

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Modelado de cambios cualitativos en salsa de ajo mediante evaluación  
de vida de anaquel secundaria bajo condiciones aceleradas**

Estudiante

Ariana Daniela Roldán Gutiérrez

Asesores

Mayra Márquez González, Ph.D.

Jorge Cardona, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Contenido .....	3
Índice de Cuadros .....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Revisión Bibliográfica.....	13
Localización del Estudio .....	15
Obtención de la Salsa de Ajo.....	15
Condiciones Aceleradas de Almacenamiento .....	15
Evaluación Sensorial .....	16
Prueba Triangular y de Aceptación .....	16
Caracterización Físicoquímica de la Conserva.....	17
Parámetros de Color .....	17
pH .....	18
Acidez Titulable.....	18
Valor de P-anisidina .....	19
Evaluación Microbiológica .....	19
Determinación de Vida de Anaquel .....	20
Ecuación de Arrhenius .....	20
Predicción de Cambios.....	21
Factor $Q_{10}$ .....	21

Diseño Experimental.....	22
Resultados y Discusión.....	23
Evaluación Sensorial .....	23
Caracterización Fisicoquímica de la Conserva.....	25
Parámetros de Color .....	25
pH y Acidez Titulable.....	27
Valor de P-anisidina .....	28
Evaluación Microbiológica .....	29
Determinación de Vida de Anaquel .....	29
Aplicación de ASLT en Estudios de Vida de Anaquel Primario y Secundario en Otros Alimentos .....	31
Conclusiones.....	35
Recomendaciones.....	36
Referencias .....	37
Anexos .....	41

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Resumen de estudios de vida de anaquel utilizando condiciones aceleradas en alimentos (mínimamente procesados, congelados, en conservas). .....	13
Cuadro 2 Plan de muestreo para la recolección de datos fisicoquímicos y sensoriales en salsa de ajo almacenada a diferentes temperaturas. ....	16
Cuadro 3 Criterios microbiológicos para semiconservas de pH< 4.6 (MINSA 2003). ....	20
Cuadro 4 Evaluación sensorial de aroma, color y consistencia: promedios obtenidos. ....	25
Cuadro 5 Cálculo de variación general de color ( $\Delta E$ ) e índice de pardeamiento (BI) de la salsa de ajo durante su último día de almacenamiento a temperaturas de 43, 35 y 25 °C. ....	26
Cuadro 6 Valor p-anisidina de salsa de ajo durante su último día de almacenamiento. ....	29
Cuadro 7 Porcentaje de acidez (g/100 mL de ácido cítrico), pH, y aceptación general: promedios obtenidos para el último día de aceptabilidad de cada muestra. ....	30

### Índice de Figuras

Figura 1 Cambio de pH en salsa de ajo almacenado a temperaturas de 43, 35 y 25 °C a través del tiempo. ....	27
Figura 2 Aumento de acidez (g/100 mL de ácido cítrico) a través del tiempo en salsa de ajo almacenada a temperaturas de 43, 35 y 25 °C. ....	28
Figura 3 Regresión lineal de tiempo de tolerancia y temperatura. ....	30
Figura 4 Curva de regresión lineal para la ecuación de Arrhenius. ....	31
Figura 5 Curva de regresión lineal para el cálculo del factor $Q_{10}$ . ....	31
Figura 6 Protocolo para la realización de un estudio de vida de anaquel acelerado (Adaptado de Calligaris et al. 2019).....	32

## Índice de Anexos

Anexo A Hoja de análisis sensorial .....	41
Anexo B Promedio de calificaciones de aceptación de atributos sensoriales de aroma, apariencia y consistencia para salsa de ajo almacenada a 43 °C (a), 35 °C (b), 25 °C (c), durante 14 días. ....	42
Anexo C Promedio de parámetros de color L, a*, b* para salsa de ajo almacenada a 43 °C (a), 35 °C (b), 25 °C (c), durante 14 días.....	42
Anexo D Cambios en salsa de ajo almacenada a 43 °C (a), 35 °C (b), 25 °C (c), durante 14 días. ....	42
Anexo E Porcentaje de acidez, pH, y aceptación general: promedios obtenidos para cada muestra durante los 14 días del experimento. ....	42
Anexo F Esquema para la determinación de vida de anaquel de salsa de ajo Zamorano bajo condiciones aceleradas, realizado en este estudio. ....	42
Anexo G Consideraciones de presupuesto y análisis para la realización de un estudio de vida de anaquel primaria de salsa de ajo (para estudiantes) .....	42
Anexo H Consideraciones de presupuesto y análisis para la realización de un estudio de vida de anaquel primaria de salsa de ajo (para clientes externos) .....	42

## Resumen

Las conservas son sometidas a procesos térmicos e incorporación de aditivos capaces de prolongar su vida de anaquel, la cual, es definida como el periodo en que los alimentos mantienen características aceptables de calidad e inocuidad, y debe ser declarada para su comercialización. Los objetivos de estudio fueron evaluar cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales en salsa de ajo bajo condiciones aceleradas de almacenamiento, y modelar estos cambios para la determinación de vida de anaquel secundaria de la salsa de ajo Zamorano. Las muestras fueron almacenadas 43, 35 y 25 °C, durante un periodo de 12, 13 y 14 días, respectivamente. Se realizó evaluaciones sensoriales a cinco operarios de la Planta Hortofrutícola Zamorano, por lo que se incluyó una prueba discriminativa (triangular) y afectiva (de aceptación), la escala hedónica utilizada fue de 7 puntos. El parámetro crítico que determinó la vida de anaquel fue el atributo de aceptación general. Los análisis fisicoquímicos realizados fueron color, pH, acidez, y valor p-anisidina. Se verificó el cumplimiento de criterios microbiológicos para semiconservas de  $\text{pH} < 4.6$  (hongos y levaduras). Para cada temperatura se observó cambios al terminar la vida útil del producto en cuanto a acidez, pH y valor p-anisidina. Se determinó un periodo de vida de anaquel secundario de 19 días para la salsa de ajo Zamorano almacenada a 8 °C, utilizando la ecuación de Arrhenius y el factor  $Q_{10}$ . El uso de cinética química permitió calcular la vida de anaquel secundaria en un periodo corto de tiempo.

*Palabras clave:* cinética de deterioro, conservas, deterioro, ecuación de Arrhenius, factor

$Q_{10}$ .

### Abstract

Food preservation involves handling and treating food through thermal processing or by the addition of chemicals in order to extend their shelf life, which is defined as the period in which a food product maintains its safety and quality desirable attributes. The aim of this study was to evaluate and model physicochemical, microbiological and sensory changes of Zamorano's Garlic Sauce, to determine its secondary shelf life through accelerated shelf life testing. Three batches of sauce were evaluated, and the samples were stored at 43, 35 and 25 °C during 12, 13 and 14 days, respectively. The critical indicator of shelf life was the overall acceptance of the sauce, determined by five workers from the Fruit and Vegetable Processing Plant at Zamorano University, through sensory analysis. The sensory evaluation included discriminatory (triangle) and affective (hedonic scale) tests. The physicochemical attributes analyzed were color, pH, titratable acidity, and p-anisidine value. Also microbiological criteria was verified according to the product (pH < 4.6). For each temperature, it was observed a higher acidity and a lower pH through storage time, as well as a higher p-anisidine value at the end of the product's shelf life. Arrhenius equation and  $Q_{10}$  calculation were used, and according to the chosen model, the secondary shelf life of the garlic sauce stored at 8 °C is estimated to be 19 days. Accelerated shelf-life testing allows to estimate the durability of shelf-stable food products in a shorter period.

*Keywords:* Arrhenius equation, food preservation, kinetic models,  $Q_{10}$ , spoilage.

## Introducción

La Pérdida y Desperdicio de Alimentos (PDA) se da en diversos puntos de la cadena productiva por alteraciones biológicas, físicas, químicas, mecánicas y fisiológicas que afectan el cumplimiento de estándares de calidad, provocando el desecho de alimentos que aún poseen valor (Atanda et al. 2011; FAO 2016). El fortalecimiento del área agroindustrial en América Latina y el Caribe promueve el aprovechamiento de la sobreproducción de alimentos hortofrutícolas para la elaboración de productos en conservas, capaces de reducir la PDA (FAO 2016). Estos productos se caracterizan por la adición de ingredientes que modifican su palatabilidad y tienen una vida útil prolongada. Sin embargo, la PDA también aumenta debido al poco tiempo de vida de anaquel de los productos procesados tras abrir su envase. Para la comercialización de alimentos preenvasados, la FAO (1985), establece de forma obligatoria el cumplimiento de normativas de etiquetado que incluyen la declaración de fecha límite de consumo, parámetro calculado mediante estudios de vida de anaquel.

La vida de anaquel es definida como el periodo en que los alimentos mantienen características aceptables de calidad e inocuidad para su comercialización (Fu y Labuza 1997). Estos estudios consisten en monitorear cambios en la calidad de los alimentos sometidos a condiciones ambientales naturales en tiempo real, hasta observar un deterioro completo del producto (Calligaris et al. 2019). Los estudios de vida de anaquel en tiempo real son comúnmente utilizados en la evaluación de productos perecederos y para la predicción de vida de anaquel secundaria, la cual se define como el periodo tras la apertura del producto en que este mantiene sus propiedades de calidad e inocuidad (Nicoli y Calligaris 2018).

Para alimentos con mayor estabilidad, se requiere reducir el tiempo de ensayo, lo cual es posible mediante Estudios de Vida de Anaquel Acelerados (ASLT, por sus siglas en inglés) que utilizan condiciones de almacenamiento que permiten acelerar las tasas de deterioro en alimentos ya empacados (Mizrahi 2011; Mercado Flores et al. 2016). Los modelos para ASLT se basan en principios de cinética química que evalúan efectos de condiciones de almacenamiento que generan estrés y

afectan la velocidad de reacción. La predicción de vida útil puede ser determinada a partir de la ecuación de Arrhenius, o mediante el factor de aceleración  $Q_{10}$ , para establecer tiempos de deterioro a temperaturas específicas. Calligaris et al. (2019), establecen que la temperatura es de gran relevancia en la conservación de alimentos, y su alteración provoca reacciones enzimáticas, químicas y microbiológicas que afectan color, sabor, aroma, pH, y  $A_w$ , entre otros. La estabilidad de los alimentos puede controlarse a través del cumplimiento de condiciones ideales de acondicionamiento, envasado, y almacenamiento, capaces de prolongar la inocuidad y vida útil de los productos (Labuza 1982; SAGPyA 2005).

En la planta hortofrutícola Zamorano se procesan materias primas para la obtención de productos con vida de anaquel prolongada y valor agregado. Entre ellos se encuentra la salsa de ajo Zamorano, cuyo listado de ingredientes es mínimo, y el único tratamiento térmico aplicado es el escaldado (no incluye esterilización comercial), por lo que debe ser almacenada a 8 °C para mantener su calidad, y una vez abierto debe mantenerse refrigerado. Los productos elaborados a partir de ajo pretenden mantener un perfil similar al producto fresco. El sabor, olor, propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antibióticas se atribuyen al contenido de alicina proveniente del ajo (Ahmed y Shivhare 2001). Preservar las características sensoriales en la salsa de ajo requiere de control de temperaturas de procesamiento y almacenamiento. El envasado, control de acidez y pH del producto final pueden retrasar reacciones que ocasionan cambios no deseados en color (oscurecimiento), consistencia y aroma (Ahmed y Shivhare 2001). Para alimentos refrigerados, Calligaris et al. (2019), listan reacciones oxidativas, enzimáticas, y microbianas, como eventos de deterioro que podrían generar cambios irreversibles en las propiedades de los alimentos, ocasionados por temperaturas de estrés. Los cambios en la calidad de pastas y salsas de ajo pueden cuantificarse a través de pruebas sensoriales enfocadas en aroma, sabor y apariencia.

Actualmente, la salsa de ajo Zamorano se comercializa únicamente en el Puesto de Ventas, ya que para la venta en supermercados externos los productos de este tipo requieren de un envasado

plástico. Esto representa una limitante en la expansión comercial de este producto para Zamorano, por lo que se ha planteado el cambio de material de envase a plástico. Para la comercialización de la salsa de ajo Zamorano se debe cumplir con la normativa obligatoria de etiquetado para alimentos preenvasados. Garantizar la estabilidad de esta semiconserva, su calidad sensorial e inocuidad, fortalece oportunidades de crecimiento comercial. Las etapas del procesamiento y formulación de la salsa de ajo permiten una vida útil prolongada, por lo que, para la optimización de recursos destinados al análisis de alimentos, se requiere de métodos de evaluación rápidos y efectivos para la determinación de vida de anaquel primaria y secundaria. De acuerdo con esta problemática, es vital la aplicación de modelos que permitan evaluar la vida útil de la salsa de ajo Zamorano en un posible envase plástico tras la apertura del producto, utilizando condiciones controladas que permitan acelerar y monitorear cambios fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos en periodos de tiempo reducido. Los objetivos del presente estudio fueron:

Evaluar cambios fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos en salsa de ajo bajo condiciones aceleradas de almacenamiento.

Modelar los cambios fisicoquímicos y sensoriales para la determinación de vida de anaquel secundaria de la salsa de ajo Zamorano.

## Materiales y Métodos

### Revisión Bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica acerca de diversos modelos utilizados en la evaluación de vida útil de Alimentos Bajo Condiciones Aceleradas (ASLT). Se incluyó las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa, iluminación), cambios a evaluar (físicoquímicos, sensoriales), periodos para la toma de información, y modelos cinéticos utilizados, a partir de los cuales se estableció la metodología para el desarrollo de un estudio de vida de anaquel acelerado para salsa de ajo Zamorano.

En estudios de vida de anaquel acelerada se utiliza un amplio rango de temperaturas y tiempos dependiendo del tipo de alimento (congelado, enlatado, mínimamente procesado). Para estudios de vida de anaquel acelerados se requiere de al menos tres temperaturas de estrés, y los intervalos para la recolección de datos (días u horas) se reducen a medida que la temperatura establecida es mayor. En el Cuadro 1 se presentan ejemplos de algunos estudios realizados por diversos autores, en los cuales se evalúa parámetros como pH, acidez, Bases Volátiles Nitrogenadas Totales (TVB-N), actividad antioxidante, calidad microbiológica y sensorial, entre otros.

### Cuadro 1

*Resumen de estudios de vida de anaquel utilizando condiciones aceleradas en alimentos (mínimamente procesados, congelados, en conservas).*

Alimento	Condiciones de almacenamiento y frecuencia en la toma de datos	Parámetros evaluados	Referencia
Ensalada lista para consumir (RTE) con cereales, pollo y atún	Temperaturas de almacenamiento: 12, 18 y 25 °C. Registro de datos los días: - 0, 7, 1, 13: a 12 °C - 0, 4, 7: a 18 °C - 0, a 1: 25 °C El periodo máximo del experimento fue 13 días.	TVB-N, pH, análisis sensorial (5 panelistas entrenados, uso de escala hedónica). Modelado de cambios utilizando la ecuación de Arrhenius y el factor $Q_{10}$ .	Haouet et al. 2018

Alimento	Condiciones de almacenamiento y frecuencia en la toma de datos	Parámetros evaluados	Referencia
Análogo comercial de mayonesa	<p>Temperaturas de almacenamiento: 35, 45 y 55 °C.</p> <p>Registro de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 3 días: a 55 °C</li> <li>- Cada 7 días: a 45 °C</li> <li>- Cada 10 días: a 35 °C</li> </ul> <p>El periodo máximo del experimento fue 80 días. Se recopiló 8 datos de comportamiento para cada temperatura.</p>	<p>Porcentaje de acidez, porcentaje de NaCl, índice de peróxido, color, consistencia, análisis sensorial (12 panelistas entrenados, análisis sensorial descriptivo). Determinación de vida útil mediante el factor <math>Q_{10}</math>.</p>	Rendón et al. 2004
Pulpa de fresa congelada	<p>Temperaturas de almacenamiento: -28, -10 y 2.5 °C.</p> <p>Registro de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 7 días para las tres condiciones de almacenamiento.</li> </ul> <p>El periodo del experimento fue de 21 días.</p>	<p>Evaluación sensorial (10 panelistas, se utilizó el promedio de resultados obtenido a partir de escala hedónica). Modelado de cambios utilizando la ecuación de Arrhenius.</p>	Mercado Flores et al. 2016
Carambola mínimamente procesada	<p>Temperaturas de almacenamiento: 4.9, 7.8 y 12.8 °C.</p> <p>Registro de datos una única vez:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A los 14 días: 4.9 °C</li> <li>- A los 8 días: 7.8 °C</li> <li>- A los 3 días: 12.8 °C</li> </ul> <p>El periodo máximo del experimento fue de acuerdo con cada temperatura.</p>	<p>Evaluación sensorial (utilizando un panel altamente entrenado de 12 personas para un análisis descriptivo).</p>	González et al. 2016
Mermelada de pitahaya	<p>Temperaturas de almacenamiento: 30, 40, 50 y 60 °C.</p> <p>Registro de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 7 días para las condiciones de almacenamiento.</li> </ul> <p>El periodo del experimento fue de 28 días.</p>	<p>Actividad antioxidante, calidad microbiológica. Modelado de cambios utilizando la ecuación de Arrhenius.</p>	Zaidiyah et al. 2019
Pasta de tomate (con microencapsulación de extracto de hoja de olivo)	<p>Temperaturas de almacenamiento: 30, 40 y 50 °C.</p> <p>Registro de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 10 días: a 30 °C</li> <li>- Cada 7 días: a 40 °C</li> <li>- Cada 3 días: a 50 °C</li> </ul> <p>El periodo del experimento varió para cada temperatura: 50 (30 °C), 42 (40 °C) y 21 días (50 °C).</p>	<p>Sólidos solubles, Color, pH.</p>	Ganje et al. 2016

### **Localización del Estudio**

La investigación fue llevada a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano, Laboratorio de Análisis de Alimentos, y Planta Hortofrutícola de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. La institución se ubica en el kilómetro 30 de la carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaire, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán.

### **Obtención de la Salsa de Ajo**

El producto evaluado fue procesado en la Planta Hortofrutícola Zamorano (PHF). Este alimento de alta acidez (pH = 3.2) es producido y comercializado todos los meses del año, los ingredientes en su formulación son: ajo, aceite comestible, ácido cítrico, agua, benzoato de sodio, bisulfito de sodio, y sal.

El proceso inició con la selección de materia prima, posteriormente, se realizó el escaldado de los ajos (90 - 95 °C, por cinco minutos), y se preparó el resto de los ingredientes y aditivos, los cuales se añadieron durante el despulpado-mezclado. Finalmente, se homogenizó de forma manual, se empacó en un envase plástico (PET), y se almacenó en refrigeración (8 °C).

### **Condiciones Aceleradas de Almacenamiento**

Las instrucciones de almacenamiento ideales para este producto envasado en vidrio indican refrigeración a 8 °C para una vida de anaquel estimada de 6 meses. Para estimar la vida de anaquel secundaria en el envase plástico se envasó 430 gramos de salsa de ajo en las bandejas plásticas (con capacidad de 453 gramos). Las muestras de salsa de ajo fueron sometidas a temperaturas de 25, 35 y 43 °C, en condiciones de humedad relativa (HR) de 65%. Los tiempos de muestreo fueron establecidos a partir de otros de estudio de vida de anaquel acelerada y ensayos preliminares (Cuadro 2).

## Cuadro 2

*Plan de muestreo para la recolección de datos fisicoquímicos y sensoriales en salsa de ajo almacenada a diferentes temperaturas.*

T (°C)	Día														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
43				X			X			X			X		
35	X			X				X			X			X	
25				X				X				X			X

### Evaluación Sensorial

Cambios en la calidad fueron identificados a partir del desarrollo de evaluaciones sensoriales discriminatorias, siguiendo el plan de muestreo de evaluaciones fisicoquímicas, utilizando personal de la PHF (5 panelistas), los cuales se encuentran familiarizados con el producto. Se utilizaron pruebas discriminatorias para evaluar diferencias sensoriales entre las muestras almacenadas a distintas temperaturas a través del tiempo, utilizando muestras almacenadas a la temperatura ideal para la comparación. En la boleta se incluyó una escala hedónica de 7 puntos para la evaluación de aroma, apariencia, consistencia y sabor. Las muestras se presentaron de forma aleatoria, codificadas con tres números al azar.

### **Prueba Triangular y de Aceptación**

Las evaluaciones sensoriales discriminatorias (triangular) y de aceptación de atributos (mediante escalas hedónicas) son herramientas para la determinación de vida útil (Society of Sensory Professionals [sin fecha]). La boleta presentó dos partes, siguiendo la metodología de evaluación sensorial descrita por Nicosia et al. (2021). Se evaluó tres muestras codificadas, dos correspondientes a un producto almacenado bajo condiciones idóneas (8 °C), y una almacenada bajo condiciones aceleradas (25, 35 y 43 °C). Mediante una prueba triangular, los panelistas identificaron qué muestra del trío presentaba diferencias ocasionadas por factores de almacenamiento y tiempo (Anexo A).

Adicionalmente, se evaluó el grado de aceptación de aroma, apariencia y consistencia de la muestra seleccionada como diferente. Se utilizó una escala hedónica entre 1 y 7, el punto crítico indicador de inicio de deterioro para cada atributo fue una calificación menor o igual a 3.

### **Caracterización Físicoquímica de la Conserva**

La determinación de cambios físicoquímicos para cada temperatura fue mediante la evaluación de indicadores de calidad comúnmente utilizados en estudios de vida de anaquel para conservas. La salsa de ajo Zamorano, envasada en vidrio y almacenada en refrigeración, tiene una vida útil estimada de seis meses. Sin embargo, en un envase plástico se desconoce la vida de anaquel secundaria, por lo que se determinó la predicción del periodo útil de esta salsa tras su apertura a través de la evaluación sensorial y complementada con la recopilación de datos de color, pH y acidez para cada muestra, las cuales se asociaron a comentarios descritos por los panelistas. Se registró un total de cuatro muestras para cada temperatura, adicionales a la muestra del día 0. El experimento finalizó a los 14 días. Los atributos se evaluaron para tres lotes de producción de salsa de ajo.

### **Parámetros de Color**

Se evaluaron cambios de color en cada muestra utilizando la aplicación ColorMeter RGB, disponible para Smartphones, a partir de la cual se obtuvo los valores  $L^*a^*b$ , donde  $L^*$ : luminosidad,  $a^*$ : valores de verde a rojo,  $b^*$ : valores de azul. Posteriormente, de acuerdo con la metodología de Nicosia et al. (2021), se calculó la variación general de color ( $\Delta E$ ) (Ecuación 1) e índice de pardeamiento ( $BI$ , por sus siglas en inglés) (Ecuación 2), para determinar cambios a través del tiempo.

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_{0} - L^*_{t})^2 + (a^*_{0} - a^*_{t})^2 + (b^*_{0} - b^*_{t})^2} \quad [1]$$

Donde,

$L^*_{0}$ : valor  $L^*$  inicial;  $L^*_{t}$ : valor  $L^*$  en un tiempo determinado;

$a^*_{0}$ : valor  $a^*$  inicial;  $a^*_{t}$ : valor  $a^*$  en un tiempo determinado;

$b^*_{0}$ : valor  $b^*$  inicial;  $b^*_{t}$ : valor  $b^*$  en un tiempo determinado.

$$BI = \frac{100 \times \left[ \left( \frac{a_t + (1.75 \times L_t)}{(5.645 \times L_t) + a_0 - (3.012 \times b_t)} \right) - 0.31 \right]}{0.17} \quad [2]$$

Donde,

$L_t$  \*: valor  $L^*$  en un tiempo determinado;

$a^*_0$ : valor  $a^*$  inicial;  $a_t$  \*: valor  $a^*$  en un tiempo determinado;

$b_t$  \*: valor  $b^*$  en un tiempo determinado.

### **pH**

Se determinó utilizando un potenciómetro, de acuerdo con el método AOAC 981.12 (AOAC 1982). Para la preparación de muestra se tomó 5 g de salsa de ajo y se diluyó en 45 mL de agua destilada, y posteriormente, se introdujo el potenciómetro en cada muestra. Previo a cada repetición se calibró el equipo con soluciones buffer de 4, 7 y 10.

### **Acidez Titulable**

Fue determinada siguiendo la metodología de Wang et al. (1995), para lo que se utilizó 5 g de muestra diluidos en 95 mL de agua destilada, la cual fue titulada con una solución de NaOH 0.1 N, utilizando tres gotas de fenolftaleína (1% en etanol) como indicador, hasta alcanzar un pH de 8.1. La acidez titulable se expresó en porcentaje de ácido cítrico (gramos/100mL). El porcentaje de ácido cítrico fue calculado utilizando la Ecuación 3, descrita por Sadler y Murphy (2010):

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{N \times V_1 \times Eq \text{ wt}}{V_2 \times 1000} \times 100 \quad [3]$$

Donde,

$N$ : normalidad del NaOH (mEq/mL)

$V_1$ : volumen de NaOH utilizado en la titulación (mL)

$Eq \text{ wt}$ : Peso equivalente del ácido predominante (64 mg/MEq para ácido cítrico)

$V_2$ : volumen de la muestra (mL)

1000: factor de conversión de miligramos a gramos (mg/g)

### **Valor de P-anisidina**

Se determinó de acuerdo con el método AOCS Cd 18-90 (AOCS 1989). Se pesó entre 0.5-4 gramos de muestra y se disolvió en 25 mL de isooctano, posteriormente, se midió la absorbancia de la salsa de ajo a 350 nm ( $A_b$ ), utilizando el isooctano como blanco.

Por separado, se colocaron 5 mL de la muestra disuelta en isooctano en un tubo de ensayo y se añadió 1 mL del compuesto de p-anisidina (0.25 g de p-anisidina/100 mL de ácido acético), se agitó y se dejó reposar por 10 minutos. Esto también se realizó utilizando 5 mL de isooctano y 1 mL de p-anisidina (como blanco). Transcurrido el tiempo de reposo, se midió la absorbancia de la muestra a 350 nm ( $A_b$ ). Se calculó el valor de p-anisidina de acuerdo con la Ecuación 4.

$$pAV = \frac{25 \times (1.2A_s - A_b)}{m} \quad [4]$$

Donde,

$pAv$  (valor de p-anisidina): 100 veces la absorbancia medida a 350 nm

$A_s$ : absorbancia de la muestra tras la reacción con p-anisidina.

$A_b$ : absorbancia de la muestra.

$m$ : masa de la muestra (gramos)

### **Evaluación Microbiológica**

El cumplimiento de criterios microbiológicos para este tipo de alimento (semiconserva de pH < 4.6) fue evaluado de acuerdo con lo descrito en la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (MINSA 2003). Se verificó el cumplimiento de los criterios microbiológicos de acuerdo con la normativa antes mencionada (Cuadro 3).

### Cuadro 3

*Criterios microbiológicos para semiconservas de pH < 4.6 (MINSA 2003).*

Agente microbiano	Límite por g.	
	m <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>
Bacterias ácido-lácticas (BAL)	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Mohos	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Levaduras	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>

*Nota.* m<sup>1</sup> (criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud). M<sup>2</sup> (Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud).

### Determinación de Vida de Anaquel

Se obtuvo la regresión lineal del promedio de resultados de la evaluación sensorial para cada temperatura en función del tiempo. Se utilizó la ecuación de deterioro propuesta por Fu y Labuza (1997), la cual presenta tasas de deterioro en función del tiempo. Esto permitió determinar el ajuste a modelos de reacción de primer (Ecuación 5) o cero-orden (Ecuación 6), dependiendo de R<sup>2</sup> para cada parámetro (González et al. 2016).

$$\ln A = \ln A_0 \pm kt \quad [5]$$

$$A = A_0 \pm k_0 t \quad [6]$$

Donde,

A: atributo (mismas unidades que *k*),

A<sub>0</sub>: atributo inicial,

*k*: constante de cinética de reacción,

R (constante universal de los gases): 8.3145 (J/mol×K),

*t*: tiempo.

### Ecuación de Arrhenius

Los efectos de la temperatura para generar reacciones en los diversos atributos fueron modelados utilizando la ecuación de Arrhenius (Ecuación 7).

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{Ea}{RT} \quad [7]$$

Donde,

$k_0$ : factor pre-exponencial,

$Ea$ : energía de activación (KJ/mol),

$T$ : temperatura en Kelvin,

$R$  (constante universal de los gases): 8.3145 (J/mol×K),

Se estimó el valor de energía de activación para cada reacción mediante la regresión lineal de la constante aparente. Esto se realizó para cada temperatura de almacenamiento.

### ***Predicción de Cambios***

La vida de anaquel para cada temperatura fue determinada utilizando la ecuación (Ecuación 8) para generar proyecciones del tiempo límite en que ocurrieron cambios calidad fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales (Fu y Labuza 1997; Ganje et al. 2016).

$$t_s = \frac{Q_0 - Q_e}{k} \quad [8]$$

Donde,

$t_s$ : tiempo final de la vida de anaquel del producto.

$k$ : constante aparente,

$Q_0$ : valor inicial del atributo,

$Q_e$ : es el valor del atributo al tiempo  $t_s$ ,

### ***Factor $Q_{10}$***

Taoukis y Labuza (1997), describen este valor como indicador, siendo inversamente proporcional a la vida de anaquel. Este factor de aceleración corresponde a la relación entre la velocidad de reacción de deterioro cuando la temperatura varía 10 °C (Ecuación 9).

$$Q_{10} = \frac{t_s T}{t_s T + 10} \quad [9]$$

$$Q_{10} = e^{10bs} \quad [10]$$

La predicción de vida de anaquel para temperaturas específicas, utilizando el factor  $Q_{10}$ , responde a la (Ecuación 11). Esta ecuación fue utilizada para la determinación de vida de anaquel para la temperatura recomendada de almacenamiento (4°C).

$$\ln t_s = \ln t_0 - bT \quad [11]$$

### **Diseño Experimental**

Se realizó un estudio transversal de carácter descriptivo, para el cual, se utilizó el programa Excel para generar las gráficas de regresión lineal para la determinación de vida de anaquel. Los datos fueron obtenidos de tres lotes de salsa de ajo, elaboradas en diferentes semanas en la Planta Hortofrutícola Zamorano. Para el análisis de la prueba sensorial triangular se utilizó un nivel de significancia del 5%, por lo que la cantidad mínima de panelistas que debían identificar la muestra diferente era de 4. Los resultados de la evaluación sensorial, pH y acidez promedio se obtuvo de la medición tomada de cada lote. Mientras que, los promedios del valor de p-anisidina y análisis microbiológicos fueron obtenidos para el inicio (día 0) y final del periodo de almacenamiento de cada temperatura (días 12, 13, 14) en cada lote.

## Resultados y Discusión

### Evaluación Sensorial

La vida de anaquel secundaria se ve determinada por factores microbiológicos y/o percepción sensorial, por lo que la aceptación del producto de parte de los panelistas fue utilizada para determinar el día de decadencia de las muestras sometidas a temperaturas de estrés. A pesar de que los jueces debían indicar la muestra que presentara diferencias (prueba triangular), esto no era un indicador de rechazo, por lo que se requirió evaluar ciertos atributos del producto mediante una escala hedónica de 7 puntos, donde 3 es el punto crítico indicador de que el producto ya no es del agrado de los jueces. Debido al número de panelistas (5), se requería que al menos cuatro de ellos identificaran de forma correcta la muestra diferente, para una significancia del 5% (Kemp et al. 2009). Desde el día tres se logró la identificación de la muestra diferente para las tres temperaturas (25, 35 y 43 °C), y esto continuó a lo largo del experimento, mientras que, la aceptación de la salsa de ajo disminuyó para cada atributo evaluado a través del tiempo (Anexo B).

Para la temperatura de 25 °C, cuatro de los cinco panelistas lograron identificar diferencias desde el día tres, principalmente debido al color y aroma. A pesar de identificar la muestra diferente, la aceptación general del producto fue alta (valor de 6.1 en escala de 7), y sus atributos fueron calificados  $\geq 3$ , por lo que el producto se halló en condiciones aceptables para el consumo. Durante los días 7, 11, y 14, los panelistas también identificaron la muestra almacenada a 25 °C, pero la aceptación se redujo a lo largo del experimento, y el día 14 el producto tuvo una aceptación general  $< 3$  (valor de 2 en escala de 7), por lo que se determinó que a partir de ese día los panelistas no consumirían el producto.

La aceptación general del producto almacenado a 35 °C fue alta el día 3 (valor de 5.5 en escala de 7), pero la calificación para diversos atributos fue menor a través del tiempo. Los panelistas comúnmente señalaron que la muestra presentó “fuerte olor a aceite”. Y se determinó a través del

promedio de aceptación general (valor de 2.9 en escala de 7) que a esta temperatura el producto deja de ser aceptable a partir del día 10.

La muestra almacenada a 45 °C fue la que tuvo mayor efecto en la salsa de ajo, ya que a partir del día 3 se identificó cambios en aroma y color, y la evaluación de esos atributos descendió con mayor rapidez en comparación a las otras temperaturas. Además, a partir del día 9, las muestras almacenadas a esta temperatura obtuvieron un promedio de aceptación general de 2.8 (de 7 puntos), por lo que ya no se consideró adecuado su consumo. Esta fue la muestra que tuvo un deterioro más acelerado.

De forma general, los panelistas mostraron su capacidad de distinguir cambios en las muestras sometidas a temperaturas de estrés, en comparación con la muestra control (almacenada a temperatura ideal). Además, aunque se identificó correctamente las muestras diferentes a partir del día tres, este no fue un factor que indicó el fin de la vida de anaquel secundaria. Mientras que, el uso de una escala hedónica de 7 puntos para evaluar aroma, color y consistencia (Cuadro 4), y las observaciones de los panelistas, fueron claves para determinar el día de decadencia para cada temperatura. Las observaciones realizadas por los panelistas, los cuales estaban familiarizados con factores de calidad del producto, indicaron cambios como “color oscuro” y “olor a aceite”, y a través del tiempo del experimento también se mencionó que la rancidez dificultaba la percepción del olor típico de la salsa de ajo.

#### Cuadro 4

*Evaluación sensorial de aroma, color y consistencia: promedios obtenidos para el último día de aceptabilidad de cada muestra almacenada a 43, 35 y 25 °C*

Temperatura de almacenamiento (°C)	Día	Aroma $\pm$ D.E.	Apariencia $\pm$ D.E.	Consistencia $\pm$ D.E.
No aplica	0	6.50 $\pm$ 0.84	6.60 $\pm$ 0.70	6.40 $\pm$ 0.42
43	6	4.10 $\pm$ 0.82	4.30 $\pm$ 1.17	5.40 $\pm$ 1.06
	9	3.30 $\pm$ 1.18	2.50 $\pm$ 1.26	4.43 $\pm$ 0.79
35	7	3.70 $\pm$ 0.95	4.30 $\pm$ 1.33	5.30 $\pm$ 1.65
	10	2.80 $\pm$ 1.08	2.50 $\pm$ 1.89	4.13 $\pm$ 1.29
25	11	2.50 $\pm$ 1.23	2.80 $\pm$ 1.03	5.00 $\pm$ 1.29
	14	2.30 $\pm$ 1.16	2.30 $\pm$ 1.33	3.20 $\pm$ 0.82

*Nota.* D.E. Desviación Estándar. Escala de aceptación de 1-7: 1=me disgusta levemente, 2=me disgusta; 3=me disgusta levemente, 4= no me gusta ni me disgusta, 5= me gusta levemente, 6= me gusta, 7= me gusta extremadamente.

#### Caracterización Físicoquímica de la Conserva

##### **Parámetros de Color**

Ahmed *et al.* (2000), describieron el color y picor como atributos determinantes en la vida útil de la pasta de ajo, por lo que se debe controlar condiciones de almacenamiento y procesamiento que podrían afectar las características físicoquímicas de este producto, generando cambios que afectan la calidad.

Se utilizó el espacio de color  $L^*a^*b$  para el cálculo de  $\Delta E$  y  $BI$  para las tres temperaturas después de los 14 días de experimento (Anexo C). Ambos parámetros de color fueron mayores para la salsa de ajo almacenada a 43 °C, mientras que, a 25 °C hubo menor  $\Delta E$ , y a 35 °C menor  $BI$  (Cuadro 5). El color es un atributo de gran importancia para el consumidor, y en salsas o pastas elaboradas a partir de ajo se espera un color blanquecino ligeramente amarillo, el cual podría verse afectado debido a reacciones enzimáticas, cambios en pH, y mal manejo de temperaturas durante procesamiento o almacenamiento (Ahmed y Shivhare 2001).

Durante los días de almacenamiento se observó que la salsa de ajo se tornó a una coloración más amarilla al pasar los días (Anexo D), la cual fue identificada por los panelistas.

La variación general de color ( $\Delta E$ ) indica el incremento entre una referencia inicial y el color que se observa al pasar un periodo determinado, Bansal et al. (2012), mencionan que el mínimo  $\Delta E$  para percibir ligeras diferencias de color es 3, por lo que los resultados de  $\Delta E$  obtenidos para cada temperatura (Cuadro 5) indican que al finalizar el tiempo de almacenamiento la percepción de cambios de color fue fácilmente identificada.

Fante y Zapata (2012), mencionan la importancia de inactivar enzimas como polifenol oxidasa y peroxidasa en ajo, ya que tras su pelado pueden afectar el sabor, color y textura. Esto se realiza en la PHF Zamorano a través del escaldado del ajo. Sin embargo, debido al contenido de aceite en el producto y las temperaturas de almacenamiento, los cambios de color podrían estar asociados con la oxidación producto de la temperatura a la que estuvieron almacenadas las muestras, las cuales provocaron el calentamiento de la misma (Aguilera et al. 2016).

Bae y Lee (1990), reportan que el deterioro del ajo se evidencia también a través del cambio de color a verde, el cual no se observó en la salsa de ajo Zamorano debido a la adición de ácido cítrico, el cual es utilizado para evitar que el ajo se torne de ese color. Además, la formulación contiene bisulfato de sodio, encargado de la inhibición de enzimas, preservación de color, y función antioxidante (García-Fuentes et al. 2015; FAO 2022). Otro aditivo utilizado en la salsa de ajo es el benzoato de sodio, el cual actúa como conservante, bacteriostático y fungicida (Kovac 2012).

### Cuadro 5

*Cálculo de variación general de color ( $\Delta E$ ) e índice de pardeamiento (BI) de la salsa de ajo durante el último día de aceptabilidad de cada muestra almacenada a 43, 35 y 25 °C.*

Día	Temperatura de almacenamiento (°C)	$\Delta E \pm D.E$	BI $\pm D.E$
9	43	33.47 $\pm$ 6.76	180.05 $\pm$ 26.53
10	35	27.17 $\pm$ 9.00	148.27 $\pm$ 16.14
14	25	24.72 $\pm$ 2.97	147.11 $\pm$ 29.24

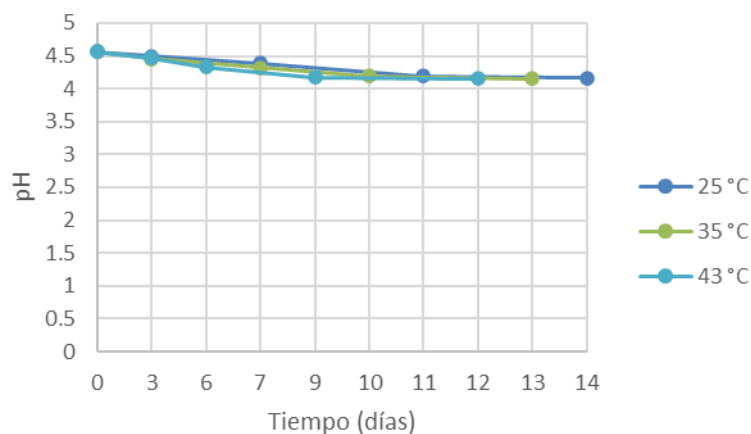
Nota. D.E. Desviación Estándar.

### **pH y Acidez Titulable**

La salsa de ajo Zamorano tiene un pH inicial de 4.56, el cual está dentro del rango presentado por Aguilar y Rincón (2007), entre 4.0 y 5.9, estos valores fueron determinados a partir de la recopilación de datos para la elaboración de diversas pastas de ajo. La Figura 1 muestra que se registró un descenso para las temperaturas de 25, 35 y 43 °C a través del tiempo, lo cual ocurrió en menor tiempo para las muestras almacenadas a 43 °C.

**Figura 1**

*Cambio de pH en salsa de ajo almacenado a temperaturas de 43, 35 y 25 °C a través del tiempo.*



El control del pH de la salsa de ajo es esencial para determinar si el producto requiere de tratamiento adicional para el control de microorganismos, ya que en alimentos con pH superior a 4.5 se da el crecimiento de bacterias patógenas que afectan la inocuidad del alimento (Nicoli y Calligaris 2018).

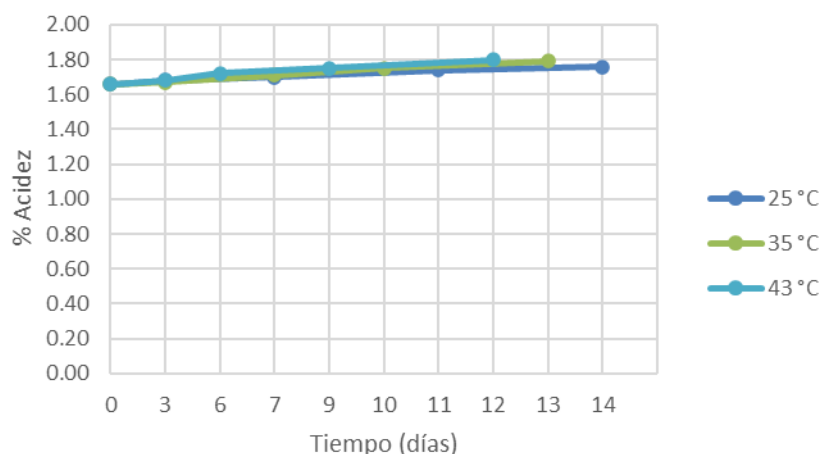
La Figura 2 muestra que hubo cambios en la acidez titulable durante el tiempo de almacenamiento de la salsa de ajo almacenada a diferentes temperaturas (25, 35 y 43 °C), donde se observó que esta fue mayor a través del tiempo.

El aumento en la acidez y reducción de pH podría atribuirse a la oxidación secundaria de los compuestos lipídicos de la salsa de ajo, ya que una vez que se degradan los productos primarios de la

oxidación, se producen aldehídos, cetonas y ácidos orgánicos capaces de alterar las características fisicoquímicas del producto (Pike y O'Keefe 2017).

## Figura 2

*Cambio en el porcentaje de acidez a través del tiempo en salsa de ajo almacenada a temperaturas de 43, 35 y 25 °C.*



*Nota.* % acidez =  $M_{eq}/100$  gramos ( $M_{eq} = 0.064$  gramos de ácido cítrico).

## Valor de P-anisidina

Este método es utilizado como indicador de presencia de aldehídos, carbonilos y cetonas (provocado por la descomposición de hidroperóxidos), lo cual está asociado a oxidación secundaria de los compuestos lipídicos (Ye et al. 2020). En el Cuadro 6 se muestra los resultados obtenidos para la salsa de ajo almacenada a diferentes temperaturas (25, 35 y 43 °C), donde, en promedio, las muestras almacenadas bajo condiciones de deterioro tuvieron un valor mayor que la muestra inicial.

La oxidación secundaria es responsable de provocar sabor rancio en los alimentos, por lo que, considerando el valor de p-anisidina de la muestra inicial, se podría inferir que al iniciar el experimento esta muestra fue de mayor calidad (día 0) (Hosseinalhashemi et al. 2021). Además, Esfarjani et al. (2019) mencionan que un valor de p-anisidina de 6 es utilizado como límite para indicar que existe oxidación lipídica. Esto podría estar relacionado con los comentarios y calificaciones obtenidos

durante la evaluación sensorial a medida pasó más tiempo de almacenamiento para cada temperatura.

### Cuadro 6

Valor p-anisidina de salsa de ajo durante el último día de aceptabilidad de cada muestra almacenada a 43, 35 y 25 °C.

Temperatura	Día	pAV ± D. E
No aplica	0	1.45 ± 0.09
25°C	14	6.41 ± 0.82
35°C	10	8.54 ± 0.94
43°C	9	9.26 ± 0.95

Nota. D.E. Desviación Estándar. pAV: valor p-anisidina.

### Evaluación Microbiológica

En los conteos realizados para para BAL, mohos y levaduras, todas las temperaturas presentaron <10 UFC/g, por lo que al pasar los 14 días del experimento la salsa estuvo dentro de los límites establecidos en la normativa descrita por el MINSA (2003), para criterios microbiológicos. Al realizar la cuantificación no hubo presencia de estos microorganismos, lo cual está relacionado con el pH de la salsa de ajo (< 4.6), ya que se ha identificado que existe una relación entre el pH y conteos microbiológicos, y en alimentos cuya matriz posee un pH entre 3.8 y 4.5 el crecimiento de microorganismos es limitado (André et al. 2017; Odeyemi et al. 2020).

Además, el ajo posee aliina, el cual es un aminoácido no proteico a partir del cual se genera alicina por acción de la enzima aliinasa al haber un corte, o daño mecánico (Reiter et al. 2020). Ancri y Mirelman (1999) mencionan que la alicina contiene propiedades antimicrobianas, el cual ha sido evidenciado para controlar la presencia de *E. coli*, *Salmonella*, *S. aureus*, *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus*, y *Clostridium* en alimentos.

### Determinación de Vida de Anaquel

El día de decadencia para cada temperatura fue determinado a través del promedio de la aceptación general de los panelistas, y el deterioro reflejado en el producto está asociado con los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados (Anexo E). El producto recibió una calificación

indicadora de deterioro los días 9, 10 y 14, para las temperaturas de 43, 35 y 25 °C, respectivamente (Cuadro 7).

### Cuadro 7

*Porcentaje de acidez, pH, y aceptación general: promedios obtenidos para el último día de aceptabilidad de cada muestra.*

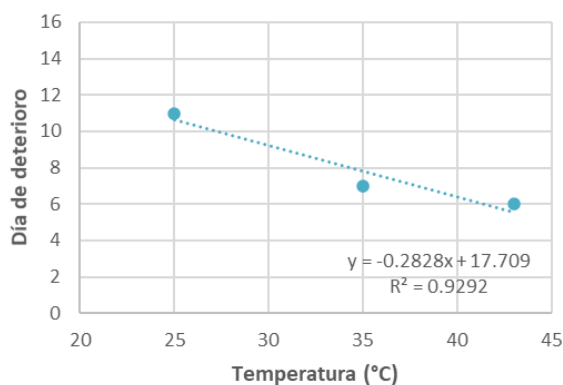
Temperatura de almacenamiento (°C)	Día	pH ± D.E	% Acidez ± D.E	Aceptación sensorial (general) ± D.E
No aplica	0	4.56 ± 0.025	1.66 ± 0.034	6.80 ± 0.73
43	6	4.33 ± 0.164	1.72 ± 0.049	4.30 ± 1.764
	9	4.17 ± 0.084	1.75 ± 0.055	2.80 ± 1.878
35	7	4.39 ± 0.076	1.71 ± 0.046	4.40 ± 1.590
	10	4.19 ± 0.112	1.75 ± 0.034	2.90 ± 0.833
25	11	4.20 ± 0.111	1.74 ± 0.043	4.10 ± 1.000
	14	4.16 ± 0.125	1.76 ± 0.041	2.20 ± 1.424

*Nota.* D.E. Desviación Estándar. % acidez= $M_{eq}/100$  gramos ( $M_{eq}=0.064$  gramos de ácido cítrico). Escala de aceptación de 1-7: 1=me disgusta levemente, 2=me disgusta; 3=me disgusta levemente, 4= no me gusta ni me disgusta, 5= me gusta levemente, 6= me gusta, 7= me gusta extremadamente.

La Figura 3 muestra el tiempo máximo de deterioro para cada temperatura, y la Figura 4 muestra la gráfica de la ecuación de Arrhenius. A través del valor  $R^2$  de ambas figuras (0.9292 y 0.9622) se puede establecer que la evaluación sensorial es un indicador adecuado para la predicción de vida de anaquel secundaria.

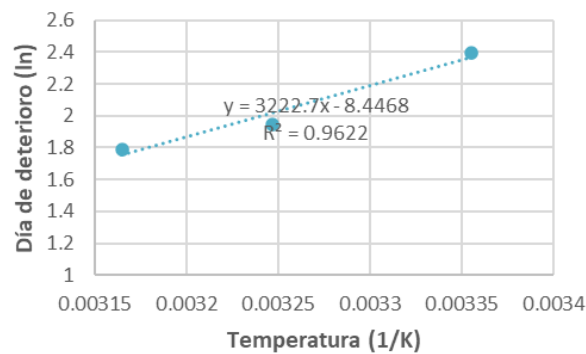
### Figura 3

*Regresión lineal de tiempo de tolerancia y temperatura.*



**Figura 4**

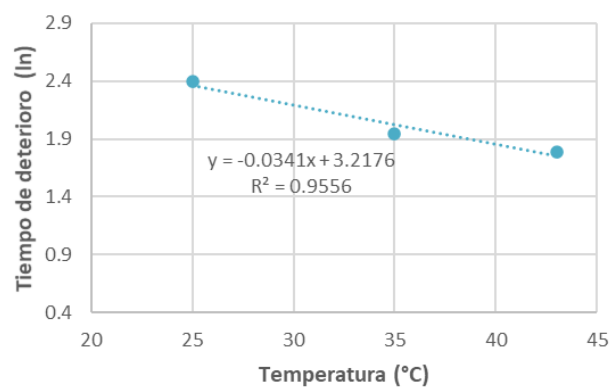
Curva de regresión lineal para la ecuación de Arrhenius.



Para la determinación de la vida de anaquel secundaria se utilizó el factor  $Q_{10}$ , el cual fue calculado a través de la Figura 5, el cual grafica el tiempo de decadencia (ln) para cada temperatura. La energía de activación ( $E_a$ ) calculada fue 2679491.797 kJ, y el factor  $Q_{10}$  fue 1.41, de acuerdo con la Ecuación 10. Finalmente, a partir de la  $E_a$  y el factor  $Q_{10}$ , se determinó que la vida de anaquel secundaria de la salsa de ajo Zamorano almacenada a 8 °C es de aproximadamente 19 días.

**Figura 5**

Curva de regresión lineal para el cálculo del factor  $Q_{10}$ .



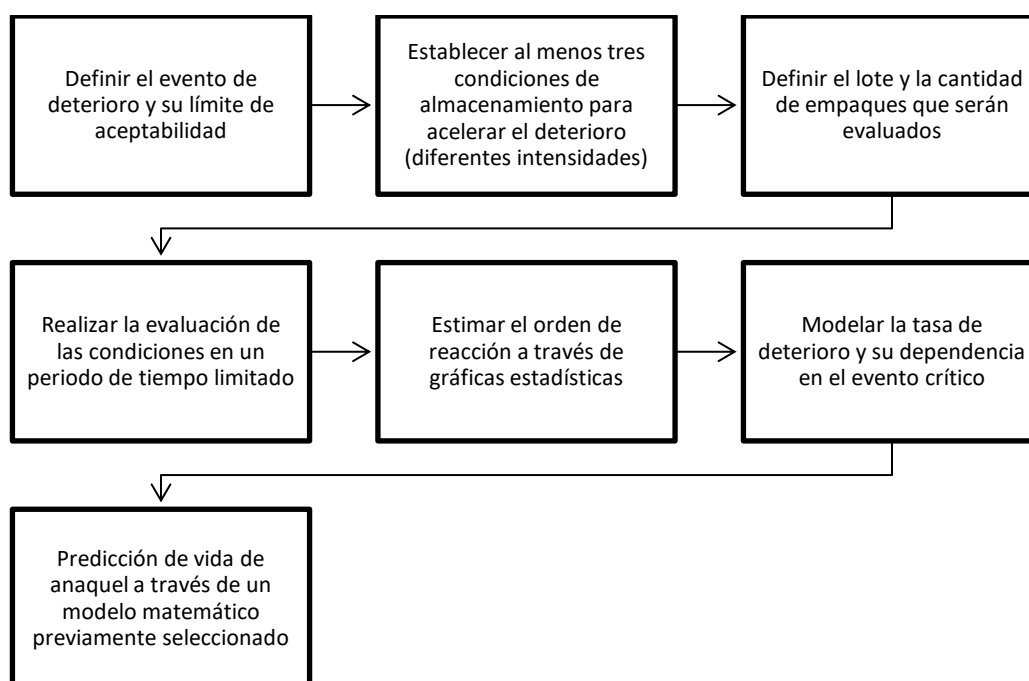
### Aplicación de ASLT en Estudios de Vida de Anaquel Primario y Secundario en Otros Alimentos

Las compañías dedicadas al procesamiento de alimentos se ven en la obligación de declarar la vida útil de sus productos, sin embargo, este periodo varía de acuerdo con la naturaleza del producto (perecedero o no perecedero), lo que ha potenciado el desarrollo de ASLT en algunos casos

para acelerar el deterioro y predecir la vida de anaquel. La aplicación de ASLT es utilizada principalmente para determinar la vida de anaquel primaria de los productos, sin embargo, Benkovic y Tusek (2018), enfatizan en la importancia de evaluar la vida de anaquel secundaria de los productos, ya que esto permite obtener información del comportamiento y calidad del producto en su envase, tras la apertura. Nicoli y Calligaris (2018), describen las fases que deben ser analizadas para el desarrollo de un estudio de vida de anaquel (Figura 6), lo que incluye: ensayos preliminares, ejecución de pruebas (aceleradas y/o en tiempo real), modelado de cambios observados (establecer o predecir a través de modelos matemáticos).

**Figura 6**

*Protocolo para la realización de un estudio de vida de anaquel acelerado (Adaptado de Calligaris et al. 2019.)*



Otro factor por considerar previo a la comercialización de alimentos es el cumplimiento de criterios microbiológicos, los cuales establecen la aceptabilidad de un producto al evaluar la cantidad de microorganismos, y su ausencia o presencia, en un lote de producción (FAO 2009). La vida útil de los productos puede limitarse por la presencia de ciertos microorganismos, por lo que al introducir un

producto al mercado se debe garantizar que estos cumplan lo establecido en normativas referentes a inocuidad alimentaria. Algunas normativas en las cuales basarse son los Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de Alimentos (RTCA 2008), o la norma peruana que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano (MINSA 2003).

Los requerimientos, parámetros microbiológicos, planes de muestreo y límites máximos varían de acuerdo con la categoría de riesgo del alimento y el grupo al que pertenecen, por lo cual es importante identificar características intrínsecas, procesos, presentación, y condiciones de almacenamiento del producto (RTCA 2008). Además, es importante evaluar el cumplimiento de criterios microbiológicos al terminar el periodo en que se realiza el ASLT, ya que Al-Kadamany et al. (2003), mencionan que el crecimiento de algunos microorganismos provoca cambios fisicoquímicos y altera la percepción sensorial.

En cuanto a cambios fisicoquímicos, las reacciones críticas varían dependiendo de la forma de almacenamiento de los alimentos. Los productos refrigerados son más susceptibles a deterioro por microorganismos, senescencia y reacciones enzimáticas, los congelados presentan principalmente cambios por reacciones enzimáticas y oxidativas, y los almacenados a temperatura ambiente se ven afectados por pardeamiento no enzimático, entre otros (Calligaris et al. 2019).

La evaluación sensorial es una herramienta para la determinación de vida de anaquel, por lo que el tipo de panelista (entrenado, semi-entrenado, no entrenado) y prueba a realizar (analítica/afectiva) varía entre estudios de acuerdo con su objetivo (Kilcast 2011). Giménez et al. (2012), mencionan que, aunque la vida de anaquel puede determinarse al aplicar pruebas analíticas y hedónicas, el uso de un panel descriptivo (entrenado) es más preciso al momento de determinar cambios sensoriales específicos, sin embargo, los consumidores son la mejor herramienta para establecer la vida útil del producto.

Para desarrollar ASLT se recomienda revisar estudios previos que avalen que este tipo de metodología es efectiva para el producto que se evaluará, ya que se ha reportado fallas en algunos alimentos al comparar las predicciones obtenidas con estudios de vida de anaquel en tiempo real (Chanadang y Chambers 2019). En el Anexo F se muestra la metodología establecida para ejecutar un estudio de vida de anaquel acelerado en salsa de ajo, y en el Anexo G y H se muestran las condiciones para determinar la vida de anaquel de salsa de ajo utilizando condiciones aceleradas. Para la evaluación de otros alimentos, la selección de reacciones críticas, evaluación microbiológica, y análisis sensorial varían. Algunos alimentos que han sido evaluados mediante ASLT incluyen: mermelada de pitaya (Zaidiyah et al. 2019), salsa pesto (Zardetto y Barbanti 2020; Nicosia et al. 2021), galletas saladas (Puma et al. 2018), tortilla de maíz con aceite esencial de tomillo (Meléndez et al. 2021), dodol de piña (Afifah y Ratnawati 2021), además de los mencionados en el Cuadro 1.

### Conclusiones

El uso de análisis sensorial permite la determinación de la vida de anaquel secundaria de la salsa de ajo Zamorano. Almacenar las salsas a 25, 35 y 43 °C acelera reacciones que provocan rechazo hacia las muestras, además, cambios en cuanto al color, pH, acidez y valor p-anisidina, en un periodo determinado. Estas condiciones no generan deterioro por crecimiento de microorganismos.

La vida de anaquel secundaria de la salsa de ajo Zamorano es de 19 días almacenada a 8 °C, y su cálculo es posible a través del uso de cinética química, utilizando la ecuación de Arrhenius y factor  $Q_{10}$ .

### **Recomendaciones**

Realizar un estudio de vida de anaquel en tiempo real para verificar el periodo de vida útil secundaria establecida en este estudio.

Estimar la vida de anaquel primaria de la salsa de ajo Zamorano en envase plástico a partir de la metodología establecida.

Capacitar al personal de la Planta Hortofrutícola Zamorano para que estén aptos para el desarrollo de análisis sensorial descriptivo.

Validar la metodología descrita en este estudio para realizar la evaluación de vida de anaquel bajo condiciones aceleradas en otros productos elaborados en plantas de alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

## Referencias

- Afifah N, Ratnawati L. 2021. Shelf-life prediction of pineapple dodol packed with edible film using accelerated shelf life tests. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 733(1):12119. doi:10.1088/1755-1315/733/1/012119.
- Aguilar M, Rincón F. 2007. Improving knowledge of garlic paste greening through the design of an experimental strategy. *J Agric Food Chem.* 55(25):10266–10274. eng. doi:10.1021/jf072075t.
- Aguilera S, Templos A, Santos E. 2016. Evaluación de parámetros de color y oxidación en oleína de palma para fritura de botana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 1(2). <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/4.pdf>.
- Ahmed J, Pawanpreet, Shivhare US. 2000. Physico-chemical and storage characteristics of garlic paste. *J Food Processing Preservation.* 25(1):15–23. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4549.2001.tb00440.x>. doi:10.1111/j.1745-4549.2001.tb00440.x.
- Ahmed J, Shivhare US. 2001. Thermal Kinetics of Color Change, Rheology, and Storage Characteristics of Garlic Puree/Paste. 66(5):754–757. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04633.x>. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb04633.x.
- Al-Kadamany E, Khattar M, Haddad T, Toufeili I. 2003. Estimation of shelf-life of concentrated yogurt by monitoring selected microbiological and physicochemical changes during storage. *LWT - Food Science and Technology.* 36(4):407–414. doi:10.1016/S0023-6438(03)00018-5.
- André S, Vallaëys T, Planchon S. 2017. Spore-forming bacteria responsible for food spoilage. *Res Microbiol.* 168(4):379–387. eng. doi:10.1016/j.resmic.2016.10.003.
- Ankri S, Mirelman D. 1999. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection.* 1(2):125–129. doi:10.1016/S1286-4579(99)80003-3.
- [AOAC] (Association of Official Analytical Chemists), inventor. Official Method 981.12. pH of Acidified Foods.
- [AOCS] (American Oil Chemists's Society), inventor. Official Method Cd 18-90. p-anisidine value.
- Atanda SA, Pessu PO, Agoda S, Isong IU, Ikotun I. 2011. The concepts and problems of post-harvest food losses in perishable crops. 5(11):603–613. [https://academicjournals.org/article/article1380023070\\_Atanda%20et%20al.pdf](https://academicjournals.org/article/article1380023070_Atanda%20et%20al.pdf).
- Bae R, Lee S. 1990. Factors affecting browning and its control methods in chopped garlic. *Horticultural Science and Technology.* 213–218. <https://worldveg.tind.io/record/15492?ln=en>.
- Bansal K, Acharya SR, Saraswathi V. 2012. Effect of alcoholic and non-alcoholic beverages on color stability and surface roughness of resin composites: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 15(3):283–288. eng. doi:10.4103/0972-0707.97961.
- Benković M, Tušek A. 2018. Regression Models for Description of Roasted Ground Coffee Powder Color Change during Secondary Shelf-Life as Related to Storage Conditions and Packaging Material. *Beverages.* 4(1):16. doi:10.3390/beverages4010016.
- Calligaris S, Manzocco L, Anese M, Nicoli MC, editores. 2019. Accelerated shelf life testing. [sin lugar]: Academic Press. 359-392.

- Chanadang S, Chambers E. 2019. Sensory Shelf Life Estimation of Novel Fortified Blended Foods Under Accelerated and Real-Time Storage Conditions. *J Food Sci.* 84(9):2638–2645. eng. doi:10.1111/1750-3841.14758.
- Esfarjani F, Khoshtinat K, Zargaraan A, Mohammadi-Nasrabadi F, Salmani Y, Saghafi Z, Hosseini H, Bahmaei M. 2019. Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants. *Food Sci Nutr.* 7(7):2302–2311. eng. doi:10.1002/fsn3.1072.
- Fante L, Pelayo Zapata N. 2012. Enzyme inactivation kinetics and colour changes in Garlic (*Allium sativum* L.) blanched under different conditions. *Journal of Food Engineering.* 108(3):436–443. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.08.024.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1985. CXS 1-1985: norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado 2018]. [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B1-1985%252FCXS\\_001s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B1-1985%252FCXS_001s.pdf).
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2009. Higiene de los alimentos. [sin lugar]: [sin editorial]. 152 p. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/2e3e05aa-8bc9-5943-a1b2-d9ccd627ff2f/>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2016. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.fao.org/3/i5504s/i5504s.pdf>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2022. Food Additive Details: Sodium hydrogen sulfite (222). [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.fao.org/gsaonline/additives/details.html?id=222&print=true>.
- Fu B, Labuza TP. 1997. Shelf-Life Testing: Procedures and Prediction Methods. En: Erickson MC, Hung YC, editores. *Quality in Frozen Foods*. Boston, MA: Springer US. p. 377–415.
- Ganje M, Jafari SM, Dusti A, Dehnad D, Amanjani M, Ghanbari V. 2016. Modeling quality changes in tomato paste containing microencapsulated olive leaf extract by accelerated shelf life testing. *Food and Bioprocess Processing.* 97:12–19. doi:10.1016/j.fbp.2015.10.002.
- García-Fuentes A, Wirtz S, Vos E, Verhagen H. 2015. Short Review of Sulphites as Food Additives. *EJNFS.* 5(2):113–120. doi:10.9734/EJNFS/2015/11557.
- Giménez A, Ares F, Ares G. 2012. Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International.* 49(1):311–325. doi:10.1016/j.foodres.2012.07.008.
- González G, Pirovani ME, am Piagentini, Ulín Montejo F, Miranda Cruz E, Osorio Osorio R, Maldonado Enríquez M, Salinas Hernández RM. 2016. Cinética de cambios sensoriales y vida de anaquel de carambola mínimamente procesada. 39(4):393–402. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n4/0187-7380-rfm-39-04-00393.pdf>.
- Haouet M, Naceur, Tommasino M, Mercuri ML, Benedetti F, Di Bella S, Framboas M, Pelli S, Altissimi MS. 2018. Experimental accelerated shelf life determination of a ready-to-eat processed food. *Ital J Food Saf.* 7(4):6919. eng. doi:10.4081/ijfs.2018.6919.
- Hosseinalhashemi M, Tavakoli J, Rafati A, Ahmadi F. 2021. The application of Pistacia khinjuk extract nanoemulsion in a biopolymeric coating to improve the shelf life extension of sunflower oil. *Food Sci Nutr.* 9(2):920–928. eng. doi:10.1002/fsn3.2057.

- Kemp SE, Hollowood T, Hort J. 2009. *Sensory evaluation: A practical handbook*. Chichester: Wiley-Blackwell, a John Wiley & Sons, Ltd. publication. 196 p. ISBN: 9781405162104.
- Kilcast D. 2011. Sensory evaluation methods for food shelf life assessment. En: *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. [sin lugar]: Elsevier. p. 350–380.
- Kovac A. 2012. Determining the Characteristics of Sodium Benzoate (E211) Production Using Mathematical Method. *J. Appl. Sol. Chem. Model.* doi:10.6000/1929-5030.2012.01.01.4.
- Labuza TP, editor. 1982. *Determination of the Shelf Life of Foods [Shelf-Life Dating of Foods]*. Westport: Food and Nutrition Press. 387-420. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/ShelfLife1corto\\_8507.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/ShelfLife1corto_8507.pdf).
- Meléndez IY, Rodríguez Morachis MA, Rodríguez Medina MA, Zorrilla Briones F. 2021. Determinación de la vida útil de la tortilla de maíz adicionada con aceite esencial de tomillo a través de pruebas de vida acelerada. *RIDE*. 12(23). doi:10.23913/ride.v12i23.1017.
- Mercado Flores J, López Orozco M, Martínez Soto G, Abraham Juárez. 2016. Estimación de la vida de anaquel mediante pruebas aceleradas en fresa entera en bolsa de polietileno y pulpa de fresa congelada. 636–640. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/6/110.pdf>.
- [MINSa] Ministerio de Salud de Perú. 2003. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. [sin lugar]: [sin editorial]. 24 p. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Proy\\_RM615-2003.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf).
- Mizrahi S. 2011. Accelerated shelf life testing of foods. En: Kilcast D, Subramaniam P, editores. *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. [sin lugar]: Woodhead Publishing. p. 482–506.
- Nicoli MC, Calligaris S. 2018. Secondary Shelf Life: an Underestimated Issue. *Food Eng Rev*. 10(2):57–65. doi:10.1007/s12393-018-9173-2.
- Nicosia C, Fava P, Pulvirenti A, Antonelli A, Licciardello F. 2021. Domestic Use Simulation and Secondary Shelf Life Assessment of Industrial Pesto alla genovese. *Foods*. 10(8):1948. eng. doi:10.3390/foods10081948.
- Odeyemi OA, Alegbeleye OO, Strateva M, Stratev D. 2020. Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 19(2):311–331. eng. doi:10.1111/1541-4337.12526.
- Pike OA, O’Keefe S. 2017. Fat Characterization. En: Nielsen SS, editor. *Food Analysis*. Cham: Springer International Publishing. p. 407–429 (Food Science Text Series).
- Puma GG, Liñan Perez JF, Coavoy Sánchez I, Coronado Olano J, Salas Valerio WF, Vargas Delgado LF. 2018. Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *An. cient. U.N.A.* 79(1):218. doi:10.21704/ac.v79i1.1166.
- Reiter J, Hübbers AM, Albrecht F, Leichert LIO, Slusarenko AJ. 2020. Allicin, a natural antimicrobial defence substance from garlic, inhibits DNA gyrase activity in bacteria. *Int J Med Microbiol*. 310(1):151359. eng. doi:10.1016/j.ijmm.2019.151359.
- Rendón E, Pacheco Delahaye R, Ortega F. 2004. Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10. 21(1):68–83. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182004000100007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000100007).

- [RTCA] (Reglamento Técnico Centroamericano). 2008. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos: RTCA. [sin lugar]: [sin editorial]. 36 p.
- Sadler GD, Murphy PA. 2010. pH and Titratable Acidity. En: Nielsen SS, editor. Food Analysis. Boston, MA: Springer US. p. 219–238 (Food Science Texts Series).
- [SAGPyA] Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. 2005. Guía de Buenas Practicas para la elaboración de conservas vegetales. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado 2010]. 51 p. <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Conservas%20Vegetales/conservas/Guia/guiaBPMconservas.pdf>.
- Society of Sensory Professionals. [sin fecha]. Sensory Shelf Life Test. [sin lugar]: [sin editorial] ; [consultado el 6 de mar. de 2022]. <https://www.sensorysociety.org/knowledge/sspwiki/Pages/Sensory%20Shelf-Life%20Test.aspx>.
- Taoukis SP, Labuza TP, Saguy IS. 1997. Kinetics of Food Deterioration and Shelf-Life Prediction. En: Valentas KJ, Rotstein E, Singh RP, editores. Handbook of Food Engineering Practice. [sin lugar]: [sin editorial]. p. 366–408. <https://muhammadsabchi.files.wordpress.com/2010/04/handbook-of-food-engineering-practice.pdf>.
- Wang WM, Muhammad S, Nirmal K, Cash J. 1995. Effect of processing conditions on the physicochemical and sensory characteristics of stanley plum paste. J Food Processing Preservation. 19(1):65–81. doi:10.1111/j.1745-4549.1995.tb00278.x.
- Ye L, Harris E, Budge SM, Sullivan Ritter J. 2020. Flavors' Decreasing Contribution to p -Anisidine Value over Shelf Life May Invalidate the Current Recommended Protocol for Flavored Fish Oils. Journal of the American Oil Chemists' Society. 97(12):1335–1341. doi:10.1002/aocs.12435.
- Zaidiyah, Anwar SH, Ayun SQ, Nasution IS. 2019. Shelf life estimation of red dragon fruit jam using accelerated shelf life testing (ASLT) method. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 365(1):12029. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/365/1/012029>. doi:10.1088/1755-1315/365/1/012029.
- Zardetto S, Barbanti D. 2020. Shelf life assessment of fresh green pesto using an accelerated test approach. Food Packaging and Shelf Life. 25:100524. doi:10.1016/j.fpsl.2020.100524.

## Anexos

### Anexo A

#### Hoja de análisis sensorial

#### Evaluación sensorial de salsa de ajo Zamorano

Fecha: \_\_\_\_\_

**A continuación, se presentará 1 SET de salsa de ajo.**

Cada set contiene 3 muestras codificadas al azar, dos de estas son iguales, identifique la muestra diferente. Posteriormente, evalúe atributos de la muestra seleccionada como diferente (marcando una X), de acuerdo con lo descrito en el Cuadro 1. Al finalizar la evaluación del set, recuerde oler café. Repita esto para cada SET.

Cuadro 1. Descripción de satisfacción para cada calificación.

1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta
7	Me gusta extremadamente

#### SET 1

Códigos de cada muestra _____ _____ _____	Evaluación de muestra diferente	Calificación						
		Atributo	1	2	3	4	5	6
Muestra diferente _____	Apariencia							
	Consistencia							
	Aroma							
	Aceptación general							
Observaciones	_____ _____							

### Anexo B

*Promedio de calificaciones de aceptación de atributos sensoriales de aroma, apariencia y consistencia para salsa de ajo almacenada a 43 °C (a), 35 °C (b), 25 °C (c), durante 14 días.*

Temperatura de almacenamiento	Día	Aroma ± D.E.	Apariencia ± D.E.	Consistencia ± D.E.	Aceptación general ± D.E.
No aplica	0	6.50 ± 0.84	6.60 ± 0.70	6.40 ± 0.42	6.80 ± 0.73
	3	5.20 ± 1.20	5.10 ± 0.82	6.00 ± 0.63	5.80 ± 0.88
	6	4.10 ± 0.82	4.30 ± 1.17	5.40 ± 1.06	4.30 ± 1.76
43°C	9	3.30 ± 1.18	2.50 ± 1.26	4.43 ± 0.79	2.80 ± 1.88
	12	2.80 ± 1.08	2.50 ± 1.55	3.80 ± 1.06	2.70 ± 1.12
	3	4.60 ± 0.95	5.30 ± 0.95	5.40 ± 0.71	5.50 ± 1.20
35°C	7	3.70 ± 0.95	4.30 ± 1.33	5.30 ± 1.65	4.40 ± 1.59
	10	2.80 ± 1.08	2.50 ± 1.89	4.13 ± 1.29	2.90 ± 0.83
	13	2.60 ± 0.97	2.40 ± 1.42	3.70 ± 1.26	2.60 ± 1.41
25C	3	5.60 ± 0.94	6.00 ± 0.92	6.20 ± 0.57	6.10 ± 1.24
	7	4.00 ± 1.07	4.60 ± 0.92	4.80 ± 1.65	4.40 ± 1.54
	11	2.50 ± 1.23	2.80 ± 1.03	5.00 ± 1.29	4.10 ± 1.00
	14	2.30 ± 1.16	2.30 ± 1.33	3.20 ± 0.82	2.00 ± 1.42

*Nota.* D.E. Desviación estándar. Escala de aceptación de 1-7: 1=me disgusta levemente, 2=me disgusta; 3=me disgusta levemente, 4= no me gusta ni me disgusta, 5= me gusta levemente, 6= me gusta, 7= me gusta extremadamente.

### Anexo C

*Promedio de parámetros de color L, a\*, b\* para salsa de ajo almacenada a 43 °C (a), 35 °C*

*(b), 25 °C (c), durante 14 días.*

Temperatura	Día	L	±	D.E	a	±	D.E	b	±	D.E
No aplica	0	70.33	±	10.26	2.33	±	0.58	26.67	±	5.69
43°C	3	70.67	±	5.51	4.67	±	0.58	38.00	±	5.00
	6	73.67	±	4.16	7.00	±	1.00	48.00	±	2.00
	9	66.67	±	1.53	9.33	±	1.15	50.33	±	2.52
	12	66.00	±	3.00	15.33	±	1.15	56.00	±	2.65
35°C	3	72.33	±	3.51	3.67	±	0.58	36.67	±	3.79
	7	74.00	±	1.00	6.67	±	1.53	44.00	±	3.61
	10	69.33	±	5.69	7.67	±	0.58	47.00	±	1.00
	13	67.67	±	1.15	11.67	±	1.53	50.00	±	3.06
25C	3	74.33	±	3.21	5.00	±	0.00	41.00	±	2.00
	7	70.33	±	1.15	6.67	±	2.52	43.67	±	2.52
	11	67.00	±	4.36	8.00	±	1.00	43.67	±	6.66
	14	67.67	±	6.43	10.00	±	1.00	49.00	±	2.52

*Nota.* D.E. Desviación estándar. Espacio de color: L\* es luminosidad de negro a blanco, a\* va de rojo (+) a verde (-), b\* va de azul (-) a amarillo (+).

**Anexo D**

*Cambios en salsa de ajo almacenada a 43 °C (a), 35 °C (b), 25 °C (c), durante 14 días.*



Día 0



Día 3



Día 6



Día 9



Día 12

**(a)**

Día 3



Día 7



Día 10



Día 12

**(b)**

Día 3



Día 7



Día 11



Día 14

**(c)**

### Anexo E

*Porcentaje de acidez, pH, y aceptación general: promedios obtenidos para cada muestra durante los 14 días del experimento.*

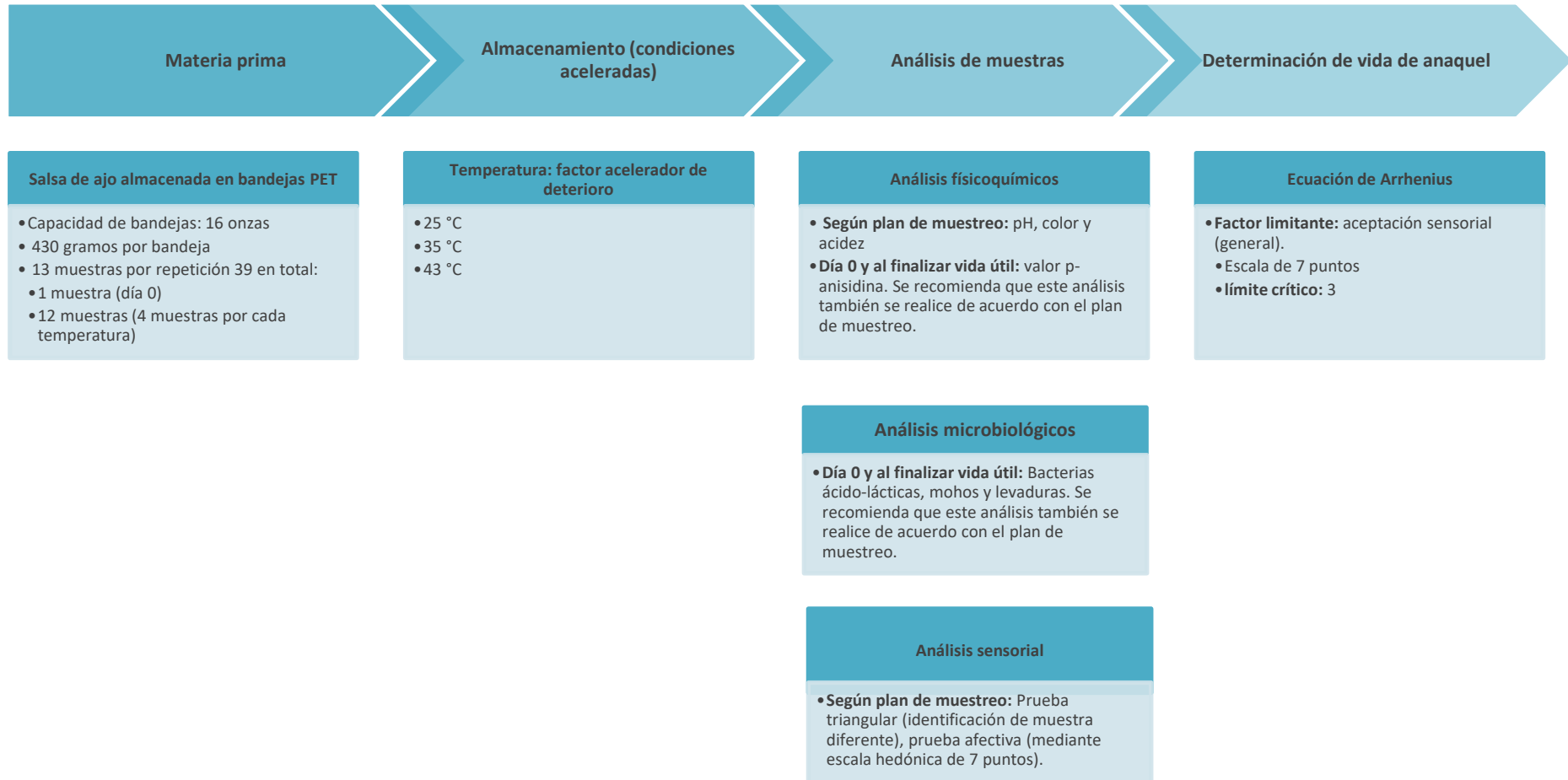
Temperatura	Día	pH ± D.E	% Acidez ± D.E	Aceptación general ± D.E
43, 25 y 35 °C	0	4.56 ± 0.03	1.66 ± 0.034	6.80 ± 0.73
43°C	3	4.47 ± 0.06	1.68 ± 0.046	5.80 ± 0.88
	6	4.33 ± 0.16	1.72 ± 0.049	4.30 ± 1.76
	9	4.17 ± 0.08	1.75 ± 0.055	2.80 ± 1.88
	12	4.15 ± 0.14	1.80 ± 0.061	2.70 ± 1.12
35°C	3	4.46 ± 0.11	1.67 ± 0.027	5.50 ± 1.20
	7	4.32 ± 0.08	1.71 ± 0.046	4.40 ± 1.59
	10	4.19 ± 0.11	1.75 ± 0.034	2.90 ± 0.83
	13	4.15 ± 0.15	1.79 ± 0.053	2.60 ± 1.41
25C	3	4.50 ± 0.06	1.68 ± 0.044	6.10 ± 1.24
	7	4.39 ± 0.08	1.70 ± 0.042	4.40 ± 1.54
	11	4.20 ± 0.11	1.74 ± 0.043	4.10 ± 1.00
	14	4.16 ± 0.12	1.76 ± 0.041	2.00 ± 1.42

*Nota.* D.E. Desviación estándar. % acidez =  $M_{eq}/100$  gramos ( $M_{eq} = 0.064$  gramos de ácido cítrico). Escala de aceptación de 1-7: 1=me disgusta

levemente, 2=me disgusta; 3=me disgusta levemente, 4= no me gusta ni me disgusta, 5= me gusta levemente, 6= me gusta, 7= me gusta extremadamente.

## Anexo F

*Esquema para la determinación de vida de anaquel de salsa de ajo Zamorano bajo condiciones aceleradas, realizado en este estudio.*



## Anexo G

### Consideraciones de presupuesto y análisis para la realización de un estudio de vida de anaquel primaria de salsa de ajo (para estudiantes)

Consideraciones de muestra (por lote)					
Descripción	Cantidad		Precio		Precio final
Salsa de ajo Zamorano (libras)	13	L	76.97	L	1,000.61
Bandejas PET (unidad)	13	L	3.25	L	42.25
<b>Total (muestra)</b>					L 1,042.86
<b>Justificación</b>	El envase por evaluar es una bandeja plástica de capacidad de 16 onzas, y para determinar la vida de anaquel del producto se debe evaluar el empaque listo para su comercialización (envase lleno).				
Consideraciones de análisis y almacenamiento (por lote)					
Descripción	Análisis/equipo	Cantidad*	Precio		Precio final
Almacenamiento	Cámara de ambiente controlado	13	L 144.98	L	1,884.74
Microbiológico	Hongos y levaduras		L 316.52	L	4,114.76
	Bacterias ácido-lácticas		L 107.60	L	1,398.80
Fisicoquímico	Análisis de color		L 59.39	L	772.07
	Acidez titulable		L 258.01	L	3,354.13
	pH		L 90.61	L	1,177.93
	Índice de peróxidos		L 602.91	L	7,837.83
<b>Total (almacenamiento y análisis)</b>					L 20,540.26
<b>Justificación</b>	Además de realizar análisis sensorial, se debería analizar la cinética de deterioro de otros factores fisicoquímicos y microbiológicos. Se recomienda que al realizar el estudio de vida de anaquel primaria también se analice el crecimiento microbiano e indicadores de rancidez (índice de peróxidos o p-anisidina) de acuerdo con el plan de muestreo				
Consideraciones de presupuesto total					
Descripción	Costos/lote	Lotes*			Precio final
Muestra	L 1,042.86	3	L		3,128.58
Análisis y almacenamiento	L 20,540.26		L		61,620.78
<b>Presupuesto final</b>					L 64,749.36

*Nota.* Cantidad. De acuerdo con el plan de muestreo se requiere 13 envases: 1 (día 0) + 12 (3 temperaturas se evalúan durante 4 días adicional al día 0). Lotes. Se recomienda evaluar al menor 3 lotes de salsa de ajo. Este presupuesto no incluye el costo de la evaluación sensorial (metodología, análisis de datos, informe). Tasa de cambio: US\$ = L. 24.25 (fecha:16/06/2022).

## Anexo H

### Consideraciones de presupuesto y análisis para la realización de un estudio de vida de anaquel primaria de salsa de ajo (para clientes externos)

Consideraciones de muestra (por lote)					
Descripción	Cantidad		Precio		Precio final
Salsa de ajo Zamorano (libras)	13	L	91.59	L	1,190.67
Bandejas PET (unidad)	13	L	5.45	L	70.85
<b>Total (muestra)</b>					L 1,261.52
<b>Justificación</b>	El envase por evaluar es una bandeja plástica de capacidad de 16 onzas, y para determinar la vida de anaquel del producto se debe evaluar el empaque listo para su comercialización (envase lleno).				
Consideraciones de análisis y almacenamiento (por lote)					
Descripción	Análisis/equipo	Cantidad*	Precio		Precio final
Almacenamiento	Cámara de ambiente controlado	14	L 188.06	L	2,632.84
Microbiológico	Hongos y levaduras	13	L 613.33	L	7,973.29
	Bacterias ácido-lácticas	13	L 1,406.61	L	18,285.93
Fisicoquímico	Análisis de color	13	L 161.81	L	2,103.53
	Acidez titulable	13	L 485.44	L	6,310.72
	pH	13	L 161.81	L	2,103.53
	Índice de peróxidos	13	L 1,128.68	L	14,672.84
<b>Total (almacenamiento y análisis)</b>					L 54,082.68
<b>Justificación</b>	Además de realizar análisis sensorial, se debería analizar la cinética de deterioro de otros factores fisicoquímicos y microbiológicos. Se recomienda que al realizar el estudio de vida de anaquel primaria también se analice el crecimiento microbiano e indicadores de rancidez (índice de peróxidos o p-anisidina) de acuerdo con el plan de muestreo				
Consideraciones de presupuesto total					
Descripción	Costos/lote	Lotes*			Precio final
Muestra	L 1,261.52	3	L		3,784.56
Análisis y almacenamiento	L 54,082.68		L		162,248.04
Presupuesto final			L		166,032.60
ISV (15%)			L		24,904.89
<b>Presupuesto total</b>			L		<b>190,937.49</b>

*Nota.* Cantidad. De acuerdo con el plan de muestreo se requiere 13 envases: 1 (día 0) + 12 (3 temperaturas se evalúan durante 4 días adicional al día 0). Lotes. Se recomienda evaluar al menor 3 lotes de salsa de ajo. Este presupuesto no incluye el costo de la evaluación sensorial (metodología, análisis de datos, informe). ISV: Impuesto sobre la venta (15%). Tasa de cambio: US\$ = L. 24.25 (fecha:16/06/2022).