclo.** Luego de seleccionarlás y lavarlas, fueron sumergidas en agua caliente para su mayor blandura (parámetros de temperatura y tiempo de 90°C y 10 minutos).
- **Hilachas de Totora.** Fueron seleccionadas y lavadas para sujetar el empaquetado, tamales.

J. Envasado. Se utilizó envases de vidrio, se colocó el tamal fortificado en el envase y se adicionó el líquido de gobierno (salmuera) en caliente.

K. Exhausting. Esta operación se eliminó el oxígeno de los envases, con el objetivo de reducir al mínimo la tensión de los cierres del envase durante el tratamiento térmico, la eliminación del oxígeno ayuda a conservar la calidad y a reducir la corrosión interna producto.

L. Esterilización. Permitió someter al producto envasado a un tratamiento térmico suficiente para destruir o inactivar cualquier microorganismo, que pudiera proliferar a temperaturas de almacenamiento del producto que puedan causar daño al consumidor. ($F_0 > 6$).

M. Enfriamiento. Los envases se enfriaron lo más rápidamente posible a una temperatura interna no mayor de 40°C. El enfriamiento rápido favorece, ya que el *Clostridium* no soporta cambios bruscos de temperatura (shock térmico).

N. Lavado de los envases. Luego del enfriamiento, los envases de vidrio fueron sometidos a una operación de limpieza con el fin de eliminar restos sólidos y seleccionar que no cumplen con los requisitos de calidad.

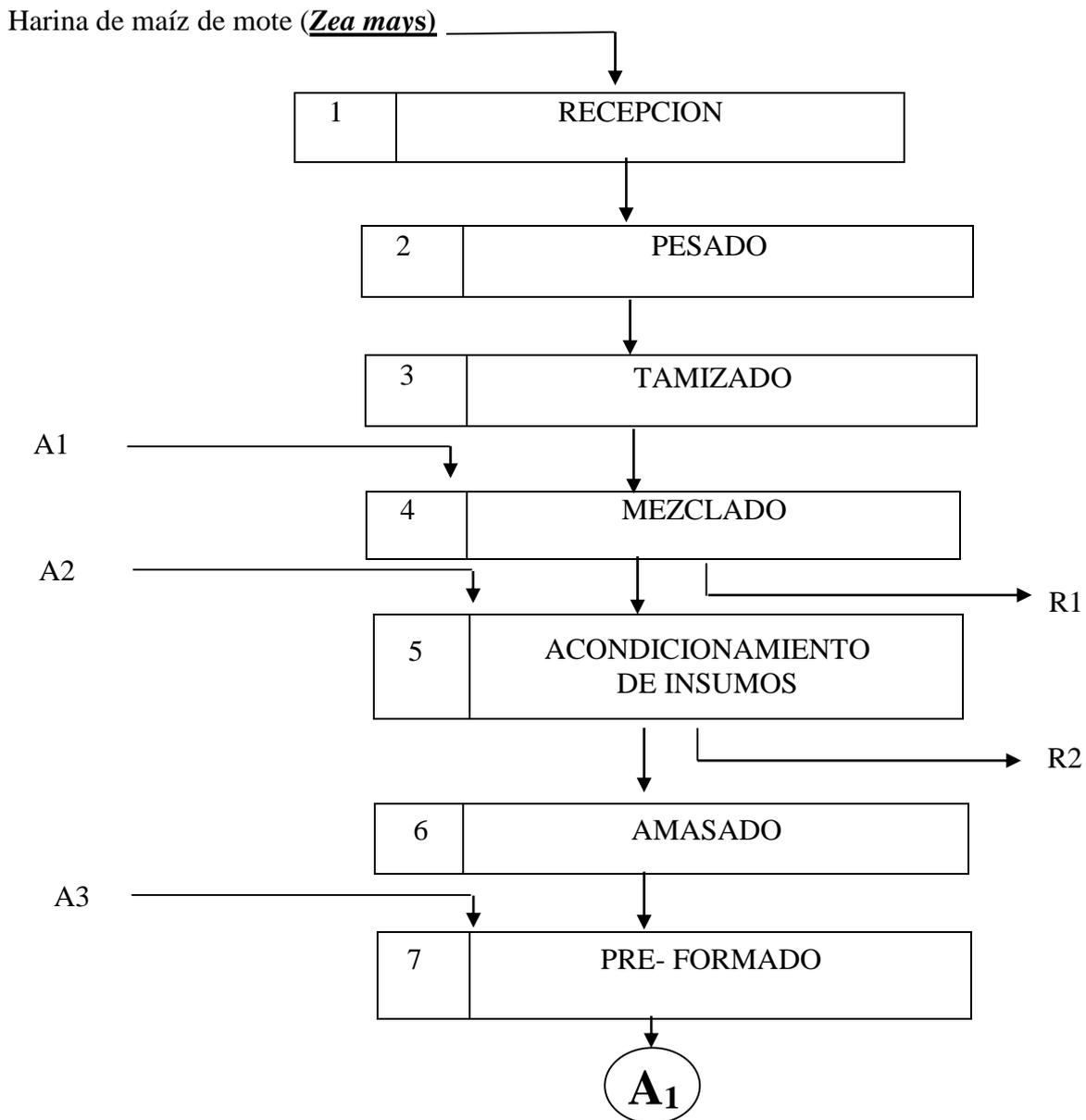
Ñ. Empacado. Una vez limpias y secas los envases fueron colocados en cajas de cartón corrugado.

O. Almacenamiento. El almacenamiento consistió en colocar de manera ordenada y apropiada, las cajas de conserva en habitaciones frescas, bien ventiladas y limpias, usadas solamente para este propósito.

Figura 10

Diagrama de flujo de tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) – Parte 1

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| PRODUCTO: Conserva de tamales | MÉTODO: Tradicional |
| LÍNEA: Conservas | FECHA : Marzo 2019 |
| AUTOR: Castañeda, J. | PÁG. 1 de 3 |

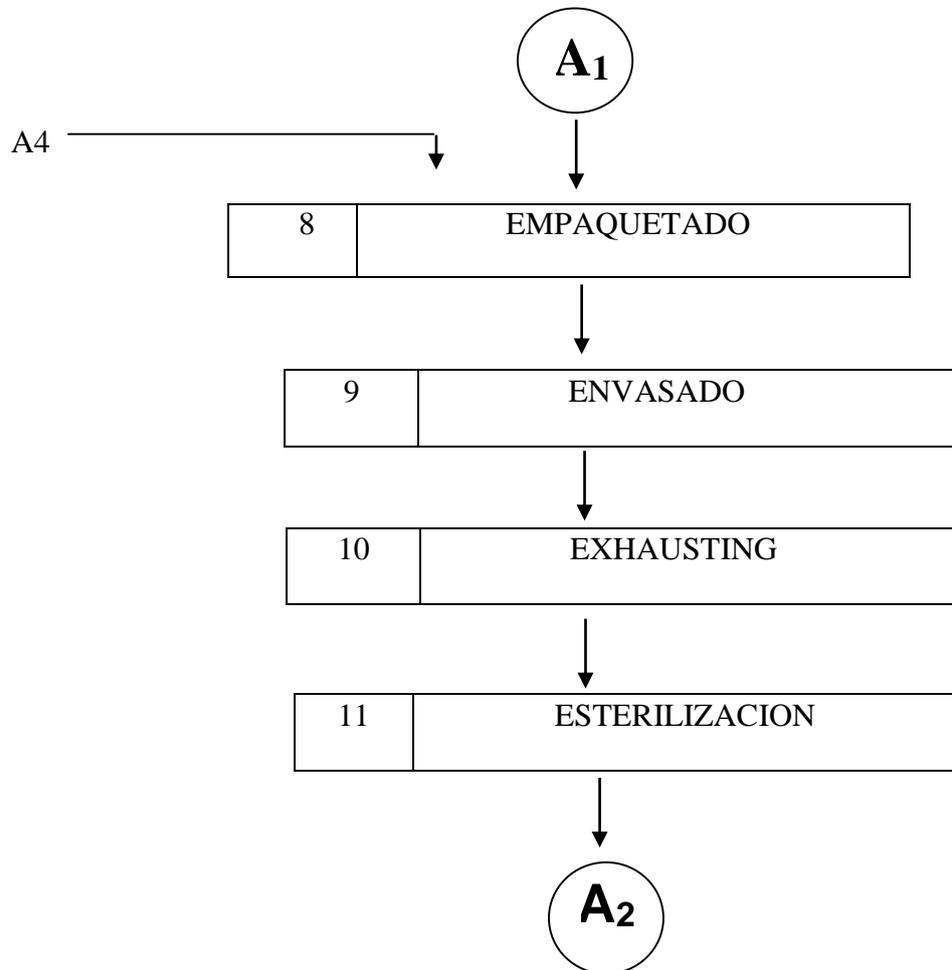


| | |
|---|-----------------------|
| A1: Manteca de cerdo, sal, caldo de pollo, harina de maíz de mote blanco y tarwi. | R1: Exceso de insumos |
| A2: ingredientes de aderezo: cebolla, ají colorado, sal, pimienta y comino. | R2: Exceso de insumos |
| A3: Empaque | |

Figura 11

*Diagrama de flujo de tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) – Parte 2*

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| PRODUCTO: Conserva de tamales | MÉTODO: Tradicional |
| LÍNEA: Conservas | FECHA: Marzo 2019 |
| AUTOR: Castañeda, J. | PÁG. 2 de 3 |

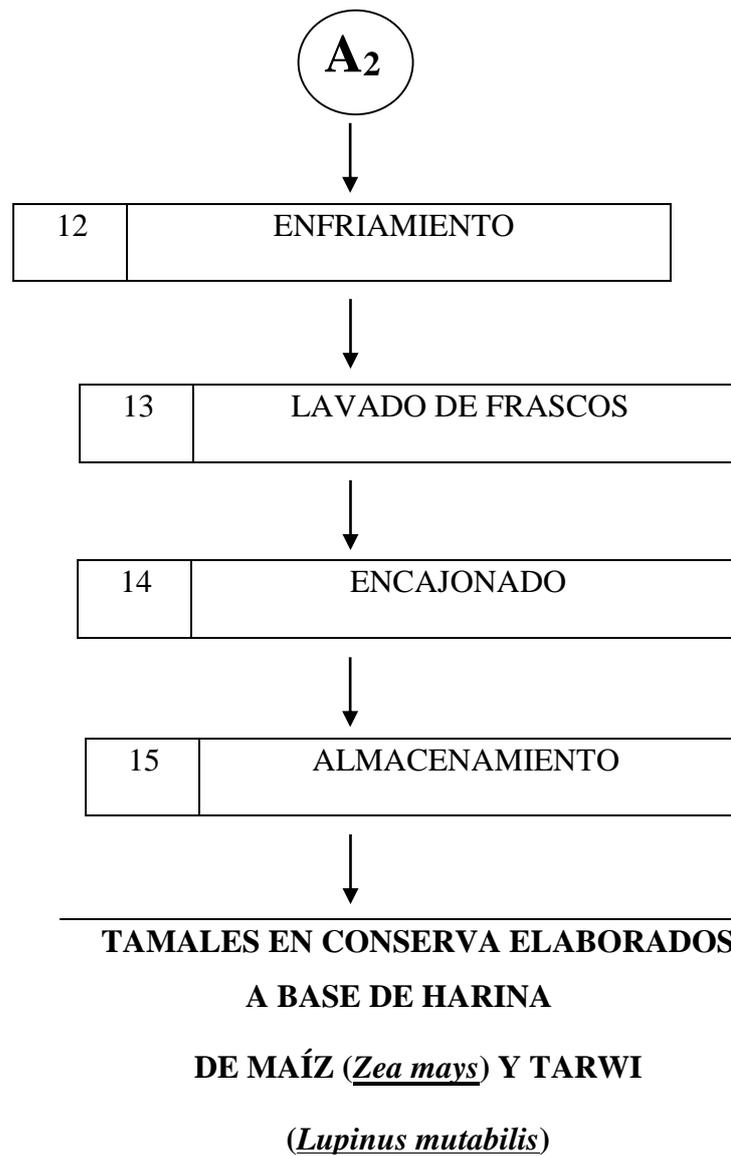


| | |
|------------------------|--|
| A4: Hilachas de totora | |
|------------------------|--|

Figura 12

Diagrama de flujo de tamales en conserva elaborados a base de harina de maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) – Parte 3

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| PRODUCTO: Conserva de tamales | MÉTODO: Tradicional |
| LÍNEA: Conservas | FECHA: Marzo 2019 |
| AUTOR: Castañeda, J. | PÁG. 3 de 3 |



3.7. Análisis de datos

Formulación del producto para el diseño del tamal con tarwi, se considero la siguiente como se muestra en la tabla 7:

Tabla 7

Tamal tradicional (20 porciones)

| Ingrediente (Rinde 20 tamales) | Cantidad |
|--|-----------------------------------|
| Harina de maíz de mote | 500 g |
| Manteca | 100 g |
| Cebolla | 2 unidades cortado en cuadrados |
| Aji panca | 1 ½ cuchara |
| Sal y pimienta | Al gusto |
| Ajo molido | 1 cuchara |
| Caldo de pollo | 1 ½ l |
| Pollo trozado | ½ kilo cortado en 10 pedazos |
| Ají Amarillo | 2 unidades cortado en tiras |
| Pancas de choclo | 2 paquetes (40 pancas de choclo) |
| Hilachas de totora | ½ paquete |

Fuente: Elaboración propia (2020)

IV. RESULTADOS

4.1. Formulaciones de tamal de harina de maíz de mote con tarwi

De acuerdo a las formulaciones mostradas en la tabla 8, se prepararon muestras para definir por análisis sensorial la mejor formulación

Tabla 8

Análisis sensorial de las muestra de acuerdo a las formulaciones

| Ingredientes (Rinde 20 tamales) | Fórmula a | Fórmula b | Fórmula c |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Harina de maíz de mote | 450 | 425 | 400 |
| Tarwi | 50 | 75 | 100 |
| Manteca | 100 g | 100 | 100 |
| Sal | 5 g | 5g | 5g |
| Aderezo de pollo (cebolla picada, ají panca, ajo molido, pimienta y comino al gusto) | 50 g | 50 g | 50 g |
| Pollo trozado | ½ kg | ½ kg | ½ kg |
| Ají Amarillo | 2 unid | 2 unid | 2 unid |
| Pancas de choclo | 2 paquetes (40 pancas de choclo) | 2 paquetes (40 pancas de choclo) | 2 paquetes (40 pancas de choclo) |
| Hilachas de totora | ½ paquete | ½ paquete | ½ paquete |

Fuente: Elaboración propia (2020)

Figura 13

Presentación final de maíz mote con tarwi



Fuente: Elaboracion propia (2020)

En la figura 13 se aprecia la presentación que toma el tamal de maíz mote con tarwi antes de ser sometido al panel de degustación.

4.2. Análisis sensorial de las tres formulaciones**4.2.1. Análisis Sensorial**

4.2.1.1. Panel de degustación. Se convocó estudiantes del cuarto y quinto año de Ingeniería de Alimentos , que entre sus preferencias de consumo este los tamales.

4.2.1.2. Ambiente. El laboratorio de Tecnología de alimentos de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura , proporcionó comodidad a los panelistas para evaluar las muestras sin interferencias de olores, luces de sonidos que puedan distraerlos y causar invalidez en la prueba.

4.2.1.3. Presentación a los panelistas. Se realizó la prueba sensorial para corroborar el grado de satisfacción y la calidad del producto. Se programa un análisis sensorial por preferencias en un Diseño completamente al azar (DCA) considerando jueces semi-entrenados, entre los estudiantes del cuarto y quinto año de ingeniería alimentaria, que hubieran

llevado la asignatura respectivamente. Los resultados de la encuesta a los 35 panelsitas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Resultado de la encuesta según prueba hedónica

| <i>Jueces</i> | <i>Fa</i> | <i>Fb</i> | <i>Fc</i> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>1</i> | 3 | 4 | 2 |
| <i>2</i> | 2 | 3 | 2 |
| <i>3</i> | 3 | 4 | 3 |
| <i>4</i> | 2 | 4 | 1 |
| <i>5</i> | 1 | 4 | 1 |
| <i>6</i> | 3 | 3 | 3 |
| <i>7</i> | 4 | 3 | 4 |
| <i>8</i> | 3 | 4 | 1 |
| <i>9</i> | 1 | 4 | 1 |
| <i>10</i> | 2 | 3 | 2 |
| <i>11</i> | 2 | 4 | 2 |
| <i>12</i> | 2 | 4 | 2 |
| <i>13</i> | 2 | 4 | 1 |
| <i>14</i> | 1 | 3 | 2 |
| <i>15</i> | 1 | 4 | 1 |
| <i>16</i> | 1 | 4 | 1 |
| <i>17</i> | 2 | 4 | 1 |
| <i>18</i> | 2 | 3 | 1 |
| <i>19</i> | 3 | 3 | 3 |
| <i>20</i> | 1 | 4 | 2 |
| <i>21</i> | 2 | 4 | 3 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 22 | 1 | 3 | 1 |
| 23 | 2 | 4 | 1 |
| 24 | 1 | 4 | 1 |
| 25 | 1 | 4 | 1 |
| 26 | 3 | 3 | 3 |
| 27 | 4 | 4 | 4 |
| 28 | 3 | 4 | 1 |
| 29 | 1 | 4 | 1 |
| 30 | 2 | 3 | 2 |
| 31 | 2 | 3 | 2 |
| 32 | 2 | 4 | 2 |
| 33 | 2 | 4 | 1 |
| 34 | 1 | 3 | 2 |
| 35 | 1 | 4 | 1 |

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.3. Análisis estadístico

Con los resultados se procedió a realizar la prueba de hipótesis para realizar la Pruebas de Fischer:

- **Hipótesis nula (H₀):** No existe diferencia significativa entre las formulaciones (Fa, Fb y Fc)
- A un nivel de significación del 0,05
- **Hipótesis alterna (H_a):** Si existe diferencia significativa entre al menos una de las formulaciones planteadas
- (Fa, Fb y Fc) a un nivel de significación del 0,05.

Utilizando el programa excel se obtuvieron los siguiente valores (Ver tabla 10):

Análisis de varianza de un factor usando el Excel

Tabla 10

Análisis de Varianza de un factor

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de Cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor critico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 36,93 | 4 | 9,2333 | 15,2732 | 1,85E-08 | 2,5397 |
| Dentro de grupos | 33,25 | 55 | 0,6045 | | | |
| Total | 70,18 | 59 | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2020)

Se procedió a realizar la prueba de Fischer (Análisis de variancia) donde el resultado fue:

$$\mathbf{F \text{ calculado } (15,27) > F \text{ tabular } (2,539)}$$

Lo cual nos indicó que existen diferencia significativas entre las muestras. Existiendo diferencias significativas se procedio a realizar la prueba de Tukey para seleccionar la formulación que muestra diferencias significativas.

Obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en la tabla 11:

Tabla 11

Prueba de Tukey

| <i>Comparacion</i> | <i>Resultado</i> |
|------------------------------------|------------------|
| Formulacion "A" vs Formulacion "B" | p <0.01 |
| Formulacion "A" vs Formulacion "C" | No significativo |
| Formulacion "B" vs Formulacion "C" | p <0.01 |

* A un nivel HSD [0.01]=0.56

**HSD = diferencia absoluta entre los promedios

Fuente: Elaboración propia (2020).

Obteniéndose como formulación con mayor aceptabilidad, la “formulación b”.

Teniendo la formulación Fb, como la de mejor aceptación se procedió a realizar un ensayo de esterilización con 10 muestras de la formulación ganadora colocándolos en envases de vidrio; se le colocó la termocupla y el registro de temperatura. La tabla 12 muestra la composición de la “formulación b”.

Tabla 12

Fórmula con mayor aceptación sensorial

| Ingredientes (Rinde 20 tamales) | Formula b |
|--|----------------------------|
| Harina de maíz de mote | 425 |
| Harina de Tarwi | 75 |
| Manteca | 100 |
| Sal | 5g |
| Aderezo de pollo (cebolla picada, ají panca, ajo molido, pimienta y comino al gusto) | 50 g |
| Pollo trozado | ½ kg |
| Ají Amarillo | 2 unid |
| | 2 paquetes |
| Pancas de choclo | (40 pancas de choclo) |
| Hilachas de totora | ½ paquete |

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la figura 14 se aprecia el tamal de maíz mote con 15% de tarwi dentro del envase de vidrio y este es introducido en la autoclave como se muestra en la figura 15.

Figura 14

Tamal con formulación B dentro del envase de vidrio



Fuente: Elaboracion propia (2020)

Figura 15

Tamal en conserva en el autoclave



Fuente: Elaboracion propia (2020)

Los datos de la curva de penetración de calor se muestra en la tabla 13.

Con los valores obtenidos de L_t , se puede calcular el valor F_p (del proceso), que gráficamente fue a igual 17,17 min.

Otro método para corroborar su similitud fue aplicar letalidades parciales de Terry (2015). Empleando la ecuación de Terry (2015):

$$L_p = \frac{\Delta t}{3} \cdot (L_{n-2} + 4 \cdot L_{n-1} + L_n)$$

$$F_p = \frac{\Delta t}{3} \cdot \sum (L_{n-2} + 4 \cdot L_{n-1} + L_n)$$

| | |
|--------------|-------|
| Donde: | |
| $\Delta t =$ | 5 min |
| $L_{n-2} =$ | 1.68 |
| $L_{n-1} =$ | 1.78 |
| $L_n =$ | 1.86 |

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 F_p &= \frac{5}{3} \cdot (1.68 + 4 \times 1.78 \\
 &\quad + 1.86) \\
 &= 17.76 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Este cálculo teórico nos arroja un valor similar al obtenido según el método gráfico como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13*Penetración de calor en la fórmula b (Mejor Aceptación)*

| Tiempos (t) min | Tpmf (°C) | Efecto letal (Lt) | Area unitaria (Au) | Σ (Au) |
|----------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| 0 | 73 | 1.55E-05 | | |
| 1 | 74 | 1.95E-05 | | |
| 2 | 75 | 2.45E-05 | | |
| 3 | 77 | 3.89E-05 | | |
| 4 | 80 | 7.76E-05 | | |
| 5 | 84 | 1.95E-04 | | |
| 6 | 86 | 3.09E-04 | | |
| 7 | 89 | 6.17E-04 | | |
| 8 | 91 | 9.77E-04 | | |
| 9 | 93 | 1.55E-03 | | |
| 10 | 95 | 2.45E-03 | | |
| 11 | 96 | 3.09E-03 | | |
| 12 | 9 | 6.17E-12 | | |
| 13 | 99 | 6.17E-03 | | |
| 14 | 100 | 7.76E-03 | | |
| 15 | 101 | 9.77E-03 | | |
| 16 | 102 | 1.23E-02 | 0.0197 | 0.0197 |
| 17 | 103 | 1.55E-02 | | |
| 18 | 104 | 1.95E-02 | 0.0313 | 0.0510 |
| 19 | 105 | 2.45E-02 | | |
| 20 | 106 | 3.09E-02 | 0.0495 | 0.1005 |
| 21 | 107 | 3.89E-02 | | |
| 22 | 107 | 3.89E-02 | 0.0751 | 0.1756 |
| 23 | 107 | 3.89E-02 | | |
| 24 | 108 | 4.90E-02 | 0.0812 | 0.2568 |
| 25 | 109 | 6.17E-02 | | |
| 26 | 110 | 7.76E-02 | 0.1244 | 0.3812 |
| 27 | 111 | 9.77E-02 | | |
| 28 | 112 | 1.23E-01 | 0.1972 | 0.5784 |
| 29 | 113 | 1.55E-01 | | |
| 30 | 114 | 1.95E-01 | 0.3125 | 0.8909 |
| 31 | 114 | 1.95E-01 | | |
| 32 | 116 | 3.09E-01 | 0.4298 | 1.3208 |
| 33 | 116 | 3.09E-01 | | |
| 34 | 116 | 3.09E-01 | 0.6181 | 1.9388 |
| 35 | 117 | 3.89E-01 | | |
| 36 | 118 | 4.90E-01 | 0.7850 | 2.7238 |
| 37 | 118 | 4.90E-01 | | |
| 38 | 118 | 4.90E-01 | 0.9796 | 3.7034 |

Fuente:
Elaboración
propia (2020)

| | | | | |
|----|-------|----------|--------|---------|
| 39 | 118.5 | 5.50E-01 | | |
| 40 | 119.1 | 6.31E-01 | 1.1063 | 4.8097 |
| 41 | 119.4 | 6.76E-01 | | |
| 42 | 120 | 7.76E-01 | 1.3705 | 6.1802 |
| 43 | 120.4 | 8.51E-01 | | |
| 44 | 120.5 | 8.71E-01 | 1.6839 | 7.8641 |
| 45 | 120.6 | 8.91E-01 | | |
| 46 | 120.7 | 9.12E-01 | 1.7827 | 9.6468 |
| 47 | 120.8 | 9.33E-01 | | |
| 48 | 120.9 | 9.55E-01 | 1.8667 | 11.5134 |
| 49 | 105 | 2.45E-02 | | |
| 50 | 104 | 1.95E-02 | 1.8862 | 13.3996 |
| 51 | 100 | 7.76E-03 | | |
| 52 | 80 | 7.76E-05 | 1.8862 | 15.2858 |
| 53 | 70 | 7.76E-06 | | |
| 54 | 50 | 7.76E-08 | 1.8862 | 17.1720 |

Obteniéndose los siguientes resultado a una temperatura de autoclave **TR:121 °C**

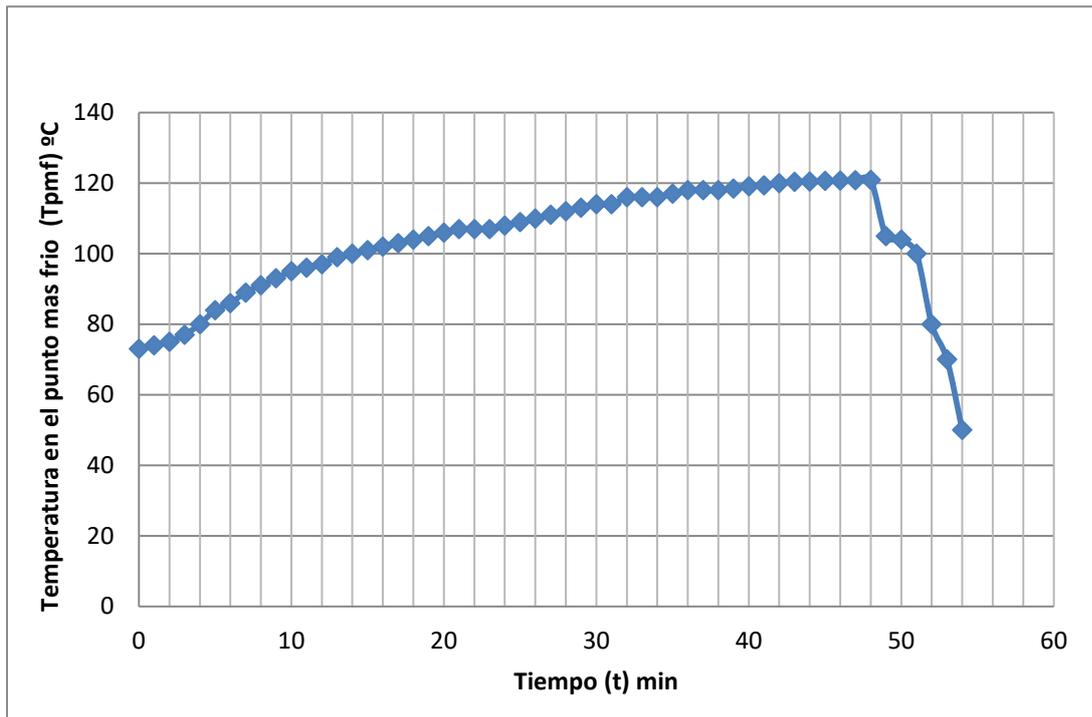
El valor Fp para la zona de calentamiento fue de **11,51 min.**

El valor Fp para la zona de enfriamiento fue de **5,66 min.**

Donde Fp (total) = 17,17 min para una temperatura de autoclave de **121. °C x 48 minutos de calentamiento.** En la figura 16 se parecía como el punto más frío llega a la máxima temperatura conforma avanza los minutos.

Figura 16.

Evolución de la temperatura en el punto mas frio del envase durante la esterilización (calentamiento e enfriamiento)

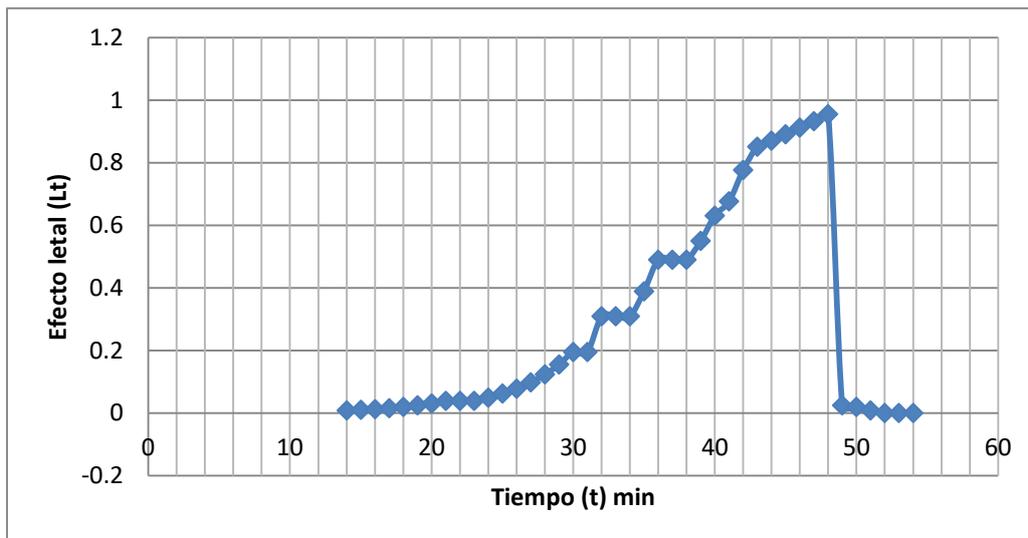


Fuente: Elaboración propia (2020)

La Figura 17 nos muestra como varia el efecto letal con respecto al tiempo, donde el área bajo lo curva respresente le valor Fp de la conserva de tamal.

Figura 17

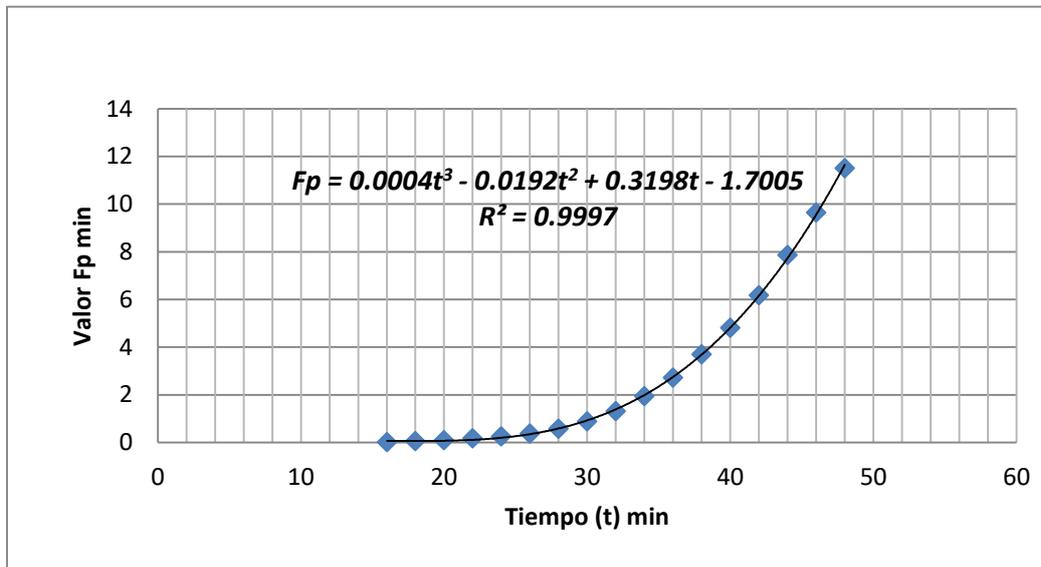
Evaluación del valor F



Fuente: Elaboración propia (2020)

Figura 18

Valor Fp del proceso durante el tiempo de esterilización



Fuente: Elaboración propia (2020)

Figura 19

Conserva de tamal esterilizada



Fuente: Elaboración propia (2020)

En la figura 19 se muestra la presentación final de la conserva de tamal con tarwi despues de ser sometida a la esterilización en el autoclave.

4.4. Análisis microbiológico

Luego de 6 meses, se realizó el análisis en cada conserva realizada, para verificación de un buen proceso de esterilización. Se utiliza dos envases de cada tratamiento. Se lavan, luego son secados y envueltos con papel blanco bien sellados para poder observar directamente cualquier tipo de deterioro del envase, fugas. Posteriormente son incubados a dos temperaturas:

- Para mesófilos: (37 °C) durante un periodo de 14 días;
- Para termófilos: (55°C) durante un periodo de 7 días.

Durante esta prueba (incubación), los envases los envases fueron examinados cada dos días para verificar algún tipo de alteración como se muestra en la Figura 20. Transcurrido dichos periodos; los envases no presentaron ningún tipo de alteración externa como hinchamiento, fugas o formación de olores extraños. Una vez comprobada la esterilidad comercial, los envases son abiertos para analizar el alimento.

Los materiales a utilizar deben estar esterilizados y se desinfecta con alcohol la tapa y se flamea, para no contaminarlo y evitar proliferación de microorganismos.

Figura 20

Analisis microbiologicos de la conserva de tamal con tarwi



Fuente: Elaboración propia (2020)

Los envases son abiertos y se extrae una porción del producto aproximadamente 2 gramos; y se coloca cuidadosamente en tubos de prueba (6 tubos) que contienen caldo de cerebro de corazón (anaerobiosis) y otro caldo de glucosado (6 tubos), en los tubos que contienen caldo de cerebro de corazón, se coloca parafina para anaerobiosis (para ver el desarrollo de microorganismos facultativos sin aire), dejando aproximadamente 2 cm de altura y los otros tubos sin esta cera para anaerobiosis; los tubos son cerrados con algodón. La mitad de tubos de cada medio se cultiva en anaerobiosis y la otra en aerobiosis.

Posteriormente los tubos son llevados a la estufa: Para mesófilos: (37°C); para termófilos: (55°C) durante un periodo como se menciona líneas arriba. La cual se obtuvo como reporte de este análisis que: no existe presencia de microorganismos en ninguna de las muestras de cada prueba analizada (Ver tabla 14).

Tabla 14

Análisis microbiológico sobre la conserva de tamal experimental

| <i>Parámetros</i> | <i>Resultado unidad</i> | <i>Técnica</i> |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Mesófilos | <10 UFC/g | Recuentos Mesófilos viables |
| Termofilos | <10 UFC/g | Recuento de termófilos viables |

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.5. Análisis proximal del tamal aceptado (Fórmula b)

Se observa el incremento de proteínas, en comparación de un tamal tradicional de 2,60% a 9,99%. Se adjunta el reporte de análisis proximal del laboratorio SOCIEDAD DE ASESORAMIENTO TECNICO S.A.C., certificado por INACAL (ver Anexo C).

4.6. Evaluación Sensorial de la conserva, mediante el panel semi-entrenado.

Los resultados se observan en la tabla 15. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y textura del tamal en conserva fortificado con tarwi.

Tabla 15

Apariencia General del tamal en conserva

| | |
|----------------|--|
| Olor | Muy agradable, libre de descomposición |
| Color | Característico de los componentes |
| Sabor | Muy agradable |
| Textura | Buena, firme |

Fuente: Elaboración propia (2020)

V. DISCUSIONES DE RESULTADOS

Fernandez (1989) realizó trabajos de investigación sustituyendo la harina de maíz en proporciones que van desde el 10% hasta el 50%, y determinó que la mejor sustitución es donde la sustitución de la harina de maíz, es de 20% por lupino (tarwi). En nuestro caso, la investigación determinó un valor ligeramente menor donde la mejor sustitución es de 15% de tarwi.

Los parámetros tecnológicos para el proceso de esterilización fueron: tiempo de procesamiento de 54 minutos, a una temperatura de calentamiento TR: 121 °C, siendo valores cercanos a los empleados por Cordero (2017) de 117 °C x 55 min, 117 °C x 65 min y 117 °C x 75 min; y demostrándose la relación inversa de temperatura y tiempo para asegurar la esterilidad comercial.

Según Cordero (2017), indica que un tratamiento térmico otorga un mayor tiempo de vida útil a las conservas de tamal y demostró por análisis estadístico que no hay variación en su textura; el tamal experimental desarrollado en nuestra investigación, el efecto del tratamiento térmico no genera ningún cambio en su textura ni en su aceptación.

Según Reyes et al. (2017), el tamal clásico tiene un contenido proteico de 2,6 %, el tamal experimental contiene un nivel del 9.99%. Lo cual demuestra un incremento de 3,8 veces de lo normal.

Se dio como resultado un valor $F_p(\text{calentamiento})$ de 11,57 minutos, $F_p(\text{enfriamiento})$ de 5,60 minutos, dando un total de 17,17 minutos como Muerte térmica. Valor cercano aplicando letalidades parciales de Terry (2015), arrojando un valor de 17,76 min.

Microbiológicamente los resultados arrojados por los ensayos evidencian un correcto tratamiento térmico que asegura inocuidad microbiológica del producto. Los valores obtenidos Mesofilos y Termofilos viables de <10 UFC/g, respectivamente son similares a los reportados

por Bartoloccini (2020) donde no se observó desarrollo microbiano a 121°C x 70 min en una conserva de humita.

VI. CONCLUSIONES

Se ha determinado que el contenido proteico de la conserva de tamal que tiene la mezcla de harina de maíz y tarwi, se ha incrementado 3,8 veces más que un tamal clásico.

La formulación con la mejor aceptabilidad a través de una escala hedónica conformada por panelistas semi-entrenados fue la “Fb”. Fue determinada por análisis sensorial a través de un diseño completo al azar y donde la mezcla con mejor aceptabilidad fue de 75 % de harina de maíz de mote y 15% de tarwi.

Los parámetros tecnológicos para el proceso de esterilización fueron los siguientes: tiempo de procesamiento de 54 minutos, a una temperatura de calentamiento TR: 121 °C, en envases de vidrio de capacidad de 350 gramos del producto y un liquido de gobierno de 125 ml de salmuera. El tiempo de muerte letal obtenido por la curva de penetración de calor fue de: 17,17 minutos.

Los resultados microbiológicos demuestran la inocuidad del alimento al tener los valores Mesofilos y Termofilos viables de <10 UFC/g, respectivamente, con lo cual cumple con las prueba de esterilidad comercial.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar ensayos con otras sustancias protéicas e incrementar grasas que contengan omegas.

Realizar un estudio de factibilidad a fin de determinar la viabilidad económica de la tecnología de producción de tamales.

VIII. REFERENCIAS

- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y práctica*. Acribia.
- Bartoloccini, A. (2020). *Un alimento tradicional: humita en conserva*. [Tesis de pregrado, Univeridad Nacional de Cuyo]. Repositorio Institucional UNCU. <https://bdigital.uncu.edu.ar/15255>
- Caicedo, V. y Peralta, I. (2000). *Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*. Programa Nacional de Leguminosas de Quito. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/441/4/iniapscbt89.pdf>
- Casp, A & Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. Mundi - prensa.
- Condori, M., Obregón, A. J., y Guevara, A. (2012). Evaluación y optimización del Tratamiento Térmico de Conservas de Habas Verdes (*Vicia faba L*) en salmuera. *Ciencia e Investigación (Lima)*, 15(2), pp. 84-89. <https://doi.org/10.15381/ci.v15i2.2663>
- Cordero, F. (2017). *Efecto de la variedad de maíz (Zea mays) y del tratamiento térmico sobre la aceptabilidad general color y firmeza del tamal en conserva*. [Tesis de pregrado, Univeridad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/3158>
- Córdoba, M. (5 al 7 de noviembre del 2008). Efecto del tratamiento térmico en vegetales (*phaseolus vulgaris*, *cucurbita pepo*) envasados al vacío antes de la cocción. *V Congreso Español de Ingeniería de los Alimentos*, Barcelona, España. <http://hdl.handle.net/2117/2522>

- Cravero, A., Morón, M. & Ramón, A. (2003). Composición química y digestibilidad del mote. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Caracas)*, 53 (4), pp.418 - 423.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Cuaran, M. (2013). *Diseño de un proceso tecnológico para la industrialización de mote de maíz*. [Tesis de Maestría, Universidad de Concepción]. Repositorio Institucional UDEC. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2206>
- Del Carpio, R. M. (2016). *Elaboración de conservas de lisa (Mugil cephalus) con arroz en envases de media libra tipo tuna*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3165>
- Desrosier, N. (1993). *Conservación de alimentos*. CECSA.
- Eulogio, L. y Matos, A. (2010). *Evaluación de la esterilidad térmica en el enlatado de filetes de trucha arcoiris (Oncorhynchus Mykiss) en aceite vegetal, sal y especias*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2643>
- FAO (1989). *Manual sobre el envasado de pescado en conserva*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. https://ia800204.us.archive.org/35/items/bub_gb_atOFU94ZkAMC/bub_gb_atOFU94ZkAMC.pdf
- FAO (2007). *Proceso y fortificación de los alimentos*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s10.htm>

- FAO (2014). *Soluciones apropiadas para el envasado de alimentos en los países en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En: <https://www.fao.org/3/i3684s/i3684s.pdf>
- Fernández, V. (1989). *Tamales enriquecidos con harina de lupino*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Fernández, L. (2009). Caracterización de razas cubanas de maíz (*zea mays* l.) mediante marcadores agromorfológicos en la colección nacional del cultivo. *Cultivos Tropicales (La Habana)*, 30(4), pp. 62-70. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v30n4/ctr15409.pdf>
- Garay, O. (2015). *El tarwi, alternativa para la lucha contra la desnutrición infantil*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/731>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Horna, G. & Romero, R. (2017). *Estudio de pre-factibilidad para la implementación de una cadena de comida rápida de tamales, en Lima Metropolitana*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7602>
- Imex (3 de abril de 2019). *Maíz mote Cusco*. http://www.imexfutura.com/es_ES/productos_imex/maiz-mote-cusco/
- Lespinard, A. (2010). *Simulación y optimización del tratamiento térmico de alimentos envasados en recipientes de vidrio*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio Institucional UNLP. <https://doi.org/10.35537/10915/2671>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR. (3 de febrero del 2019). *Guía de envases y embalajes*. <https://www.mincetur.gob.pe/wp->

content/uploads/documentos/comercio_exterior/Sites/ueperu/consultora/docs_taller/en
vases%20y%20embalajes.pdf

Moraes, M., Ollgaard, B., Kvist, L., Borchsenius, F. & Balslev, H. (2006). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés.
https://www.researchgate.net/profile/Monica-Moraes-R/publication/312313242_Botanica_Economica_de_los_Andes_Centrales/links/587988a408ae9a860fe2f2ad/Botanica-Economica-de-los-Andes-Centrales.pdf

Morales, M. (03 de abril del 2019). *Los Tamales Peruanos son una Delicia*.
<https://perusumaq.com/2018/03/20/los-incomparables-tamales-peruanos/>

Ninaquispe, V. (2013). Secado del tarwi (*Lupinus mutabilis*) por combinación de microondas y aire caliente. *Agroindustrial Science*, 3(2), pp.147 -154.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/521/493>

Peñañiel, C. (2013). *Estudio de Factibilidad de una Empresa Dedicada a la Producción y Comercialización de Tamales de Chocho en la Ciudad de Quito*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4712>

Perez, J. y Rodriguez, V. (2012). *Control de cierres en conservas*.
https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/pluginfile.php/40164/mod_resource/content/1/INFORME.pdf

Quispe, D. (2015). *Composición nutricional de diez genotipos de lupino (L. mutabilis y L. albus) desamargados por proceso acuoso*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F. y Ganoza, L. (2017). *Tablas peruanas de composición de Alimentos*. Instituto Nacional de Salud del Perú.

<https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Reynaga, W. (2014). *Estudio del Tratamiento Térmico de Enlatado de Pechuga de Pollo (Gallas gallas) en Trozos y Desmenuzado*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rodríguez, H. (2002). El tamal peruano, acercamiento a su realidad actual. *Investigaciones sociales. Antropología*, 6(10), pp. 9 - 22. <https://doi.org/10.15381/is.v6i10.8090>

Romaina, J. (2012). *Estadística experimental: Herramientas para investigación*. Universidad Privada de Tacna.

<http://www.iiap.org.pe/upload/Transparencia/Actualizaciones%202011-2013/TRANSP632/20130129/CursoEstadistica/TEXTOS/estadisticaexperimental.pdf>

Salas, A. (2017). *Comparación de envases de hojalata con envases de vidrio en la elaboración de conservas de bonito (sarda chiliensis chiliensis) en salsa de rocoto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4611>

Sánchez, I. (2014). *Maíz I (Zea mays)*. *Reduca (Madrid)*, 7 (2), pp. 151-171. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>

Singh, R. & Heldman, D. (2009). *Introducción a la Ingeniería de los alimentos*. Acirbia.

Smith, P. (2011). *Introduction to Food Process Engineering*. Springer.

Suárez, M. (2012). *Interaprendizaje de probabilidades y estadística inferencial con Excel, Winstats y Graph*. Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje%20de%20P>

robabilidades%20y%20Estadística%20Inferencial%20con%20Excel,%20Winstats%20y%20Graph.pdf

Terry, V. (2015). *Curso de Ingeniería de Procesos Alimentarios*. UNFV.

Toledo, R. (2011) *Fundamentals of Food Process Engineering*. Springer.

Ureña, P. y Aringo, H. (1999) *Evaluación sensorial*. Fundación Desarrollo Agrario.

Veliz, A. (2011). *Tamales enlatados. Proyecto de Negocio*. Instituto Superior Tecnológico IDAT.

IX. ANEXOS

Anexo A. Ficha de evaluación sensorial

Anexo B. Tabla de resultados

Nombre: _____

Fecha: _____

A continuación se le presentan tres muestras de "Tamales". Se le pide probarla e indicar (X) según su opinión del sabor :

| | _____ | _____ | _____ |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Me gusta mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| No me gusta ni me disgusta | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me disgusta | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me disgusta mucho | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Comentarios:

| CODIGO: | 702 | 189 | 457 |
|---------------------|------------|------------|------------|
| N ° Repeticiones | Ta | Tb | Tc |

| | | | |
|---------|--|--|--|
| JUEZ 1 | | | |
| JUEZ 2 | | | |
| JUEZ 3 | | | |
| JUEZ 4 | | | |
| JUEZ 5 | | | |
| JUEZ 6 | | | |
| JUEZ 7 | | | |
| JUEZ 8 | | | |
| JUEZ 9 | | | |
| JUEZ 10 | | | |
| JUEZ 11 | | | |
| JUEZ 12 | | | |
| JUEZ 13 | | | |
| JUEZ 14 | | | |
| JUEZ 15 | | | |
| JUEZ 16 | | | |
| JUEZ 17 | | | |
| JUEZ 18 | | | |
| JUEZ 19 | | | |
| JUEZ 20 | | | |
| JUEZ 21 | | | |
| JUEZ 22 | | | |
| JUEZ 23 | | | |
| JUEZ 24 | | | |
| JUEZ 25 | | | |
| JUEZ 26 | | | |

| | | | |
|---------|--|--|--|
| JUEZ 27 | | | |
| JUEZ 28 | | | |
| JUEZ 29 | | | |
| JUEZ 30 | | | |
| JUEZ 31 | | | |
| JUEZ 32 | | | |
| JUEZ 33 | | | |
| JUEZ 34 | | | |
| JUEZ 35 | | | |

Anexo C. Análisis proximal de la conserva de tamal



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / Página web: www.satperu.com

