



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE MAYONESA CON  
DIFERENTES TIPOS DE ANTIOXIDANTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE  
ENVEJECIMIENTO ACELERADO**

**Boris Iván Velásquez Fernández**

Asesorado por: Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, mayo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE MAYONESA CON  
DIFERENTES TIPOS DE ANTIOXIDANTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE  
ENVEJECIMIENTO ACELERADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA POR

**BORIS IVÁN VELÁSQUEZ FERNÁNDEZ**

ASESORADO POR: INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR:	Ing. José Eduardo Calderón García
EXAMINADOR:	Ing. Victor Manuel Monzón Valdez
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE MAYONESA CON DIFERENTES TIPOS DE ANTIOXIDANTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 20 de septiembre de 2005.



Boris Iván Velásquez Fernández

Guatemala 23 de Abril de 2007

Ing. Williams Álvarez  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimador Ing. Álvarez:

Por este medio me es grato saludarle y desearle toda clase de éxitos en sus labores cotidianas, el motivo de la presente es para informarle que el estudiante Boris Ivan Velásquez Fernández quien se identifica con Número de carnet 9712873 estudiante de esta escuela, al cual estoy asesorando en su trabajo de graduación sometió a mi revisión su informe final de tesis, titulado: "Evaluación de la Vida de Anaquel de Diferentes Formulaciones de Mayonesa Utilizando el Método de Almacenamiento Acelerado", dicho informe final cumple con los requisitos que demanda la escuela por lo cual doy por aprobado el mismo.

Sin otro particular me suscribo de Ud.

Atentamente,



Ing. Hilda Palma de Martini

Colegiada N<sup>o</sup> 453

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala 14 de mayo de 2007

Ingeniero  
Williams Álvarez  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Álvarez:

Por este medio me dirijo a su usted, para manifestarle que he revisado el trabajo de graduación titulado "EVALUACION DE LA VIDA DE ANAQUEL DE MAYONESA CON DIFERENTES ANTIOXIDANTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO" del estudiante Boris Ivan Velásquez Fernández, y cumple con lo necesario y apruebo el mismo.

Atentamente,



---

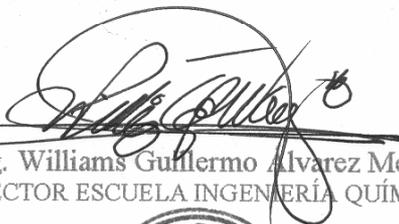
Ing. Químico M.Sc. Carlos Wong  
Colegiado 561

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación del estudiante Boris Iván Velásquez Fernández titulado: "EVALUACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE MAYONESA CON DIFERENTES TIPOS DE ANTIOXIDANTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.", procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, mayo de 2,007

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.168.07

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE MAYONESA CON DIFERENTES TIPOS DE ANTIOXIDANTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO**, presentado por el estudiante universitario **Boris Iván Velásquez Fernández**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, mayo de 2007

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios:** Por su amor y múltiples bendiciones.
- Mis padres:** Por su amor, esfuerzo, dedicación, apoyo incondicional y ejemplo de vida y lucha.
- Mis Hermanos:** Por su amistad, amor y apoyo en el desarrollo de mi vida.
- Mis tíos, tías y primos:** Por su afecto y ejemplo de superación.
- Casa Sobre la Roca:** Por sus oraciones, ayuda y enseñanzas.
- Mis amigos:** Por su amistad y ayuda.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**El Ing. Cesar García e Inga. Thelma Cano**

Por su invaluable apoyo y ayuda a lo largo de la realización de este trabajo de graduación.

**La Inga. Flory Bonilla e Ing. Daniel Ramírez**

Por su valiosa colaboración.

**La Inga. Hilda Palma e Ing. Victor de León**

Por su ayuda y asesoría.

**La Licda. Rocío de Barrutia, Lic. Víctor Hugo Jiménez, Licda. Julieta Salazar de Ariza y Lic. Manuel Mendoza.**

Por su ayuda en la fase experimental.

**Mis padres Luis Velásquez e Isabel Fernández**

Por su constante estímulo y paciencia en medio de las adversidades. ¡lo logramos!

**Saraí Beltrán, Edgar Beltrán y Louis Kulhahay**

Gracias por su ayuda a lo largo de mi vida, este logro también les pertenece.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>OBJETIVOS</b> .....	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XV
<b>1 MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1.1 Mayonesa.....	1
1.1.1 Definición.....	1
1.1.2 Requisitos esenciales de composición y calidad.....	1
1.2 Los alimentos y su vida de anaquel.....	2
1.2.1 Principales formas de deterioro de los alimentos.....	2
1.2.2 Cambios físicos.....	2
1.2.3 Cambios químicos.....	3
1.2.4 Cambios microbiológicos.....	4
1.3 Evaluación de la calidad o vida de anaquel de los alimentos...	5
1.3.1 Cinética y vida de anaquel.....	6
1.3.2 Pérdida de vida de anaquel a velocidad constante.....	7
1.3.3 Pérdida de vida de anaquel a velocidad variable.....	10
1.3.4 Dependencia de la vida de anaquel con la temperatura....	12
1.3.5 Evaluación de la vida de anaquel acelerada (ASLT).....	14
1.4 Rancidez en mayonesas.....	16
1.4.1 Degradación de la grasa en la elaboración de mayonesas	16
1.4.2 Rancidez hidrolítica.....	17
1.4.3 Rancidez oxidativa.....	17
1.4.4 Mecanismos de oxidación.....	18

1.4.5 Control de la oxidación.....	20
1.5 Antioxidantes.....	20
1.5.1 Antioxidantes sintéticos o primarios.....	21
1.5.2 Antioxidantes secundarios o sinergistas.....	24
1.5.3 Antioxidantes naturales.....	25
<b>2 METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
2.1 Recursos humanos.....	27
2.2 Características del producto elaborado.....	27
2.3 Condiciones para la adición de los antioxidantes a la mayonesa	28
2.3.1 Adición del Butilhidroxitolueno BHT.....	28
2.3.2 Adición del alfa tocoferol.....	28
2.4 Equipo.....	29
2.5 Reactivos.....	29
2.6 Metodología experimental.....	30
2.6.1 Condiciones experimentales de la mayonesa.....	30
2.6.1.1 Ensayo a 5°C.....	30
2.6.1.2 Ensayo a temperatura ambiente.....	30
2.6.1.3 Ensayo acelerado a 35°C.....	30
2.6.2 Toma de muestras.....	31
2.6.2.1 Almacenamiento a temperatura ambiente 25°C.....	31
2.6.2.2 Almacenamiento a 5 °C y 35 °C .....	31
2.7 Procedimiento.....	32
2.8 Métodos analíticos.....	33
2.8.1 Determinación del índice de peróxidos.....	33
2.8.2 Determinación del índice de acidez.....	34
<b>3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>55</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>61</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Curva de velocidad con un orden cinético de cero	9
2	Curvas Cinéticas de deterioro	11
3	Galato de propilo	22
4	Butilhidroxianisol	23
5	Butilhidroxitolueno	23
6	Tertbutilhidroquinona 24	
7	Programación de los tiempos de muestreo para las condiciones de almacenamiento a temperaturas 5°C, 25°C y 35°C, para las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol	32
8	Reacciones involucradas en la determinación yodométrica de los peróxidos	33
9	Reacciones involucradas en el índice de acidez	34

10	Evolución en el contenido promedio de peróxidos en las mayonesas almacenadas a 5°C	35
11	Evolución en el contenido promedio de peróxidos en las mayonesas almacenadas a temperatura ambiente	36
12	Evolución en el contenido promedio de peróxidos en las mayonesas almacenadas a 35°C	37
13	Comportamiento del contenido promedio de índice de acidez en las mayonesas almacenadas a 5°C	39
14	Comportamiento del contenido promedio de índice de acidez, en las mayonesas almacenadas a temperatura ambiente	40
15	Comportamiento del contenido promedio de índice de acidez, en las mayonesas almacenadas a 35°C	41
16	Correlación índice de peróxido frente a tiempo, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a 5°C	42
17	Correlación índice de peróxido frente a tiempo, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a temperatura ambiente	42
18	Correlación índice de peróxido frente a tiempo, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a 35°C	43

19	Vida de anaquel de las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol	44
20	Correlación índice de peróxido frente a tiempo, para las mayonesas elaboradas con BHT a 5°C	45
21	Correlación índice de peróxido frente a tiempo, para las mayonesas elaboradas con BHT a temperatura ambiente	45
22	Correlación índice de peróxido frente a tiempo, para las mayonesas elaboradas con BHT a 35°C	46
23	Vida de anaquel de las mayonesas elaboradas con BHT	47
24	Diagrama de flujo para el proceso de extracción de la materia grasa	61
25	Diagrama de flujo para el método índice de peróxidos	62
26	Diagrama de flujo para el método índice de acidez	63

## TABLAS

I	Características básicas del producto mayonesa	1
II	Resultados para obtener vida de anaquel de las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol	44
III	Resultados para obtener vida de anaquel de las mayonesas elaboradas con BHT	47
IV	Datos originales de los índices de peróxido promedio en meq O <sub>2</sub> /Kg, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a 5 °C, temperatura ambiente y 35 °C	57
V	Datos originales de los índices de peróxido promedio en meq O <sub>2</sub> /Kg, para las mayonesas elaboradas con BHT a 5 °C, temperatura ambiente y 35 °C	57
VI	Datos originales de los índices de acidez promedio en ml NaOH/g, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a 5 °C, temperatura ambiente y 35 °C	58
VII	Datos originales de los índices de acidez promedio en ml NaOH/g, para las mayonesas elaboradas con BHT a 5 °C, temperatura ambiente, 35 °C	58
VIII	Prueba de t suponiendo varianzas iguales para los índices de peróxido promedio de las mayonesas almacenadas a 5 °C	59

IX	Prueba de t suponiendo varianzas iguales para los índices de peróxido promedio de las mayonesas almacenadas a temperatura ambiente	59
X	Prueba de t suponiendo varianzas iguales para los índices de peróxido promedio de las mayonesas almacenadas a 35 °C	60



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación se realizó con el objetivo primordial de evaluar el rendimiento de la vida de anaquel de dos distintas formulaciones de mayonesa, en las que el antioxidante es la única fuente de variación en la formulación, entiéndase por BHT y alfa Tocoferol.

Para ello, las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol fueron sometidas a un proceso de envejecimiento acelerado, es decir que, los procesos de degradación de la mayonesa se aceleran favoreciendo determinadas condiciones, el que consistió en guardar las mayonesas a 5°C, temperatura ambiente y 35°C durante 90 días, y durante este período de tiempo se analizó cada 15 días el índice de peróxidos y el índice de acidez, estos análisis fisicoquímicos son útiles para medir la rancidez oxidativa e hidrolítica.

La rancidez oxidativa es indicativo de la oxidación que sufren las grasas, la cual genera sabores y olores desagradables, la rancidez hidrolítica es producto de la hidrólisis de las grasas la que genera un sabor jabonoso.

Con los resultados obtenidos experimentalmente, se determinó que no hubo rancidez hidrolítica o hidrólisis de los triglicéridos, porque el índice de acidez se mantuvo casi constante durante todo el período de almacenamiento, por el contrario, la rancidez oxidativa u oxidación de las grasas se marcó en todas las condiciones de almacenamiento.

Asimismo, se estimó que el orden de la reacción para la oxidación de las grasas es cero para ambas formulaciones de mayonesa, además que la vida de anaquel es indirectamente proporcional a la temperatura; respecto al rendimiento de la capacidad antioxidante, el alfa tocoferol es menos efectivo que el BHT, cabe mencionar que de los tocoferoles el delta tocoferol es el que posee mayor capacidad antioxidante.

# **OBJETIVOS**

## **General**

Evaluación de la vida de anaquel de la mayonesa e investigación de los factores que más inciden en su descomposición.

## **Específicos**

1. Evaluar el efecto de los antioxidantes sintéticos y naturales.
2. Determinar un modelo cinético para la pérdida del atributo calidad.
3. Plantear lineamientos para implementar este método en éste u otros productos.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria de alimentos constituye una de las industrias de más alto crecimiento en Guatemala.

Este sector necesita cada día más herramientas para competir y mejorar sus productos, y una de sus necesidades, y primordialmente, es el de prolongar la vida de anaquel para así mejorar la comercialización, satisfacer la demanda, mejorar la disponibilidad de alimentos de calidad en todo tiempo y reducir los reclamos de los consumidores.

Con el fin de ayudar a satisfacer algunas de estas necesidades, se presenta el siguiente proyecto de investigación, que tiene como objetivo principal, evaluar el rendimiento de la vida de anaquel de distintas formulaciones de mayonesa utilizando un método de envejecimiento acelerado.

Se formularán las dos mayonesas y se monitorearán por 90 días a tres diferentes temperaturas, el monitoreo consistirá en análisis periódicos de índice de peróxidos y acidez.

Los datos recogidos del laboratorio se procesarán para su posterior interpretación y establecimiento del potencial de cada antioxidante.

# 1 MARCO TEÓRICO

## 1.1 Mayonesa

### 1.1.1 Definición

La mayonesa es un condimento en forma de salsa obtenido por emulsificación de aceite vegetal comestible en una fase acuosa consistente en vinagre mientras que el emulsificante es la yema de huevo.

### 1.1.2 Requisitos Esenciales de composición y calidad

Todos los ingredientes deberán ser de buena calidad y aptos para el consumo humano. El agua a utilizar deberá ser potable.

Tabla I. **Características básicas del producto mayonesa.**

Grasa, porcentaje en masa, mínimo.	78. 5
Yema de huevo, porcentaje en masa , mínimo	6
Colesterol, miligramos por 100gramos de producto, mínimo	75. 0
Acidez, porcentaje en masa, expresada como ácido acético, mínimo: Con respecto al producto total	0.6
Con respecto a la humedad total (parte acuosa)	2.0
pH máximo	0 4.0
Índice de peróxido, en milequivalentes de oxígeno peróxido por kilogramo de producto, máximo	5.0

Fuente: Norma Coguanor NGO 34 142.

## **1.2 Los alimentos y su vida de anaquel**

Los alimentos son perecederos por naturaleza. Numerosos cambios toman lugar durante su procesamiento y almacenaje. Es bien conocido que las condiciones usadas para procesar y almacenar alimentos pueden influenciar adversamente los atributos de calidad. Al sobrepasar el período de almacenaje, uno o más atributos de calidad pueden alcanzar un estado de inacceptabilidad. En ese momento el alimento es considerado inadecuado para el consumo y se dice que ha alcanzado el fin de su vida de anaquel. (Referencia 10).

### **1.2.1 Principales formas del deterioro de los alimentos**

Durante el almacenaje y distribución, los alimentos son expuestos a una variedad de condiciones ambientales; factores ambientales y no ambientales como temperatura, humedad, oxígeno, sistemas de procesamiento, calidad de materias primas, tipo del empaque y luz pueden provocar muchas reacciones que conducen a la degradación del alimento, como consecuencia de estas reacciones, los alimentos son alterados a tal grado que ellos son rechazados por el consumidor o son dañinos para la salud. Es necesario entender bien las diferentes reacciones que causan el deterioro de los alimentos, los cambios físicos, químicos y microbiológicos que conducen al deterioro de los alimentos.

### **1.2.2 Cambios físicos**

Los cambios físicos son causados por el mal manejo de los alimentos durante la cosecha, proceso, almacenado y distribución, estos cambios conducen a una reducción de la vida de anaquel.

### **1.2.3 Cambios químicos**

Durante el proceso y almacenaje de los alimentos ocurren varias reacciones químicas que son afectadas por factores internos que involucran a los constituyentes y externos como el ambiente. Estas reacciones causan el deterioro del alimento y reducen la vida de anaquel. Las más importantes reacciones químicas son la actividad enzimática, reacciones de oxidación, oxidación de lípidos que alteran las grasas que contiene el producto y encafecimiento no enzimático que causa un cambio de apariencia.

A una temperatura favorable, como la existente dentro de una habitación, muchas reacciones enzimáticas se aceleran, alterando los atributos de calidad de los alimentos. Otros factores ambientales como el oxígeno, agua y pH inducen cambios nocivos que son catalizados por enzimas. La presencia de ácidos grasos insaturados en los alimentos es la razón principal de la rancidez durante el almacenado y esta se prolongará, tanto como oxígeno tenga disponible. Mientras se desarrollan sabores indeseables es marcadamente notable la rancidez del alimento, durante este proceso auto catalítico se generan radicales libres que ocasionan muchas otras reacciones indeseables como pérdida de vitaminas, alteración del color y degradación de proteínas. La velocidad de oxidación de los lípidos es influenciada por muchos factores, pero principalmente por la variable temperatura. El contacto directo del oxígeno con los alimentos acelera la oxidación. El agua juega un papel muy importante; la oxidación de los lípidos ocurre con grandes proporciones de agua. Para la determinación de la vida de anaquel de los alimentos que contengan lípidos es indispensable conocer bien los mecanismos de reacción y la velocidad de reacción. Además de la oxidación de los lípidos, hay otras reacciones químicas que son inducidas por la luz como la pérdida de vitaminas y el encafecimiento de las carnes.

#### **1.2.4 Cambios microbiológicos**

Para la determinación de la influencia de los microorganismos en la vida de anaquel, la velocidad de crecimiento de los microorganismos es función de varios factores que deben ser bien conocidos. Los microbios tienen la capacidad de multiplicarse rápidamente, cuando las condiciones presentes lo permiten.

El crecimiento microbiano en los alimentos genera el desarrollo de características sensoriales indeseables y alimentos de pobre calidad sanitaria. Lo dañino para la salud de ciertos microorganismos es la mayor preocupación en el proceso y manejo de los alimentos. Debido a su ingestión, microorganismos como Salmonella y ciertas cepas de Escherichia Coli son causantes de infecciones intestinales, otras como Clostridium Botulinum y Estafilococos Aureus producen sustancias nocivas para el ser humano. La presencia de mohos y su crecimiento puede resultar en cambios de apariencia y sabor indeseables. Bajo condiciones favorables las esporas de algunos mohos son capaces de producir sustancias tóxicas.

Para contrarrestar todo esto son necesarias varias acciones durante el proceso y almacenaje de alimentos y estas buscan reducir y prevenir el desarrollo de microorganismos y entre ellas tenemos controlar la temperatura ambiente, ya sea reduciendo la temperatura para reducir el crecimiento o elevar la temperatura para destruir los microorganismos, reducir el agua disponible para evitar el crecimiento microbiano, controlar los gases del ambiente dentro del empaque del alimento ya sea reduciendo el oxígeno o sustituyendo por bióxido de carbono y acidificar para reducir o detener el desarrollo de microorganismos. (Referencia 10 y 1)

### **1.3 Evaluación de la calidad o vida de anaquel de los alimentos**

Una práctica común para evaluar la vida de anaquel de un producto dado es determinar el cambio de calidad de una o varias características (Sabor, textura, apariencia, color, rancidez, agrio, funcionalidad, etc.) en un período de tiempo. Uno puede asumir que la calidad de un alimento es una medida específica de su deterioro. No obstante esto reconoce que el termino calidad abarca muchos atributos o características de calidad, el punto de vista de calidad de un consumidor puede estar sujeto a la presencia o ausencia de una característica que determinará si el producto tiene o no calidad.

Por lo tanto un producto es de calidad entre mayor cantidad tenga de la característica deseable. Además de esto, es necesario conocer las condiciones ambientales reales a las que los distintos tipos de producto son expuestas durante el proceso, la distribución y el manejo. Existe gran evidencia que la temperatura juega un papel muy importante en el cambio de calidad de los alimentos durante su almacenaje. Altas temperaturas de almacenaje conducen a incrementar el deterioro de la calidad.

Existen muchos ensayos que utilizan técnicas y modelos matemáticos que describen los cambios de calidad debido a la temperatura de almacenamiento. Hicks (1944) creo un modelo para el cambio de calidad de los alimentos asumiendo una relación exponencial entre la tasa de cambio de calidad y la temperatura.

Puede definirse el siguiente procedimiento para diseñar una evaluación de la vida de anaquel.

1. Determinar el parámetro de calidad para el producto en cuestión.
2. Determinar las reacciones químicas y/o formas de deterioro principales.
3. Definir el empaque a utilizar.
4. Seleccionar las condiciones de almacenaje (mínima 2 más un control).
5. Decidir qué pruebas se realizarán y su frecuencia (mínimo 6 puntos.)
6. Programar y preparar el experimento (número de muestras necesarias, identificación, itinerario, duración de la prueba, etc.)
7. Monitorear el comportamiento del producto, hasta que el estado de inaceptabilidad sea alcanzado, así como graficar los datos obtenidos (parámetro de calidad y Tiempo) para determinar el orden de la reacción y decidir si la frecuencia de las pruebas debe alterarse antes que termine el experimento.
8. Elaborar un informe final.

(Referencia 10, 7 y 1)

### 1.3.1 Cinética y vida de anaquel

La pérdida de calidad de la mayor parte de alimentos puede ser representada por la ecuación matemática siguiente:

$$\text{Velocidad} = - dA/d\theta = kA^n \quad (1)$$

Donde:

A = Es el factor de calidad medido

$\theta$  = tiempo

k= Una constante de velocidad que depende de la temperatura y la actividad del agua

- $n =$  Es un factor denominado orden de la reacción, que define la velocidad de pérdida del factor calidad.
- $dA/d\theta =$  La velocidad de cambio de A en el tiempo, el signo negativo es usado si el deterioro es pérdida de A y positivo si es producción.

Usualmente, los resultados de vida de anaquel estudiados no son obtenidos como una velocidad mas bien como la cantidad de A perdido o producido como función del tiempo. (Referencia 9 y 1).

### 1.3.2 Pérdida de vida de anaquel a velocidad constante

Basados en la ecuación (1) mucha de la literatura asume un valor de cero para  $n$ . Esta suposición, denominada orden cero de la reacción, implica que la velocidad de perdida del factor calidad en el tiempo es constante, como lo define la ecuación (2) para algunas constantes de temperatura.

$$\text{Velocidad de pérdida} = dA/d\theta = k \quad (2)$$

Matemáticamente, si la ecuación (2) fuera integrada, la cantidad de factor calidad perdida en el tiempo como función de la temperatura llegaría a ser la ecuación (3).

$$\text{Cantidad perdida de A} = \text{Cantidad inicial de A} - k\theta \quad (3)$$

En términos de la vida de anaquel, esta ser transforma en (4)

$$\theta_s = (A_o - A_f) / k \quad (4)$$

Donde:

$A_0$  = valor inicial del factor calidad

$A_f$  = valor al fin de la vida de anaquel

$\theta_s$  = vida de anaquel en días, meses, años, etc.

En muchos casos, el factor inicial de calidad no es cuantificable, sino por el contrario los valores fueron obtenidos de un grupo de panelistas. En este caso  $A_0$  se asume que es 100 y  $A_f$  es cuando la calidad es inaceptable. De este modo la velocidad de deterioro convierte la constante de velocidad en la siguiente relación.

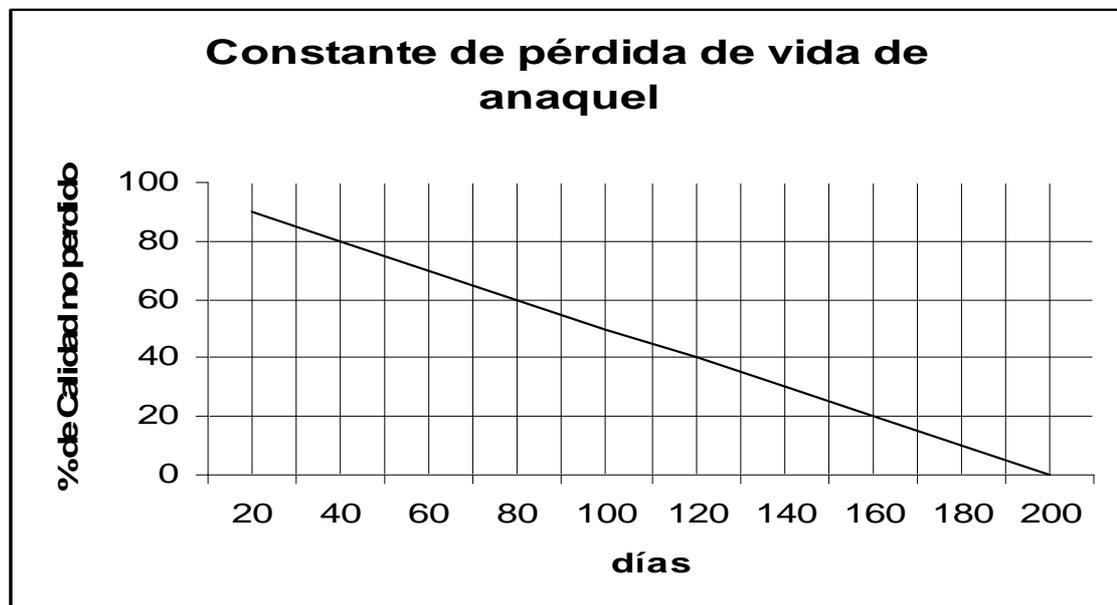
Velocidad de pérdida del factor calidad.	$=K = 100\% \text{calidad} / \theta_s$	=Porcentaje diario perdido del factor calidad.
---	--	--

El mayor problema al evaluar la vida de anaquel es verificar que efectivamente  $n$  es 0 para que la ecuación (4) pueda ser utilizada. Esto no es fácil de llevar a cabo, aunque algunas formas de deterioro se ajustan al orden cinético de cero. Entre estas están:

- Degradación enzimática de frutas y vegetales, de alimentos congelados o refrigerados.
- Oscurecimiento no enzimático de cereales secos, productos secos y pérdida de proteínas y valor nutricional
- Oxidación de lípidos (desarrollo de rancidez en alimentos con grasas)

Basados en este conocimiento, es posible predecir la vida de anaquel de un producto a una determinada temperatura si la cantidad de pérdida del factor calidad a varios tiempos es conocida. Una gráfica de este tipo tiene una forma como la siguiente, en donde la pendiente es  $k$ .

Figura 1. Curva de velocidad con un orden cinético de cero.



Fuente: Carlos Anzueto, Revista Industria y alimentos, pág. 21

El principal problema en crear esta grafica es determinar los criterios de que debemos medir para cada situación o producto. Que es  $A$  y cuanto de  $A$  debe perderse para dar por terminada la vida de anaquel de  $A$  tal como lo capta el consumidor. Desde el punto de vista del consumidor, puede considerarse que muchos productos se tornan inaceptables después de perder sólo un 20% a 30% de su calidad inicial. (Referencia 9 y 1).

### 1.3.3 Pérdida de vida de anaquel a velocidad variable

La calidad en muchos casos no sigue un modelo como el descrito anteriormente. De hecho los valores de  $n$  pueden variar desde números fraccionarios hasta 2. De hecho muchos alimentos no se deterioran a una velocidad constante y siguen un modelo de  $n = 1$ , con resultado de un decaimiento exponencial en la velocidad de la pérdida del factor calidad.

Esto no necesariamente significa que la vida de anaquel del alimento sigue este esquema. Matemáticamente la velocidad es:

$$\text{Velocidad de pérdida del factor calidad} = - dA/d\theta = kA \quad (5)$$

Integrando la ecuación (5) obtenemos una función logarítmica como la siguiente:

$$\ln A - \ln A_0 = k\theta \quad (6)$$

Donde:

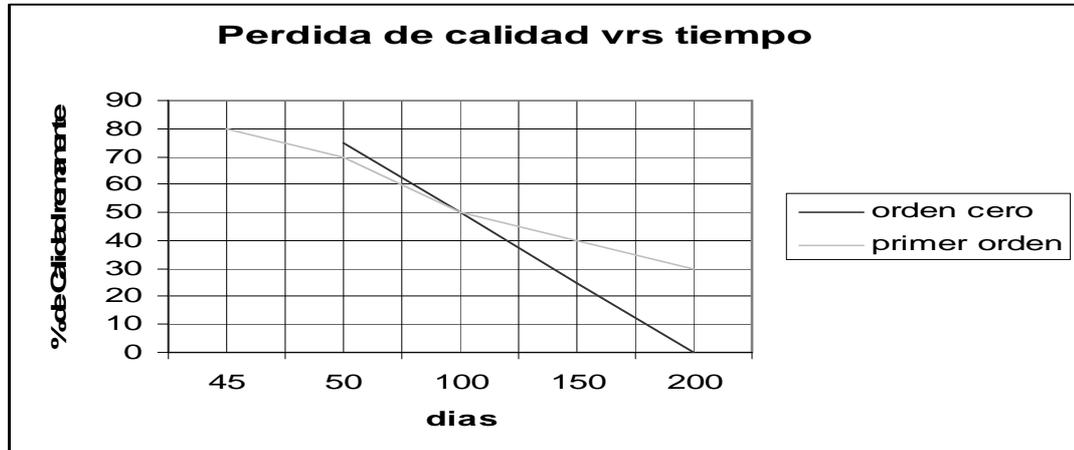
$A$  = cantidad de calidad remanente al tiempo  $\theta$ .

$A_0$  = Cantidad inicial del factor calidad.

$k$  = la constante de velocidad.

Una representación gráfica de esta cantidad de la calidad remanente como función del tiempo no sigue un comportamiento lineal. Ver la siguiente figura:

Figura 2. Curvas cinéticas de deterioro.



Fuente: Carlos Anzueto, Revista Industria y alimentos, pág. 21

Los tipos de deterioro que siguen este comportamiento logarítmico son:

- Rancidez (en algunos casos como en el aceite de ensaladas o aceites vegetales).
- Crecimiento microbiano (carne fresca y carne de pollo).
- Sabor desabrido o limo por acción microbiana.
- Pérdida de Vitaminas y proteínas.

La diferencia principal entre las reacciones de cero y primer orden, en términos de vida de anaquel, consiste en que, para las primeras, el porcentaje de pérdida de vida de anaquel por día es constante a una temperatura constante; mientras que en el caso de las reacciones de primer orden ocurre un decrecimiento exponencial en la pérdida del factor calidad. (Referencia 9 y 1)

#### **1.3.4 Dependencia de la vida de anaquel con la temperatura**

Los análisis anteriores de pérdida de calidad fueron derivados para condiciones de temperatura constante. La dependencia de la velocidad de pérdida de la calidad con la temperatura es a una velocidad constante  $k$ . Teóricamente obedece la relación de Arrhenius donde la constante de velocidad de pérdida de la calidad está exponencialmente relacionada con el inverso de la temperatura absoluta. Un trazo de la constante de velocidad de pérdida de la calidad en papel semi-logarítmico versus el inverso absoluto de la temperatura da una línea recta.

Una pendiente muy pronunciada de la línea significa que la velocidad de pérdida de calidad es muy influenciada por la temperatura, por lo que a mayor temperatura esta se acelerará. Es posible que el alimento se deteriore por dos mecanismos diferentes, a los que la temperatura los afecta de forma distinta.

Por ejemplo los bocadillos se pueden ranciar y oscurecerse. La influencia de la temperatura en la velocidad para cada uno de estos mecanismos es muy diferente. Lo que significa que el mecanismo de deterioro puede cambiar por influencia de la temperatura. Esto puede ser un problema para determinar la vida de anaquel. La mayoría de datos para las formas de deterioro reportadas en la literatura no son constantes de velocidad pero en cambio son datos de la vida de anaquel a una temperatura dada.

Matemáticamente, si solo usamos un pequeño rango de temperatura, los datos darán justamente una línea recta. Si la vida de anaquel es trazada en papel semi-logarítmico versus la temperatura, obtendremos una línea recta con pendiente negativa.

Bajo estas condiciones obtenemos una ecuación de la siguiente forma:

$$t_s = t_0 \text{EXP}(-bT) \quad (7)$$

Donde:

$t_0$  = es la vida de anaquel al tiempo cero.

$t_s$  = es la vida de anaquel a cualquier temperatura T.

$b = \ln Q_{10}/10$  es la pendiente en la ecuación (6).

$Q_{10}$  es una medida de la sensibilidad de la reacción a un cambio de temperatura de 10 grados Celsius. Obteniendo el cociente de la vida de anaquel a dos temperaturas distanciadas diez grados, puede encontrarse el factor  $Q_{10}$  de la reacción:

$$Q_{10} = \frac{\text{velocidad de pérdida de calidad a temperatura } (T+10^{\circ}\text{C})}{\text{Velocidad de pérdida de calidad a temperatura } (T^{\circ}\text{C})}$$

También puede obtener el  $Q_{10}$  con los datos de vida de anaquel

$$Q_{10} = \frac{\text{vida de anaquel a la temperatura } (T^{\circ}\text{C})}{\text{Vida de anaquel a la temperatura } (T+10^{\circ}\text{C})}$$

Para hacer este tipo de gráficas es necesario 1) algunas medidas de pérdida de calidad, 2) un valor o punto final que signifique cuando el producto es rechazado por el cliente, 3) datos del tiempo necesario para alcanzar el punto final, 4) experimentar por lo menos a dos temperaturas para que la línea pueda ser elaborada. El uso de más temperaturas mejora la exactitud del resultado. (Referencia 9 y 1)

### **1.3.5 Evaluación acelerada de la vida de anaquel (ASLT)**

Para algunos alimentos determinar su vida de anaquel es asunto de días o semanas, pero otros tienen un período de almacenamiento de meses o años, si sumamos el tiempo de investigación y luego lo que demoraría conocer la vida de anaquel, necesitaríamos muchos años o décadas para poder lanzar un producto nuevo o mejorado al mercado. Actualmente las industrias requieren ciclos de desarrollo mucho más agresivos y la capacidad de ejecutar evaluaciones de la vida de anaquel en tiempos breves es necesaria.

Esta metodología es la más empleada en el diseño e interpretación de resultados. Se basa en almacenar el producto terminado y evaluarlo bajo una serie de condiciones de abuso que previamente se han investigado que son la principal causa de deterioro del producto. La interpretación de los resultados para su interpolación debe hacerse con mucha precaución.

Cuando se utilizan técnicas aceleradas para evaluar los productos en tiempos más breves, es una regla general que mientras más rápidamente se induce la degradación o más severa es la condición de abuso, la vida de anaquel estimada será menos confiable. Además no existe ventaja alguna en desestabilizar un producto que se mantiene perfectamente estable durante su almacenamiento normal.

Elevar la temperatura de almacenaje acelerará los procesos de deterioro del producto y esta es la base del método acelerado. El almacenamiento a 30°C ó 33°C puede duplicar la velocidad de las reacciones de cambio de sabor. El almacenaje de 35°C a 40°C puede cuadruplicar la reacción de separación en emulsiones y de disolución de metales en latas sin revestimiento interno.

Los productos que se mantienen estables durante su almacenamiento probablemente serán estables durante un tiempo prolongado a temperatura ambiente. La temperatura puede incrementarse pero respetando ciertos límites, los rangos típicos son:

Producto congelados	-18°C y HR del 100%.
Productos refrigerados	0°C a +8°C y HR muy alta.
Productos no refrigerados	25°C y HR de 75%.
Productos no refrigerados en climas tropicales	30°C -37°C y HR de 95%.

La cantidad necesaria para la prueba depende del número de análisis, la frecuencia y el número de condiciones utilizadas, siempre hay que incrementar esta cantidad para tener producto para análisis adicionales en caso de presentarse resultados inexplicables. Todas las muestras de producto deben elaborarse bajo las mismas condiciones para evitar posibles diferencias tales como: variables de proceso y pérdida de ingredientes.

Las pruebas realizadas dependerán de las características que definen al producto al final de su vida de anaquel. La frecuencia de los análisis depende de la severidad de las condiciones aceleradas, aunque una frecuencia del 20% de la vida de anaquel, proveerá al menos seis diferentes etapas de deterioro del producto desde fresco hasta el fin de vida de anaquel pero para condiciones muy severas requieren intervalos de análisis más cortos, para obtener puntos de referencia significativos y determinar el punto final real.

Las pruebas deben incluir un análisis químico, físico y sensorial. La prueba sensorial debe proporcionar una diferencia significativa entre el producto que experimenta la prueba y el control fresco. Las pruebas físicas y químicas deben cuantificar la calidad deteriorada.

Estas pruebas pueden ser el índice de peróxidos o el número de ácidos grasos libres para la rancidez. Una correlación de datos de las evaluaciones físicas, químicas y sensoriales es muy importante. Luego los datos ente las condiciones aceleradas y tiempo real deben ser analizados y determinar su relación.

Una evaluación acelerada de vida de anaquel tiene sus limitaciones, las condiciones extremas usadas para acelerar la degeneración puede crear efectos que bajo condiciones normales nunca sucedan, como la desnaturalización de proteínas a altas temperaturas, un incremento en la actividad del agua a alta temperatura afecta la velocidad de reacción, la concentración de reactantes en solución durante la congelación cambian las velocidades de reacción o producen precipitación, el crecimiento de determinada flora microbiana que normalmente no crece a la temperatura normal de almacenaje. (Referencia 10, 1 y 7).

## **1.4 Rancidez en mayonesas**

Las mayonesas son una emulsión de aceite, vinagre, y yema de huevo que actúa como emulsificante, la razón por la cual se produce la rancidez en estos productos es debido a la degradación del aceite. (Referencia 2).

### **1.4.1 Degradación de la grasa utilizada en la elaboración de mayonesa**

La utilización de materia grasa con fines alimenticios lleva consigo el riesgo potencial de ranciarse, debido a la sensibilidad de los materiales grasos para desarrollar un proceso conocido como rancidez oxidativa.

La rancidez oxidativa es la principal causa de la pérdida de calidad durante el almacenamiento y es catalizada por la luz, calor, iones metálicos pesados y el oxígeno. El alto porcentaje de insaturación genera una mayor sensibilidad a la rancidez oxidativa. La rancidez es la alteración organoléptica de los aceites y grasas, que ocasiona la aparición de olores y sabores indeseables. Las materias grasas son afectadas por dos tipos de rancidez la hidrolítica y la oxidativa. (Referencia 2, 5 y 8)

#### **1.4.2 Ranciedad hidrolítica**

Es la reacción de hidrólisis de los triglicéridos de las grasas con la subsecuente producción de ácidos grasos libres. Esta reacción puede ser catalizada enzimáticamente por lipasas presentes en semillas oleaginosas o producidas por microorganismos, este tipo de deterioro también es conocido como lipólisis y se produce por acción enzimática y presencia de humedad. La reacción causa la hidrólisis de los enlaces éster de los triglicéridos, dando lugar a la formación de ácidos grasos. (Referencia 2 y 8).

#### **1.4.3 Ranciedad oxidativa**

Se trata de la reacción del oxígeno presente en el aire con los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados. Esta reacción genera los productos primarios de la oxidación peróxidos e hidroperóxidos, los cuales, por una serie de reacciones paralelas de ruptura de cadena producen los compuestos secundarios de la reacción sean estos volátiles, como aldehídos, cetonas y ácidos. La materia grasa se oxida debido al mecanismo en cadena de radicales libres, es decir, se generan radicales libres inestables que catalizan la producción de más radicales libres.

Las grasas, pueden ranciarse cuando los ácidos grasos son hidrolizados de la glicerina por medio de las enzimas. La rancidez puede ser hídrolítica, cuando ocurre sin la presencia de oxígeno pero es propiciada por la presencia de humedad, altas temperaturas, y enzimas liposolubles.

La rancidez oxidativa, en la cual se liberan productos con fuerte aroma provenientes del desdoblamiento de ácidos grasos insaturados. Estos ácidos suelen incluir compuesto como aldehídos, cetonas y ácidos grasos de cadena más corta. El oxígeno es el principal oxidante y la reacción es catalizada por la luz y la humedad.

En general, a mayor grado de instauración mayor es la tendencia oxidativa. Cuando la concentración de peróxidos alcanza cierto nivel, ocurren cambios químicos complejos y se forman productos volátiles que son responsables del sabor y olor rancio.

Los peróxidos no son los responsables directos de la rancidez de las grasas, la concentración de éstos se utiliza como representación de la valoración de peróxidos y a menudo son utilizados para evaluar el grado de putrefacción. (Referencia 2 y 8).

#### **1.4.4 Mecanismos de oxidación**

Se distinguen dos tipos o etapas de oxidación de las grasas y aceites: la primaria y secundaria. En la oxidación primaria el mecanismo más importante es la autooxidación por radicales libres.

En esta reacción se reconocen las siguientes etapas:

- **Iniciación:** En esta etapa se forman un radical libre graso a partir de la pérdida de un protón del carbono alfa metilénico activo (sitio de la oxidación). Es un grupo que tiene tendencia a ceder fácilmente un protón, lo cual puede ser presencia de un radical libre de oxígeno.
- **Propagación:** Es la reacción del radical libre graso con oxígeno para formar un radical libre peróxido. El radical libre peróxido forma un hidroperóxido captando un átomo de hidrógeno de otro ácido graso. Esta es una reacción en cadena, ya que como resultado de todo el proceso se forma un radical libre y un hidroperóxido.
- **Terminación:** La única manera de producir una reacción de terminación es cuando los radicales libres grasos reaccionan entre sí o cuando se asocian con un hidrógeno perteneciente a un oxidante.

La oxidación secundaria consiste en la descomposición de los hidroperóxidos, formándose compuestos en cadena corta volátiles que son los que dan origen a la rancidez (hidrocarburos, aldehídos, cetonas, etc.). Referencia (2, 8).

### **1.4.5 Control de la oxidación**

Para evitar el proceso de oxidación existen 3 medidas principales para lograr tal efecto:

- Utilizar buenas prácticas de manufactura: Una de las formas utilizadas y recomendadas para controlar la oxidación es asegurarse de que a través del proceso de la refinación todas las impurezas solubles, fosfátidos, pigmentos y peróxidos sean removidos.
- Utilización de antioxidantes: Los antioxidantes no pueden mejorar un producto ya oxidado o rancio, pero sí son capaces de inhibir o retardar la oxidación en su etapa inicial.
- Aplicar materiales y técnicas adecuadas de empaque: Es importante utilizar materiales y técnicas adecuadas de empaque: Es importante utilizar materiales de empaque con barrera a la luz ultravioleta. También se recomienda la utilización de envases con atmósferas controladas, incluyendo envasado al vacío con nitrógeno para crear una atmósfera inerte. (Referencia 2, 8).

### **1.5 Antioxidantes**

Son sustancias que retardan el comienzo o disminuyen la velocidad de oxidación de los materiales autooxidables. Existen cientos de compuestos, tanto naturales como sintéticos, con propiedades antioxidantes, aunque para su empleo en alimentación debe cumplir ciertos requerimientos obvios.

Los principales antioxidantes utilizados habitualmente en los alimentos son los fenoles mono o polihídricos con varias sustituciones en el anillo. Para que su eficacia se máxima, a menudo los antioxidantes primarios se combinan con otro antioxidantes fenólicos o con agentes secuestrantes de metales. (Referencia 2 y 13).

### **1.5.1 Antioxidantes Sintéticos o Primarios**

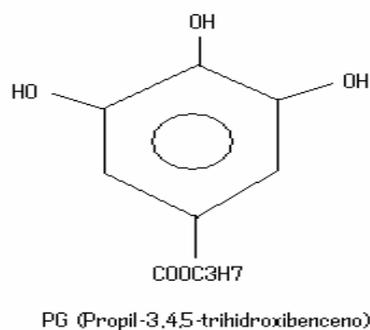
Se incluyen dentro de este tipo aquellas sustancias capaces de interrumpir la cadena de radicales cediendo un hidrógeno a un radical lípido y quedando ellos en forma de radical. Como consecuencia, disminuye el número de radicales libres, desciende la velocidad de oxidación y se prolonga el período de inducción. Los antioxidantes en forma de radical son estables y no reaccionan con los lípidos si no con otras moléculas similares, dando lugar a productos no radicales, o bien sufren una posterior oxidación, dando quinonas. Solo los compuestos fenólicos que producen quinonas fácilmente pueden considerarse como antioxidantes de este tipo.

La concentración del antioxidante en un alimento es de gran interés, ya que algunos ejercen una mayor protección cuanto mayor es su concentración dentro del producto, pero otros tienen una concentración óptima por encima de la cual se comportan como agentes pro-oxidantes. La cantidad de antioxidante adicionada se sitúa en torno a 0.01% respecto a la grasa del alimento y 0.25% si se utiliza una mezcla de antioxidantes, en la que ninguno de los componentes deben superar el 0.01%. La incorporación del antioxidante debe hacerse al comienzo de la oxidación, ya que si el contenido de peróxidos es relativamente elevado, el efecto protector de este tipo de antioxidante es escaso si el alimento es rico en catalizadores metálicos.

Los más frecuentemente utilizados son ésteres del ácido gálico (galato de propilo), ter-butilhidroquinona (TBHQ), butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT).

- **Galato de propilo (PG):** Es más soluble en agua que en las grasas, es poco resistente al calor, no soporta tratamiento de cocción, y con el hierro origina sales de color azul oscuro que pueden provocar efectos adversos durante el almacenamiento de aceites.

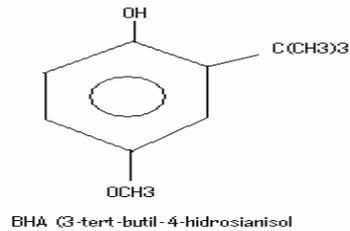
Figura 3. **Galato de propilo.**



Fuente: Allen, J.C., Rancidity in foods, pág. 93

- **Butilhidroxianisol (BHA):** Es altamente soluble en lípidos pero insoluble en agua. Se volatiliza a temperatura ambiente y tiene una alta resistencia al calor. Es altamente efectivo en grasa animales pero no tanto en aceites vegetales. Tiene una aplicación restringida al igual que el BHT en la mayoría de países europeos, algunos latinoamericanos y asiáticos.

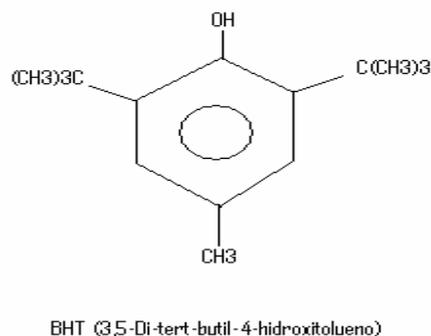
Figura 4. **Butilhidroxianisol.**



Fuente: Allen, J.C., Rancidity in foods, pág. 93

- **Butilhidroxitolueno (BHT):** Al igual que el BHA es muy soluble en aceite y resiste bien el calor. Es más volátil que el BHA. Este es más efectivo en la grasa animal que en los aceites vegetales. Tiene el inconveniente de tener un olor desagradable. Presenta una acción sinérgica con el BHA.

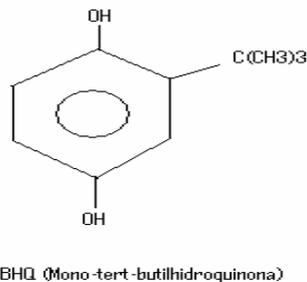
Figura 5. **Butilhidroxitolueno.**



Fuente: Allen, J.C., Rancidity in foods, pág. 93

- **Terbutilhidroquinona (TBHQ):** Es el más efectivo de los antioxidantes en aceites vegetales no saturados y muchas grasas animales comestibles. Es también aplicable a los aceites esenciales, frutos secos, grasas animales no comestibles, grasa láctea y materiales para envasar alimentos, como papel cristal y la parafina. Posee una buena solubilidad en aceites y grasas. (Referencia 2 y 13).

Figura 6. **Terbutilhidroquinona.**



Fuente: Allen, J.C., Rancidity in foods, pág. 93

### 1.5.2 Antioxidantes secundarios o sinergistas

Los antioxidantes secundarios o Sinergistas son aquellos que no presentan actividad antioxidante por si solos, pero en combinación con un antioxidantes primario produce un efecto más pronunciado que la suma de los efectos de los antioxidantes usados individualmente. Su función es impedir o disminuir la formación de radicales libres, también se incluyen sustancias cambiadores de iones, aminoácidos y fosfatos. Estos incluyen agentes quelantes y secuestrantes, agentes reductores, agentes removedores de oxígeno.

- **Agentes quelantes:** son aquellos que remueven los metales que catalizan la oxidación, especialmente metales con dos o más niveles de valencia como el cobre y el hierro. Los agentes quelantes más utilizados son el ácido cítrico y el ácido etilendiamino tetracético (EDTA)
- **Agentes removedores de oxígeno:** Estos reaccionan rápidamente con el oxígeno, siendo los más importantes el ácido ascórbico y el palmitato de ascorbilo. (Referencia 2 y 13).

### 1.5.3 Antioxidantes Naturales

La importancia de este tipo de antioxidantes es que debido a que su uso ha ido en aumento por el hecho de que el consumidor asocia lo natural como mejor y más seguro. Además, las regulaciones prohíben el uso de antioxidantes sintéticos en ciertas aplicaciones. Los antioxidantes naturales incluyen tocoferoles y el extracto de Romero.

- **Tocoferoles:** son antioxidantes presentes naturalmente y obtenidos de aceites vegetales. Existen dos presentaciones de tocoferol, alfa y delta, las cuales pueden ser utilizadas en cualquier tipo de alimento que contenga grasa o aceites. Son secuestradores de radicales libres y radicales peróxido. Ejercen su máxima eficacia a niveles relativamente bajos, similares a presentes naturalmente en aceites vegetales, siendo prácticamente inocuos para la salud. El delta tocoferol, a concentración del 0.02% es más efectivo que el BHT y el BHA.

- Extracto de Romero: Es obtenido en forma natural de la planta de Romero. Puede ser utilizado en cualquier alimento que requiera un proceso de cocción, ya que no contiene sustancias que se dañen con el calor. Proporciona una larga vida de almacenamiento al producto en el que se utiliza. (Referencia 2 y 13).

## METODOLOGÍA

### 2.1 Recursos humanos

- Investigador                      Boris Iván Velásquez Fernández
- Asesora                              Inga. Química Hilda Palma.

### 2.2 Característica del producto elaborado

Las materias primas utilizadas para la confección de la mayonesa en estudio se detallan a continuación.

- Aceite vegetal:            Se utilizara aceite de soya.
- Vinagre:
- Yemas de Huevo:    Se adquirirán estos del mercado local.
- Material de Envase :    Recipientes de vidrio de 50ml con tapa rosca.
- Conservantes :        Benzoato de Sodio (.5 g/Kg), Sorbato de Sodio (0.5 g/Kg).
- Estabilizadores:      Goma Xantan (1 g/Kg)
- Antioxidantes:        BHT (60 mg/Kg, alfa tocoferol (240 mg/Kg)
- Sinergista            :    EDTA (75 mg/Kg)

La anterior formulación es la recomendada por distintas normas nacionales e internacionales COGUANOR (NGO 34 142) y CODEX ALIMENTARIUS (CODEX STAN 168). El producto terminado se envasara inmediatamente en los recipientes de vidrio.

### **2.3 Condiciones para la adición de los oxidantes a la mayonesa.**

Se estudiara el comportamiento de la estabilidad oxidativa de la mayonesa con distintos antioxidantes.

#### **2.3.1 Adición del Butilhidroxitolueno (BHT)**

El butilhidroxitolueno (BHT) es moderadamente soluble en aceite. Para su incorporación al producto, se calentara una alícuota aceite a una temperatura de 60 grados Celsius y se disolverá la sal agitando constantemente, una vez incorporada completamente el BHT al aceite se procederá a adicionar esta alícuota en la mayonesa que se prepara.

#### **2.3.2 Adición del Alfa Tocoferol**

El alfa tocoferol es insoluble en agua y soluble en aceite. Para su incorporación al producto, se tomara una alícuota de aceite y en este se disolverá agitando vigorosamente, una vez incorporado el alfa tocoferol al aceite se añadirá esta alícuota a la mayonesa que se prepara.

## 2.4 Equipo

- Balanza marca Tecnipesa con una capacidad de carga de 20 Kg y sensibilidad de 50 gramos.
- Balanza analítica marca OHAUS con sensibilidad de 0.000001 gramos.
- Probeta con una capacidad de 250 cc.
- Vaso de precipitados, de 500 cm<sup>3</sup>
- Agitador magnético, con barra magnética de longitud ligeramente inferior al diámetro del vaso de precipitados de 500 cm<sup>3</sup>.
- Rotovapor Büchi R-3000
- Erlenmeyer, de 250 cm<sup>3</sup>, con tapón de vidrio esmerilado.
- Probeta graduada, de 50 cm<sup>3</sup>.
- Pipeta de Mohr de 1 cm<sup>3</sup>.
- Pipeta volumétrica de 0.5 cm<sup>3</sup>.
- Bureta de 50 cm<sup>3</sup>.

## 2.5 Reactivos

- Sulfato de Sodio anhidro.
- Éter etílico.
- Ácido acético glacial.
- Cloroformo.
- Yoduro de potasio.
- Solución 0.01N de tiosulfato de sodio.
- Solución indicadora al 1% de almidón de papa soluble.
- Solución al 1% de fenolftaleína.

## **2.6 Metodología experimental**

### **2.6.1 Condiciones experimentales de almacenamiento de la mayonesa**

Para estudiar el efecto sobre la vida de anaquel de las sustancias antioxidantes en prueba sobre la mayonesa elaborada se establecieron las siguientes 3 condiciones.

#### **2.6.1.1 Ensayo a 5°C**

Las muestras envasadas de mayonesa se almacenaran en un refrigerador. Se realizara este ensayo debido que a esta temperatura la materia grasa debiera presentar un mínimo de alteración.

#### **2.6.1.2 Ensayo a temperatura ambiente 25°C**

Las muestras envasadas de mayonesa se almacenaran en una sala abierta, sin aglomeración de paquetes. De esta forma se pretende simular las condiciones reales de comercialización de una estantería a nivel de supermercado.

#### **2.6.1.3 Ensayo acelerado a 35°C**

Las muestras se almacenaran en incubadoras. Se realizara esta prueba con el fin de aumentar la velocidad de deterioro y se selecciono esta temperatura dado que ocasionalmente el producto enfrenta similares temperaturas y por la recomendación bibliografica de (Man, D. y Jones); la humedad relativa (HR) se obvio como variable que es determinante solo para recipiente permeables al oxígeno tal como sucede con algunos plásticos.

## **2.6.2 Toma de las muestras**

Para estudiar la evolución del deterioro de la mayonesa a las tres temperaturas con tres distintos antioxidantes (BHT y Alfa tocoferol) se programaran hacer 6 análisis químicos por un período de total de almacenamiento de 90 días. Se escogió este tiempo dado que el fabricante recomienda consumir el producto antes de 3 meses y bajo condiciones aceleradas este tiempo mermará.

### **2.6.2.1 Almacenamiento a temperatura ambiente 25°C**

Se procederá a la toma de muestras cada 15 días, para su análisis químico, para lo cual se tomara un frasco de producto para análisis químico.

### **2.6.2.2 Almacenamiento a 5°C y 35°C**

Se procederá a la toma de muestras cada 15 días, para su análisis químico, para lo cual se tomaran un frasco de producto para el análisis químico.

Figura 7. Programación de los tiempos de muestreo para las condiciones de almacenamiento a temperaturas de 5°C, 25°C y 35°C, para las mayonesas elaboradas con BHT y Alfa Tocoferol.

Condiciones de almacenamiento	Tiempos de muestreo (días)					
	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Temperatura 5°C.	15	30	45	60	75	90
Temperatura ambiente 25°C.	15	30	45	60	75	90
Temperatura 35°C.	15	30	45	60	75	90

Fuente: Boris Velasquez

## 2.7 Procedimiento

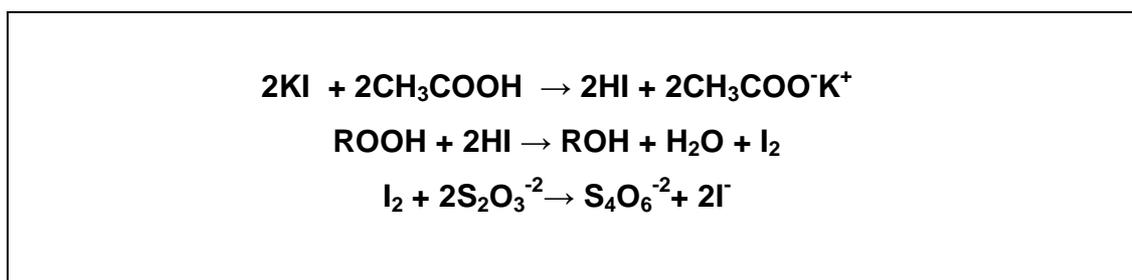
Se elaborará aproximadamente un Kilogramo de mayonesa para cada formulación. A cada formulación se le adicionaran los antioxidantes y preservantes correspondientes. Las muestras se envasaran en recipientes de vidrio con tapa hermética, utilizadas comercialmente. Las muestras almacenadas a las diferentes condiciones mencionadas anteriormente, se someterán a unos análisis químicos de acuerdo al esquema de muestreo detallado en la figura 7.

## 2.8 Métodos analíticos

### 2.8.1 Determinación del índice peróxidos

El índice peróxidos se basa en un método de titulación yodométrica que consiste en la medida de yodo producido desde el yoduro de potasio por los hidroperóxidos presentes en el aceite producto de su degradación, de acuerdo a las reacciones indicadas en el cuadro 2. El índice de peróxidos se expresa como miliequivalentes de oxígeno por Kilogramo de grasa.

Figura 8. Reacciones involucradas en la determinación yodométrica de los peróxidos.



Fuente: Fiser y Peter, Compendio de análisis químico cuantitativo, pág. 341

El procedimiento para preparar las muestras que se analizaran y los métodos están descritas en las figuras 24 y 25 del anexo y el índice de peróxidos, se calculara en base a la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Peróxido} = (V1 - V2) \cdot N \cdot 1000 / m$$

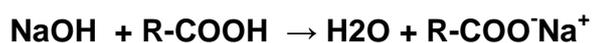
Donde:

- V1 = Volumen en ml de tiosulfato empleado en la titulación.
- V2 = Volumen en ml de tiosulfato empleado en la prueba en blanco
- N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.
- m = Masa en gramos del aceite extraído de la mayonesa.

## 2.8.2 Determinación del índice de acidez

El índice acidez se basa en un método de titulación ácido métrica que consiste en el contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres presentes en la grasa, producto de su descomposición. El índice de acidez expresa el peso, en mg de hidróxido sodicó necesario para neutralizar un gramo de materia grasa.

Figura 9. **Reacciones involucradas en el índice de Acidez.**



Fuente: Gilbert Ayres, Análisis químico cuantitativo, pág. 304

El procedimiento para preparar las muestras que se analizaran y el método están descritas en las figuras 3 y 5 del anexo y el índice se calculara en base a la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Acidez, mg NaOH/g} = (V \cdot 10) / m$$

Donde:

V = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en centímetros cúbicos.

m = Peso de la muestra en gramos.

\* La concentración de la solución de hidróxido de sodio debe ser 0.1 N.

## PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

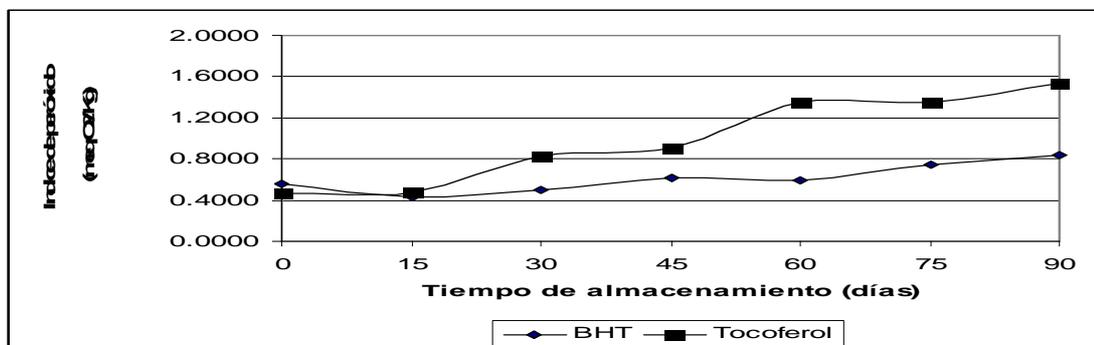
### Índice de Peróxidos

A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las dos repeticiones en índice de peróxido del aceite extraído de la mayonesa elaborada con BHT y Alfa Tocoferol, almacenadas a 5°C, temperatura ambiente y a 35°C.

### Almacenamiento a 5°C

Como se observa en la figura 10, el índice de peróxidos del aceite extraído de la mayonesa con alfa Tocoferol presenta un escaso ascenso durante todo el período de almacenamiento partiendo de un valor inicial de .46 meq O<sub>2</sub>/Kg, hasta llegar a un valor de 1.54 meq O<sub>2</sub>/Kg a los 90 días de almacenamiento. Asimismo, el aceite extraído de la mayonesa con BHT mostró un comportamiento similar alcanzando a los 90 días de almacenamiento un valor de peróxido de .83 meq O<sub>2</sub>/Kg.

Figura 10. Evolución en el contenido promedio de peróxidos en las mayonesas almacenadas a 5°C.



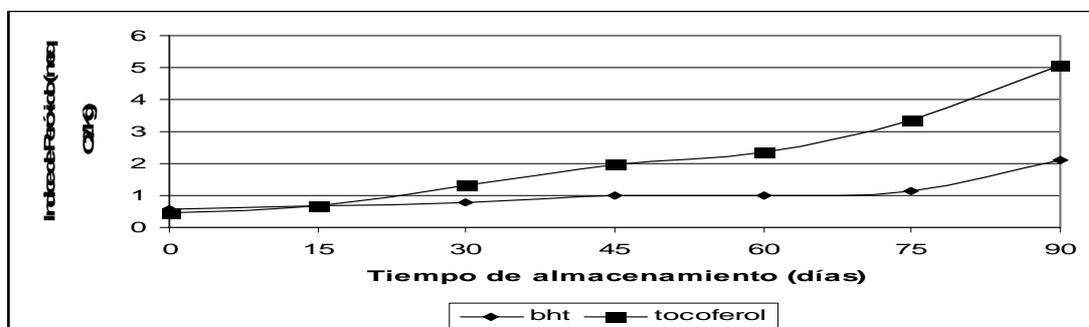
Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

En relación a si existe diferencia entre el aceite extraído de la mayonesa con BHT y alfa Tocoferol en detener la formación de peróxidos, la prueba de t de ensayada indicó que sí existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) durante el almacenamiento a 5°C. Es notable que los valores de índice de peróxido para ambos casos se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido por la norma COGUANOR (NGO 34 142), 5 meq O<sub>2</sub>/Kg.

### Almacenamiento a Temperatura Ambiente

Se Observa en la Figura 11 el índice de peróxidos del aceite extraído de la mayonesa con alfa Tocoferol almacenada a temperatura ambiente que ascendió marcadamente desde un valor inicial de .46 meq O<sub>2</sub>/Kg hasta un valor final de 5.09 meq O<sub>2</sub>/Kg a los 90 días de almacenamiento, el cual sobrepasó el límite máximo establecido por la norma Coguanor (NGO 34 142), situación similar sucedió con el aceite extraído de la mayonesa con BHT almacenado a temperatura ambiente, partiendo de un valor inicial de 0.55 meq O<sub>2</sub>/Kg aumentando moderadamente hasta un valor final de 2.1 meq O<sub>2</sub>/Kg durante los 90 días el cual se encuentra dentro del límite permitido por la norma Coguanor (NGO 34 142).

Figura 11. Evolución en el contenido promedio de peróxidos en las mayonesas almacenadas a Temperatura ambiente.



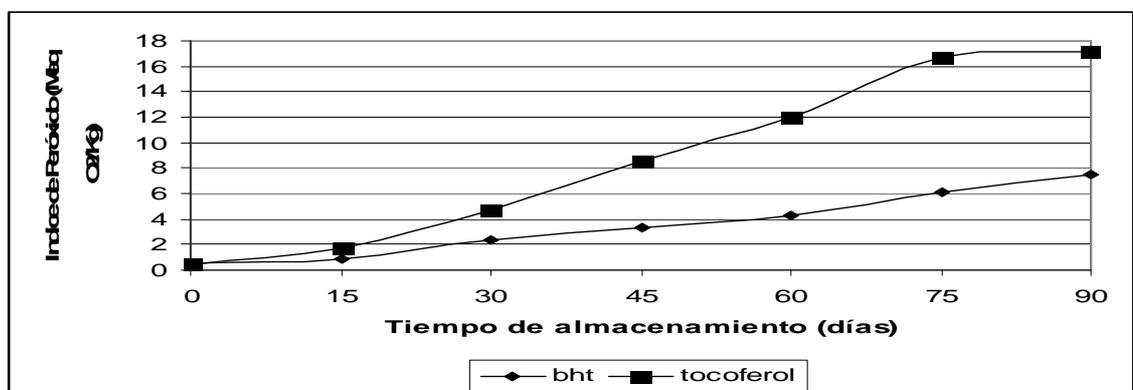
Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

En relación a si existe diferencia entre el aceite extraído de la mayonesa elaborada con BHT y alfa Tocoferol en detener la formación de peróxidos, la prueba de t de ensayada señaló que sí existe diferencia significativa ( $p < .0.05$ ) durante los 90 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

### Almacenamiento a 35°C

En la figura 12 se observa que el índice de peróxido del aceite extraído de las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol almacenado a 35°C exhibe un aumento excesivo desde un valor inicial de 0.46 meq O<sub>2</sub>/Kg hasta un valor 17.13 meq O<sub>2</sub>/Kg a los 90 días de almacenamiento. El aceite extraído de las mayonesas con BHT mostró un comportamiento parecido pero menos pronunciado con un valor inicial de peróxidos de .55 meq O<sub>2</sub>/Kg hasta un valor final de 7.53 meq O<sub>2</sub>/Kg. Contrariamente a las condiciones de almacenamiento estudiadas anteriormente (5°C y temperatura ambiente), esta condición 35°C exhibió en relación a contenido de peróxidos, valores muy por encima de lo permitido por la regulación guatemalteca.

Figura 12. **Evolución en el contenido promedio de peróxidos en las mayonesas almacenadas a Temperatura ambiente.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

En cuanto a si existe diferencia entre el aceite extraído de las mayonesas elaboradas con BHT y alfa tocoferol en retardar la formación de peróxidos, la prueba de t ensayada indico que si existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) durante el almacenamiento a 35°C.

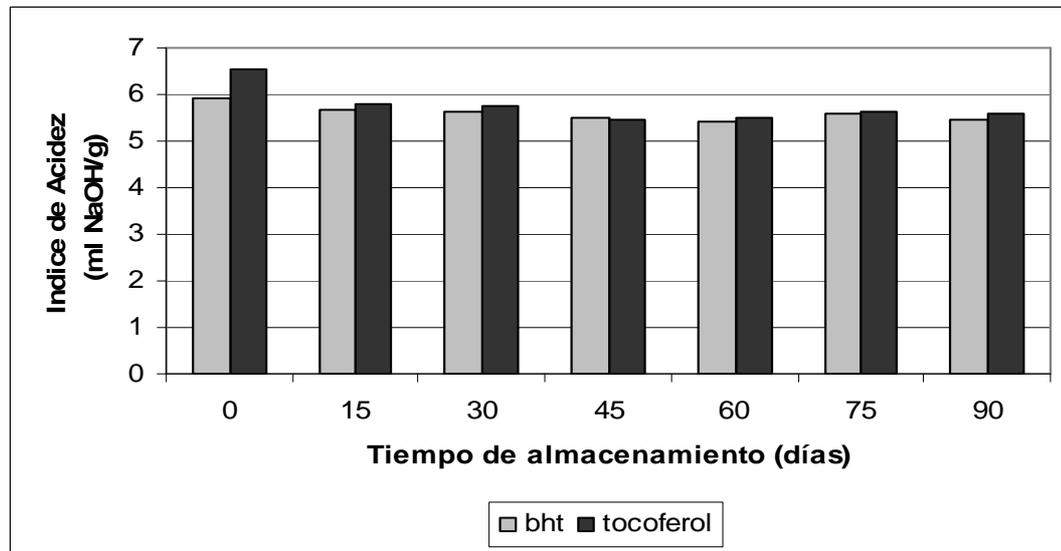
### **Índice de Acidez**

A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las dos repeticiones en índice de acidez de las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol almacenadas a 5°C, temperatura ambiente y a 35°C.

#### **Almacenamiento a 5°C**

En la figura 13 se presenta el comportamiento del índice de acidez de las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol almacenadas a 5°C. Los valores iniciales de índice de acidez son 5.91 y 6.54 ml NaOH/g respectivamente, los cuales se mantuvieron casi constantes durante el período de almacenamiento, con un valor final de 5.44 y 5.56 ml NaOH/g, es posible asegurar que el índice de acidez se mantiene constante en el tiempo con un nivel de confianza del 95% dado que no existe una correlación significativa. Si la rancidez hidrolítica o hidrólisis de los triglicéridos se manifiestan por cambios en el índice de acidez es claro que este tipo de rancidez no se experimento para la mayonesa elaborada con BHT y alfaTocoferol almacenada a 5°C.

Figura 13. **Comportamiento del contenido promedio del índice de acidez en las mayonesas almacenadas a 5°C.**

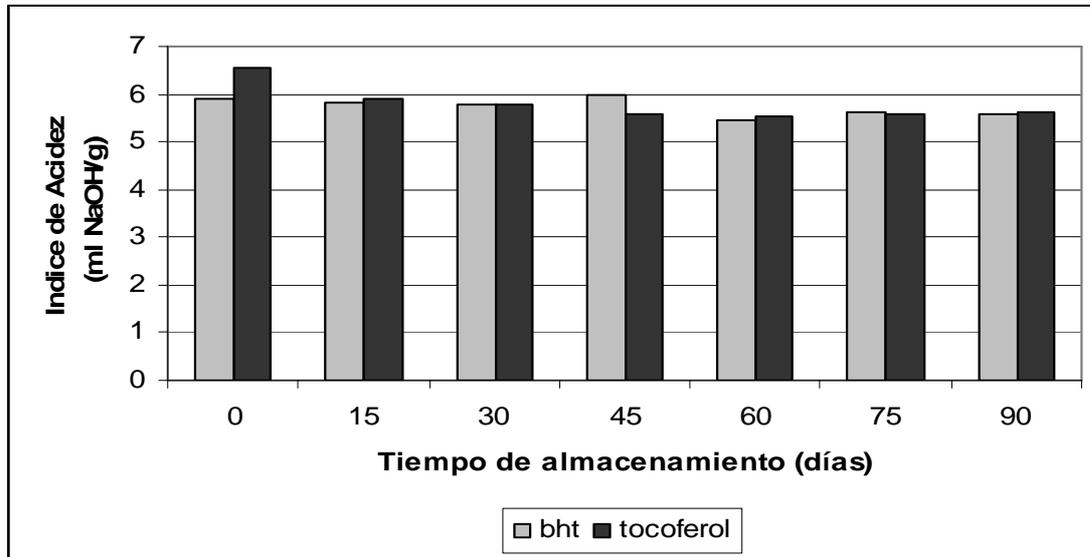


Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

### **Almacenamiento a Temperatura ambiente**

Como se observa en la figura 14 el índice de acidez de la mayonesa con alfa Tocoferol presenta una tendencia a mantenerse constante durante todo el período de almacenamiento partiendo de un valor inicial de 6.54 ml NaOH/g, hasta llegar a un valor de 5.62 ml NaOH/g luego de 90 días de almacenamiento. De igual manera la mayonesa con BHT mostró un comportamiento similar alcanzando a los 90 días de almacenamiento un valor de índice de acidez de 5.56 ml NaOH/g. Asimismo la correlación no es significativa a un nivel de confianza del 95%, por lo que la rancidez hidrolítica o hidrólisis de los triglicéridos no se experimentó para la mayonesa elaborada con BHT y alfa tocoferol almacenada a temperatura ambiente.

Figura 14. Comportamiento del contenido promedio de índice de acidez en las mayonesas almacenadas a temperatura ambiente.

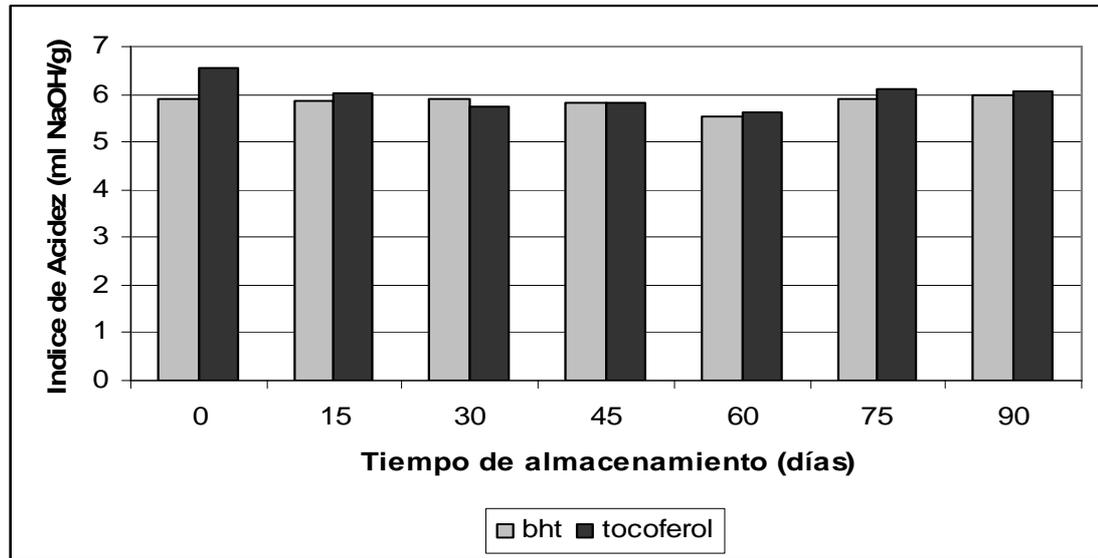


Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

### Almacenamiento a 35°C

Al examinar la figura 15 el índice de acidez de ambas mayonesas tiende a mantenerse constante en el tiempo, como se estudio para las temperaturas anteriores y de igual manera la correlación no es significativa a un nivel de confianza del 95%, así que la rancidez hidrolítica o hidrólisis de los triglicéridos tampoco se experimento para las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol almacenadas a 35°C.

Figura 15. **Comportamiento del contenido promedio de índice de acidez en las mayonesas almacenadas a 35°C.**



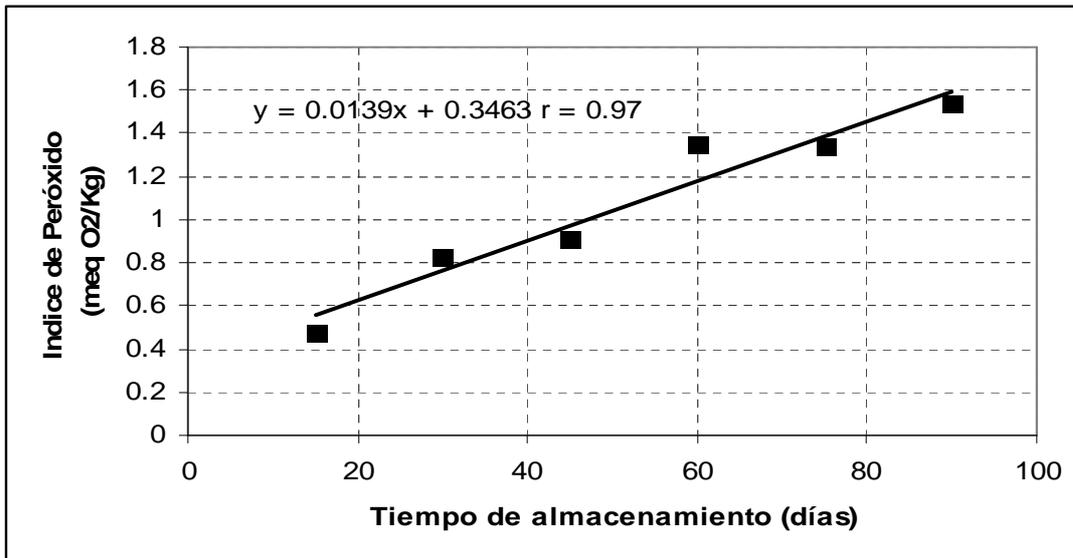
Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

### **Determinación de la vida de Anaquel**

La determinación de la vida de anaquel para las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol se hizo con base en la aparición de peróxidos debido a que la rancidez de estos productos es detectable al hacer esta medición. Este análisis se hizo cada 15 días durante 90 días a 5°C, temperatura ambiente y 35°C, para fines de calculo de vida de anaquel se asumió que la temperatura ambiente había oscilado alrededor de 25°C y en lo sucesivo se hará referencia a 25°C en vez de temperatura ambiente.

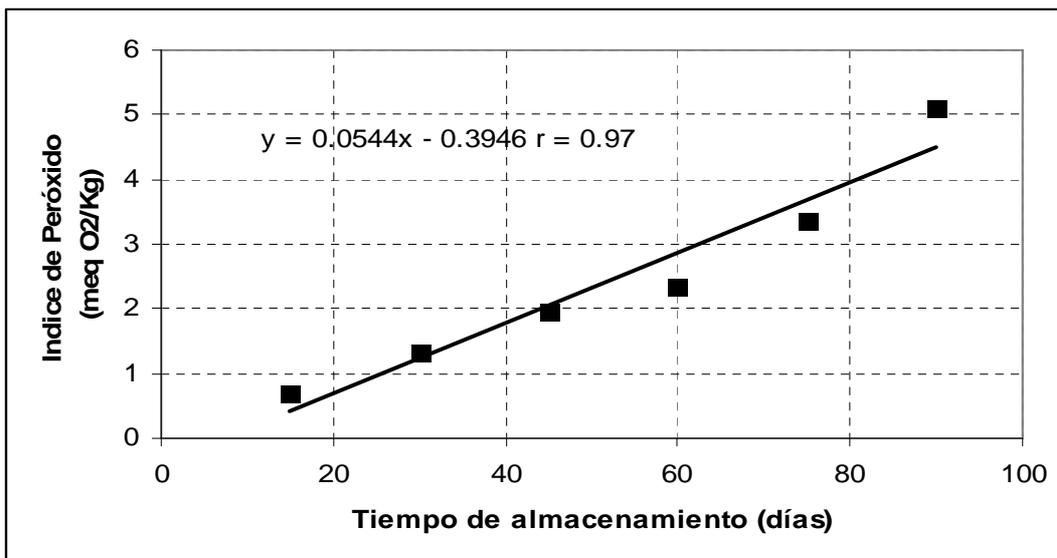
Como se observa en las siguientes figuras los datos de las mayonesas elaboradas con alfa Tocoferol a 5°C, 25°C, 35°C correlacionan muy satisfactoriamente linealmente.

Figura 16. **Correlación índice de peróxidos frente a tiempo, para la mayonesa elaborada con alfa Tocoferol a 5°C.**



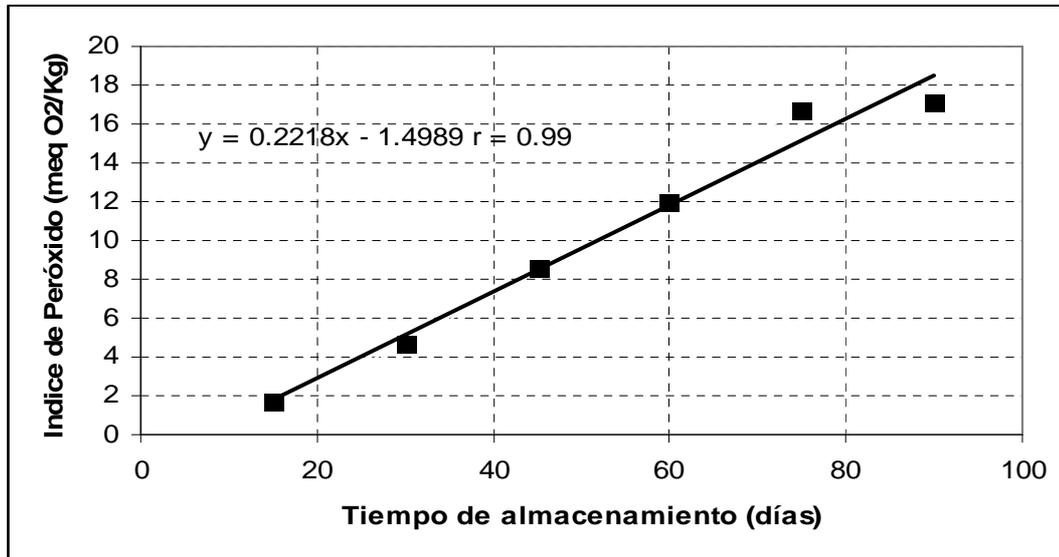
Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Figura 17. **Correlación índice de peróxidos frente a tiempo, para la mayonesa elaborada con alfa Tocoferol a 25°C.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Figura 18. **Correlación índice de peróxidos frente a tiempo, para la mayonesa elaborada con alfa Tocoferol a 35°C.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

A partir de la información anterior, se establece que la rancidez de la mayonesa elaborada con alfa Tocoferol es de orden cero:

$$A - A_0 = kt$$

Puesto que el valor máximo de A es 5 meq O<sub>2</sub>/Kg norma coguanor (NGO 34 142) y el valor inicial A<sub>0</sub> es 0.46 meq O<sub>2</sub>/Kg, Con estos parámetros se obtiene la vida de anaquel a 5°C, 25°C y 35°C temperatura para las mayonesas elaboradas con alfa Tocoferol como se detalla a continuación:

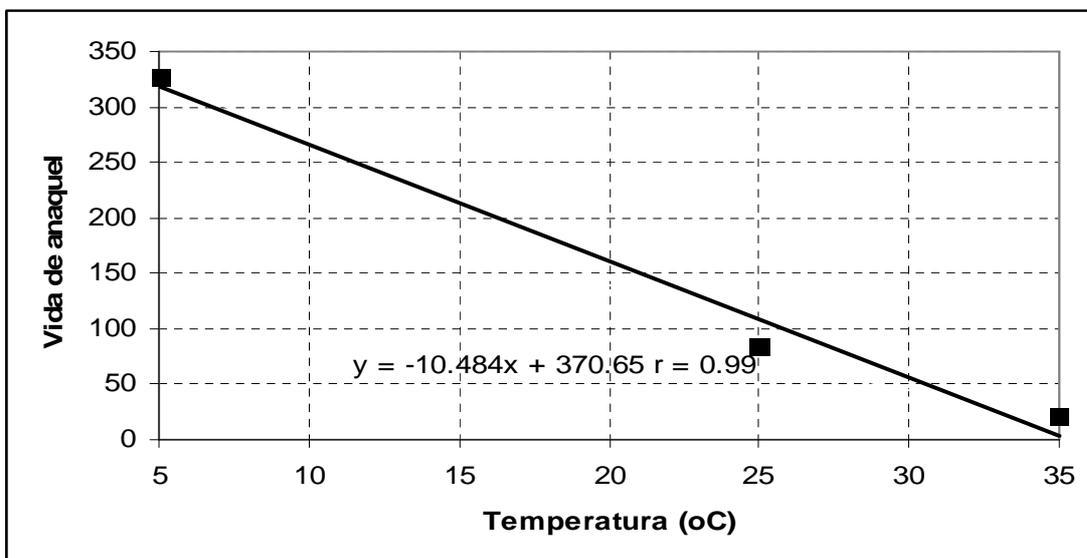
**Tabla II. Resultados para obtener vida de anaquel de la mayonesa elaborada con alfa tocoferol.**

Temperatura	K	t (vida de anaquel en días)
5 °C	0.0139	326.6
25 °C	0.0544	83.45
35 °C	0.2218	20.46

Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Con los datos de la tabla anterior se construyó una gráfica para determinar la vida de anaquel a una temperatura cualquiera.

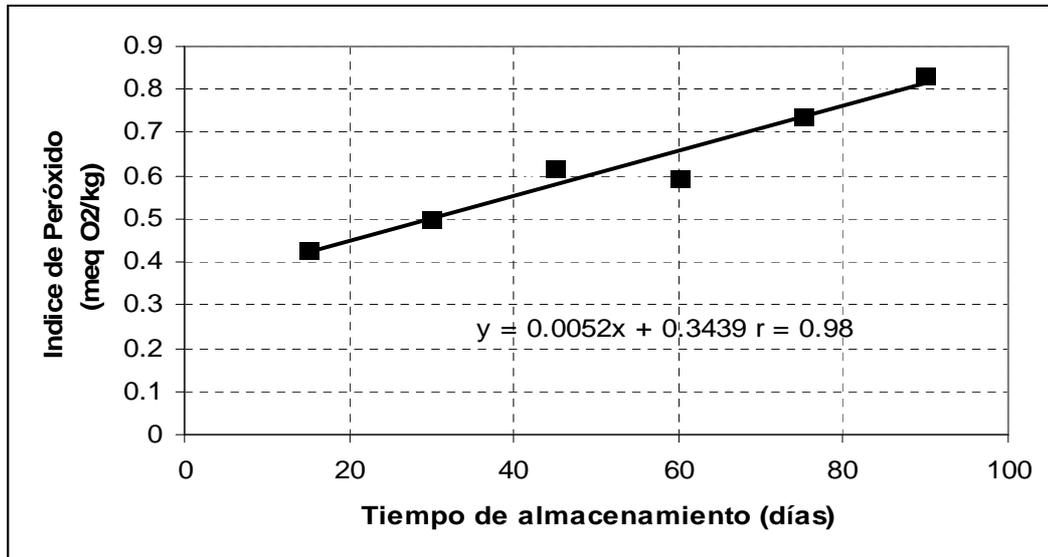
**Figura 19. Vida de anaquel de la mayonesa elaborada con alfa Tocoferol.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

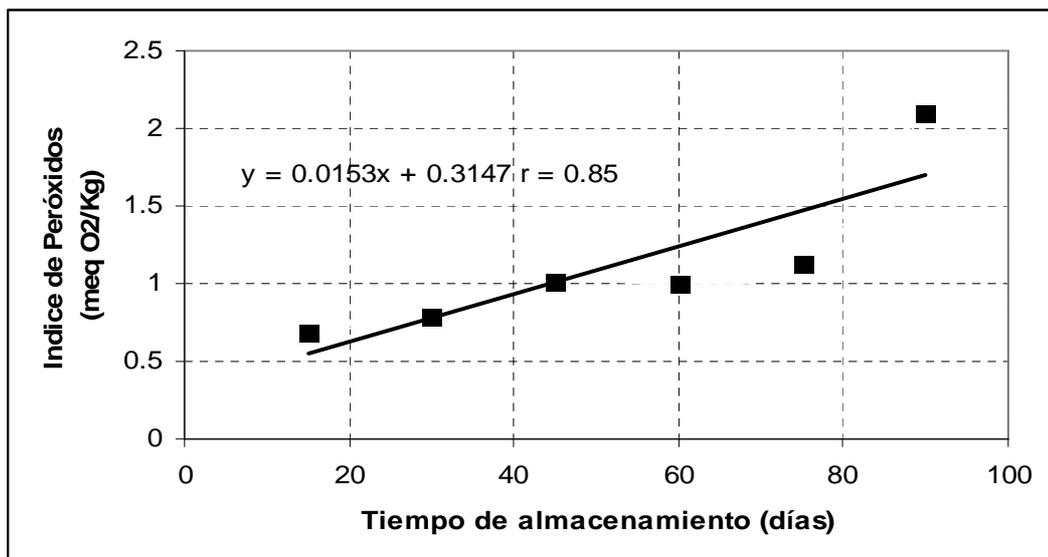
Las mayonesas elaboradas con BHT a 5°C, 25°C y 35°C también correlacionan muy satisfactoriamente sus datos linealmente como se muestra en las figuras siguientes:

Figura 20. **Correlación índice de peróxidos frente a tiempo, para la mayonesa elaborada con BHT a 5°C.**



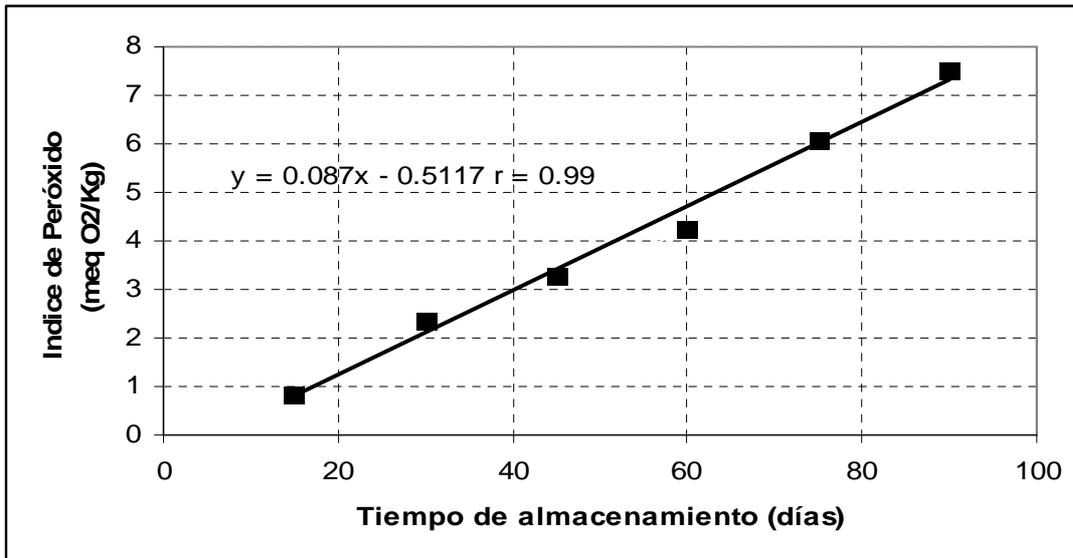
Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Figura 21. **Correlación índice de peróxidos frente a tiempo, para la mayonesa elaborada con BHT a 25°C.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Figura 22. **Correlación índice de peróxidos frente a tiempo, para la mayonesa elaborada con BHT a 35°C.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

A partir de la información anterior, se establece que la rancidez de la mayonesa elaborada con BHT también es de orden cero:

$$A - A_0 = kt$$

Puesto que el valor máximo de A es 5 meq O<sub>2</sub>/Kg norma coguanor (NGO 34 142) y el valor inicial A<sub>0</sub> es 0.46 meq O<sub>2</sub>/Kg, Con estos parámetros se obtiene la vida de anaquel a 5°C, 25°C y 35°C temperatura para las mayonesas elaboradas con BHT como se detalla a continuación:

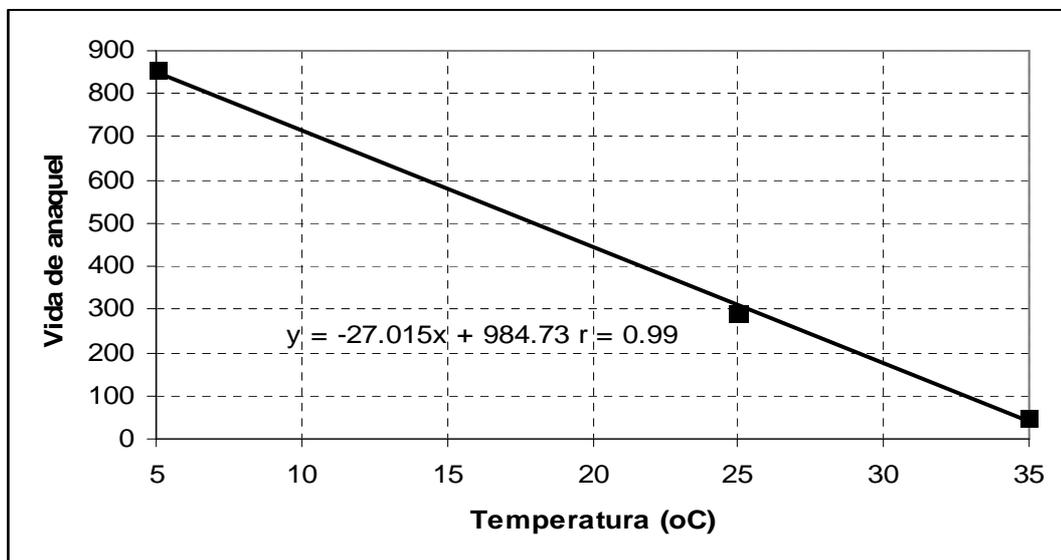
Tabla III. **Resultados para obtener vida de anaquel de la mayonesa elaborada con BHT.**

Temperatura	k	t (vida de anaquel en días)
5°C	0.0052	855.8
25°C	0.0153	290.9
35°C	0.087	51.15

Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Con los datos de la tabla anterior se construyó una gráfica para determinar la vida de anaquel a una temperatura cualquiera.

Figura 23. **Vida de anaquel de la mayonesa elaborada con BHT.**



Fuente: Datos obtenidos experimentalmente

Al evaluar la eficacia de ambos antioxidantes para evitar la formación de hidroperóxidos, el BHT es más efectivo que el alfa Tocoferol en brindar una protección antioxidante, por lo que los antioxidantes sintéticos entiéndase por BHT son más efectivos que los naturales, cabe hacer resaltar que la literatura indica que de los tocoferoles el que ofrece mayor actividad antioxidante es el delta tocoferol y que en este experimento se utilizó el alfa tocoferol, por lo que la capacidad de éste se vio muy disminuida.

## CONCLUSIONES

1. La vida de anaquel de las mayonesas elaboradas con BHT y alfa Tocoferol, es inversamente proporcional a la temperatura.
2. Los análisis fisicoquímicos, realizados a las mayonesas elaboradas con BHT y alfa tocoferol revelan que no existió rancidez hidrolítica y sólo rancidez oxidativa.
3. La reacción que produce la rancidez oxidativa producto de la oxidación de las grasas es independiente de la concentración de hidroperóxidos y es de orden cero.
4. La capacidad antioxidante del BHT respecto al alfa tocoferol en función de la vida de anaquel, es 2.62 veces a 5°C, 3.49 veces a temperatura ambiente y 2.5 veces a 35°C.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios similares a los productos que actualmente están disponibles al consumidor, para evaluar efectivamente la fecha de caducidad reportada.
2. Continuar investigando el efecto de la vida de anaquel de los antioxidantes naturales, tales como el delta tocoferol y el extracto de romero contra la tertbutilhidroquinona.
3. Implementar análisis de cromatografía líquida de alta resolución para evaluar la concentración del antioxidante utilizado durante el tiempo de almacenamiento, y correlacionar esta información con el avance de la rancidez.
4. Impulsar la apertura de la carrera de ingeniería en alimentos en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



## REFERENCIAS

1. Allen, JC. **Rancidity in foods**. 2ª. Edición; Inglaterra: Editorial Science Publisher Ltd, 1989 pp. 53-97.
2. Anzueto, Carlos. "Métodos de determinación de vida útil de alimentos procesados". **Revista Industria y Alimentos**, (17): 12-21. 2000.
3. **Codex alimentarius**. Norma codex stan 168.
4. Desrosier, Norman. **Conservación de alimentos**. México: Compañía Editorial Continental, 1987 pp. 359-363.
5. Kenneth J. Valentas. **Handbook of food engineering practice**, USA: CRC Press, 1997 pp. 125-140.
6. Kirschenbauer. **Grasas y aceites química y tecnología**. 2ª. Edición; México: Compañía Editorial Continental, S.A., 1964 pp. 51-53.
7. Labuza, Ted. **Shelf life dating of foods**. 2ª. Edición; USA: Food and nutrition press Westport, CT, 1982 pp 15-20.
8. Man, D. y Jones, A. **Shelf life evaluation of foods**. 2ª. Edición; USA: Aspen publications, 2000 pp. 3-16.
9. **Normas Coguanor**. Norma NGO 34 142.

10. Soto, Ricardo. "El uso de antioxidantes como protectores de la calidad en productos alimenticios". **Revista Industria y Alimentos**, (9): 47-51. 2000.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, JC. **Rancidity in foods**. 2ª. Ed. Inglaterra: Science Publisher Ltd, 1989.
2. Anzueto, Carlos. "Métodos de determinación de vida útil de alimentos procesados". **Revista Industria y Alimentos**. (Guatemala) (17):12-21.2000.
3. **Codex alimentarius**. Norma codex stan 168.
4. Colindres, Cesar. Evaluación sensorial en la industria de alimentos. Tesis Ingeniero Químico. Guatemala, USAC. Facultad de Ingeniería. 1999.
5. Desrosier, Norman. **Conservación de alimentos**. México: Compañía Editorial Continental, 1987.
6. Helen, Charley. **Preparación de alimentos**. México: Ediciones Orientación, S.A. de C.V., 1988.
7. Kenneth J. Valentas. **Handbook of food engineering practice**, USA: CRC Press, 1997.
8. Kirschenbauer. **Grasas y aceites química y tecnología**. 2ª. Ed. México: Compañía Editorial Continental, S.A. 1964

9. Labuza, Ted. **Shelf life dating of foods**. 2ª. Ed. USA: Food and nutrition press, Westport, CT, 1982.
10. Man, D. y Jones, A. **Shelf life evaluation of foods**. 2ª. Ed. USA: Aspen Publications, 2000.
11. **Normas Coguanor**. Norma NGO 34 142.
12. **Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestibles**. Madrid: AMV ediciones. 1988.
13. Romana Karas. **Sensory quality of Standard and Light mayonnaise during storage**. Ljubljana Slovenia: s.e.2002.
14. Soto, Ricardo. "El uso de antioxidantes como protectores de la calidad en productos alimenticios". **Revista Industria y Alimentos**. (Guatemala) (9): 47-51. 2000.

## APÉNDICE 1: DATOS ORIGINALES

Tabla IV. **Datos originales de los índices de peróxido promedio en meq O<sub>2</sub>/Kg, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a 5°C, temperatura ambiente y 35°C.**

Tiempo de almacenamiento (días)	5 grados centígrados	Temperatura ambiente	35 grados centígrados
15	0.4789	0.6818	1.7098
30	0.8259	1.3228	4.7204
45	0.9125	1.9602	8.6176
60	1.3499	2.3398	11.9742
75	1.3441	3.3681	16.7052
90	1.5375	5.0883	17.1317

Tabla V. **Datos originales de los índices de peróxido promedio en meq O<sub>2</sub>/Kg, para las mayonesas elaboradas con BHT a 5°C, temperatura ambiente y 35°C.**

Tiempo de almacenamiento (días)	5 grados centígrados	Temperatura ambiente	35 grados centígrados
15	0.4268	0.6891	0.8297
30	0.4977	0.7925	2.3638
45	0.6147	1.0131	3.2682
60	0.5954	0.9947	4.2512
75	0.7387	1.1302	6.0879
90	0.8341	2.1010	7.5336

**Tabla VI. Datos originales de los índices de acidez promedio en ml NaOH/g, para las mayonesas elaboradas con alfa tocoferol a 5°C, temperatura ambiente y 35°C.**

Tiempo de almacenamiento (días)	5 grados centígrados	Temperatura ambiente	35 grados centígrados
15	5.8059	5.9109	6.0429
30	5.7686	5.7823	5.7391
45	5.4721	5.5914	5.8113
60	5.4832	5.5160	5.6261
75	5.6093	5.5823	6.1069
90	5.5662	5.6154	6.0835

**Tabla VII. Datos originales de los índices de peróxido promedio en ml de NaOH/g, para las mayonesas elaboradas con BHT a 5°C, temperatura ambiente y 35°C.**

Tiempo de almacenamiento (días)	5 grados centígrados	Temperatura ambiente	35 grados centígrados
15	5.6530	5.8029	5.8502
30	5.6338	5.7692	5.8887
45	5.4795	5.9810	5.8053
60	5.4344	5.4653	5.5517
75	5.5985	5.6030	5.9041
90	5.4446	5.5577	5.9669

## APÉNDICE 2: DATOS CALCULADOS

**Tabla VIII. Prueba de t suponiendo varianzas iguales para los índices de peróxido promedio de las mayonesas almacenadas a 5°C.**

	BHT	Alfa Tocoferol
Media	0.6179	1.0748
Varianza	0.02256376	0.16113662
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	0.09185019	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-2.6112097	
P(T<=t) una cola	0.0129934	
Valor crítico de t (una cola)	1.8124611	
P(T<=t) dos colas	0.02598679	
Valor crítico de t (dos colas)	2.22813884	

**Tabla IX. Prueba de t suponiendo varianzas iguales para los índices de peróxido promedio de las mayonesas almacenadas a temperatura ambiente.**

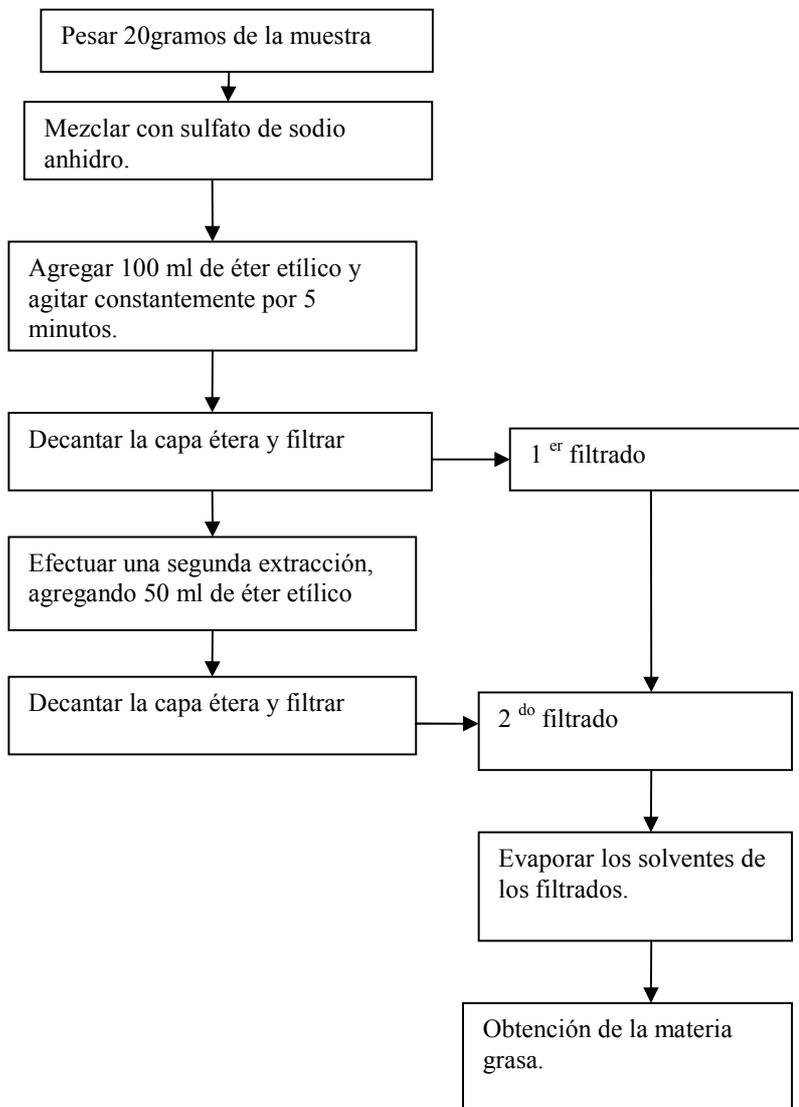
	BHT	Alfa Tocoferol
Media	1.1201	2.460166667
Varianza	0.25650475	2.490414699
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	1.37345972	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-1.98051925	
P(T<=t) una cola	0.03790358	
Valor crítico de t (una cola)	1.8124611	
P(T<=t) dos colas	0.07580715	
Valor crítico de t (dos colas)	2.22813884	

Tabla X. **Prueba de t suponiendo varianzas iguales para los índices de peróxido promedio de las mayonesas almacenadas a 35°C.**

	BHT	Alfa Tocoferol
Media	4.05573333	10.14315
Varianza	6.03072067	39.6215976
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	22.8261591	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-2.20687247	
P(T<=t) una cola	0.02591724	
Valor crítico de t (una cola)	1.8124611	
P(T<=t) dos colas	0.05183448	
Valor crítico de t (dos colas)	2.22813884	

## ANEXO 1

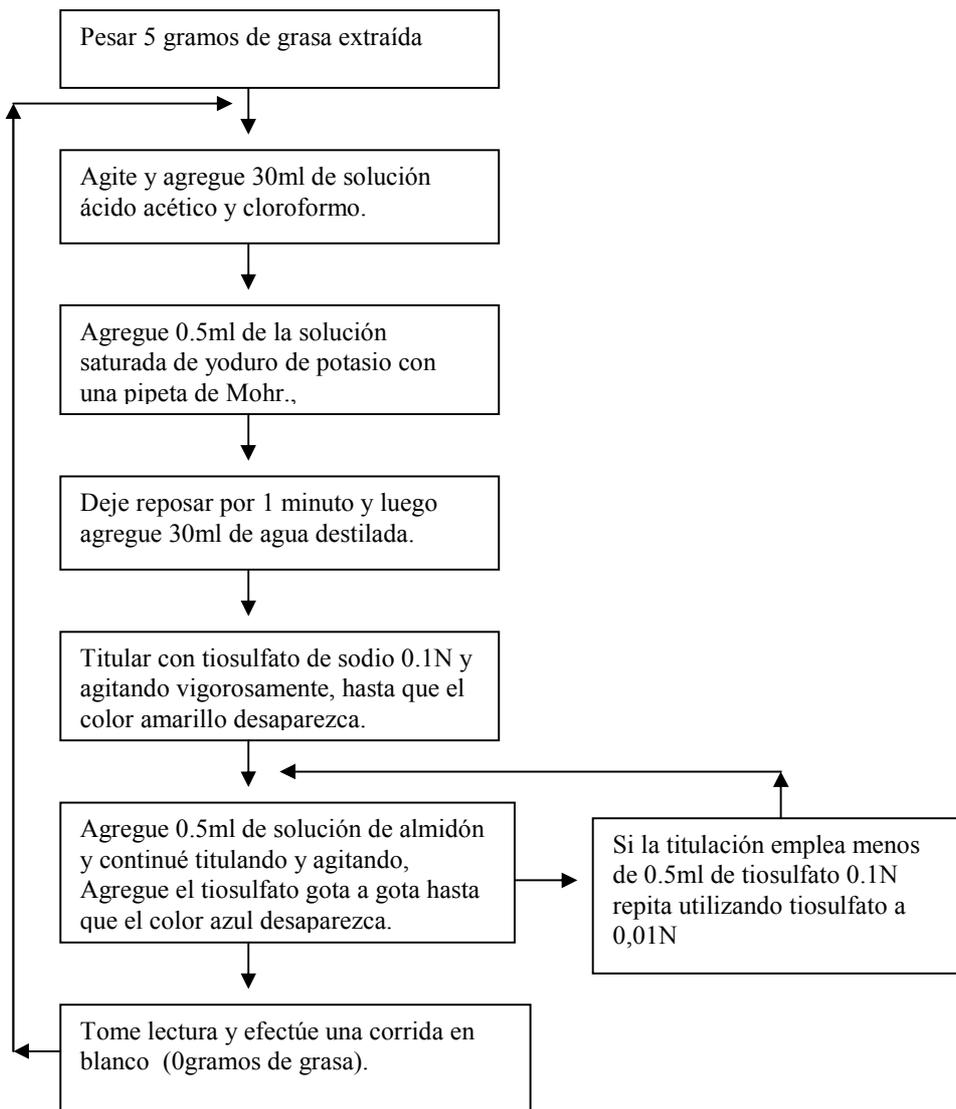
Figura 24. Diagrama de Flujo para el proceso de extracción de la materia grasa (preparación de muestras a utilizarse en el método índice peróxidos).



Fuente: Norma Coganor NGO 34 143 h3

## ANEXO 2

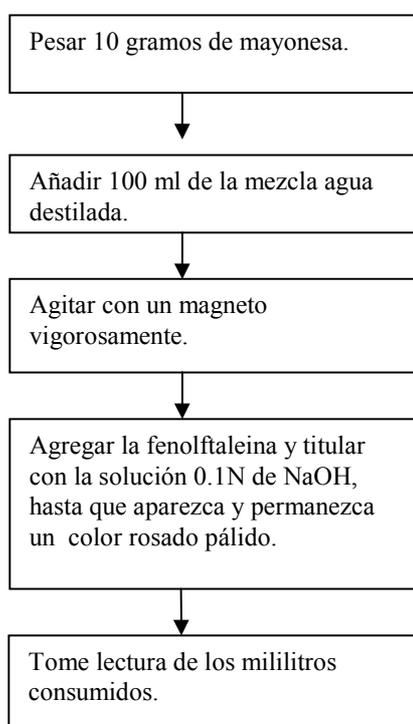
Figura 25. Diagrama de flujo para el método del índice peróxidos.



Fuente: Norma Coguanor 34 143 h3

## ANEXO 3

Figura 26. **Diagrama de Flujo para el método del índice de acidez.**



Fuente: Romana Karas, Sensory quality of standard and Light mayonnaise during storage, pág. 121