

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación de la calidad y vida de anaquel de crema 100% pura en empaque flexible sometida a procesos de esterilización

Trabajo de Investigación presentado por

Diana Oliva Valle

para optar al título de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala

2011



Evaluación de la calidad y vida de anaquel de crema 100% pura en empaque flexible sometida a procesos de esterilización

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad Ingeniería



Evaluación de la calidad y vida de anaquel de crema 100% pura en empaque flexible sometida a procesos de esterilización

Trabajo de Investigación presentado por

Diana Oliva Valle

para optar al título de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala

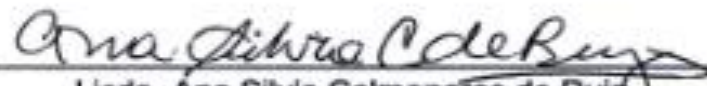
2011

Vo. Bo.:

  
Ing. Valesca Failace

Tribunal Examinador:

  
Ing. Valesca Failace

  
Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

  
Ing. Elsa Gudiel

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de diciembre de 2011

## **Con especial dedicación a:**

**Dios**

Por ser mi guía y fortaleza.

**Mis padres**

Por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional.

Siempre han sido y serán mi mejor escuela, los amo. ¡Lo logramos!

**Mis hermanos**

No hay palabras que expresen lo mucho que ustedes significan para mí. Son mi todo.

**Mis tíos y abuelita**

Si hay algo por lo que le doy gracias a Dios todos los días, es por tenerlos en mi vida. Gracias por amarme y apoyarme en cada paso que doy. Este logro también les pertenece.

**Javier**

Gracias por todo tu apoyo, comprensión y cariño. Me alegra mucho tenerte en mi vida. Te amo

## **Agradecimiento a:**

**Ing. Valesca Faillace**

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

**Lic. David Cabrera**

Por su ayuda, paciencia y valiosa asistencia.

**Ing. Otto Velásquez**

Por su gran asesoría y contribución.

**Lic. Claudia Alvarado**

Por su apoyo y colaboración.

**Industrias Trébol**

Por su apoyo y cooperación para el desarrollo de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE

### Página

LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE GRÁFICOS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE APÉNDICES	xvii
RESUMEN	1
I. Introducción	3
II. Objetivos	6
III. Marco teórico y antecedentes	7
A. Leche y derivados lácteos	7
B. Crema	7
1. Proceso	8
2. Tratamientos específicos para diferentes tipos de crema	11
3. Estabilidad térmica	12
4. Control del producto final	13
5. Análisis químico	13
6. Análisis microbiológico	13
7. Alteraciones de la crema esterilizada en el envase	16
C. Composición	16
D. Clasificación por su uso	17
E. Características organolépticas	18
F. Esterilización de productos	20
G. Conservación por el calor y calidad sensorial	21
H. Valoración de la calidad sensorial	22
I. Bolsa retortable (retort pouch)	23
1. Esterilización térmica de bolsas retortables	24

2. Factores críticos en el tratamiento térmico de bolsas retortables	25
3. Ventajas y desventajas de las bolsas retortables	26
J. Evaluación de la calidad o vida de anaquel de los alimentos	29
1. Cinética y vida de anaquel	30
2. Pérdida de vida de anaquel a velocidad constante	30
3. Pérdida de vida de anaquel a velocidad variable	32
IV. Diseño experimental	35
V. RESULTADOS	45
VI. DISCUSIÓN	72
VII. CONCLUSIONES	96
VIII. RECOMENDACIONES	97
IX. BIBLIOGRAFÍA	98
X. APÉNDICES	102

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Contenido de grasa láctea de las cremas	8
2. Factores que afectan a la viscosidad de la crema	12
3. Composición química de varias clases de crema	17
4. Clasificación de la crema según su aplicación	18
5. Efecto del tratamiento térmico sobre la calidad sensorial	22
6. Conjunto de coeficientes de transferencia de calor (u) para varios medios de calefacción	25
7. Programación de los tiempos de muestreo para la realización de los análisis fisicoquímicos, sensoriales y de vida de anaquel para la crema esterilizada a 120 °C/20 min ,almacenada a 5, 25 y 35 °C	43
8. Programación para los análisis microbiológicos realizados a la crema esterilizada (120 °C/20 min) y almacenada a 5, 25 y 35 °C	44
9. Análisis de color para la crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C	63
10. Calificación de cada muestra dada por el panel para la prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “olor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica	67
11. Diferencias entre todos los pares posibles en la prueba de ordenamiento para el agrado del “olor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada	67
12. Calificación de cada muestra dada por el panel para la	68

prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “sabor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica	
13. Diferencias entre todos los pares posibles en la prueba de ordenamiento para el agrado del “sabor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada	68
14. Calificación de cada muestra dada por el panel para la prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “apariencia” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica	69
15. Diferencias entre todos los pares posibles en la prueba de ordenamiento para el agrado del “apariencia” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada	69
16. Calificación de cada muestra dada por el panel para la prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “textura” de crema esterilizada, UHT y Pasteurizada utilizando una escala numérica	70
17. Diferencias entre todos los pares posibles en la prueba de ordenamiento para el agrado del “textura” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada	70
18. Valor crítico de la prueba de Friedman para la prueba de ordenamiento del “agrado” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada	71
19. Resultados del índice de peróxido para la crema esterilizada a las tres temperaturas estudiadas	106
20. Valores calculados para la obtención de la Ecuación de Arrhenius (índice de peróxidos)	107
21. Datos de la acidez, expresada como porcentaje de ácido láctico, para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35	108

°C	
22. Valores calculados para la obtención de la Ecuación de Arrhenius (acidez)	109
23. Datos de consistencia para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C	110
24. Datos del porcentaje de grasa para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C	111
25. Conteo microbiológico para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C	111
26. Calificación de cada muestra dada por el panel para la descripción de los atributos de “olor” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica de 1-10	112
27. Calificación de cada muestra dada por el panel para la descripción de los atributos de “apariencia” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica de 1-10	112
28. Calificación de cada muestra dada por el panel para la descripción de los atributos de “sabor” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica de 1-10	112
29. Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para los índices de peróxido de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C	113
30. Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el porcentaje de acidez de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C	113
31. Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para la consistencia de la crema esterilizada,	113

almacenada a 5, 25 y 35 °C	
32. Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el perfil sensorial de “olor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada	114
33. Análisis de varianza de un factor para el perfil sensorial de “olor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada	114
34. Agrupación de las medias para el perfil sensorial de “olor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada	114
35. Análisis de varianza de un factor para el perfil sensorial de “apariencia” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada	115
36. Análisis de varianza de un factor para el perfil sensorial de “sabor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada	115
37. Porcentaje utilizado de sales estabilizantes, emulsificante, estabilizantes y sal para la formulación de la crema esterilizada (120 °C/ 20 min)	117
38. Ficha técnica de las sales estabilizantes	117
39. Ficha técnica del emulsificante	117
40. Ficha técnica del estabilizante	117

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico</b>	<b>Página</b>
1. Curva de velocidad con un orden cinético de cero	32
2. Curvas cinéticas de deterioro	33
3. Evolución en el contenido promedio de peróxidos en la crema esterilizada almacenada a 5°C	45
4. Evolución en el contenido promedio de peróxidos en la crema esterilizada almacenada a 25°C	46
5. Evolución en el contenido promedio de peróxidos en la crema esterilizada almacenada a 35°C	47
6. Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C	48
7. Logaritmo natural del índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C	48
8. Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C	48
9. Logaritmo natural del índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C	49
10. Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C	49
11. Logaritmo natural del índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C	50
12. Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a las temperaturas: 5, 25 y 35 °C	51
13. Constante de velocidad de reacción (k) vrs. temperatura de almacenamiento para la crema esterilizada	51

14. Comportamiento del contenido promedio de ácido láctico en crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C	53
15. Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C	53
16. Logaritmo natural del porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C	54
17. Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C	54
18. Logaritmo natural del porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C	55
19. Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C	55
20. Logaritmo natural del porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C	56
21. Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a las temperaturas: 5, 25 y 35 °C	56
22. Constante de velocidad de reacción (k) vrs. temperatura de almacenamiento para la crema esterilizada	57
23. Comportamiento del contenido promedio de grasa en crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C	58
24. Comportamiento de la consistencia de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C	59
25. Perfil sensorial de "Olor" para crema esterilizada (120 °C/ 20 min), UHT y pasteurizada	65
26. Perfil sensorial de "Apariencia" para crema esterilizada (120 °C/ 20 min), UHT y pasteurizada	65
27. Perfil sensorial de "Sabor" para crema esterilizada (120 °C/ 20 min), UHT y pasteurizada	65

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Día 12, E. Coli y Coliformes totales, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	60
2. Día 12, Recuento total de aerobios, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	60
3. Día 12, Mohos y levaduras, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	61
4. Día 12, <i>Staphylococcus aureus</i> , T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	61
5. Día 48, Recuento total de aerobios, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	61
6. Día 48, Mohos y levaduras, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	62
7. Día 72, Recuento total de aerobios, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	62
8. Día 72, Mohos y levaduras, T = 5 °C, 25 °C y 35 °C	62
9. Crema esterilizada día 0, T= 5, 25, 35 °C	64
10. Crema esterilizada día 72, T= 5 °C	64
11. Crema esterilizada día 72, T= 25 °C	64
12. Crema esterilizada día 72, T= 35 °C	64
13. Recepción y estandarización de materia prima	116
14. Homogenización, calentamiento y adición de sales estabilizantes	116
15. Empaque y sellado	116
16. Esterilización	116
17. Enfriamiento y almacenamiento	116

## LISTA DE APÉNDICES

<b>Apéndice</b>	<b>Página</b>
A. ÍNDICE DE PERÓXIDO. Método Ácido Acético-Cloroformo. Método Oficial A.O.C.S., Cd 8-53	103
B. Vida de anaquel	106
C. Análisis para determinación de vida de anaquel de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C (índice de peróxidos)	107
D. Acidez	108
E. Análisis para determinación de vida de anaquel de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C (acidez)	109
F. Consistencia	110
G. Grasa	111
H. Microbiología	111
I. Perfil sensorial	112
J. Análisis estadístico	113
K. Proceso	116
L. Formulación	117

## RESUMEN

En este trabajo se desarrolló una crema 100% pura de vaca, de origen nacional y esterilizada en empaque flexible, con el fin de evaluar su vida de anaquel y calidad sensorial. El principal objetivo fue ofrecer al mercado guatemalteco la oportunidad de tener un mayor tiempo de distribución en sus canales de venta e incluso una posible herramienta para competir con la crema ultrapasteurizada (UHT) de origen extranjero que se encuentra actualmente en el mercado nacional. Para esto se utilizó una crema 100% pura, la cual se estandarizó a un contenido graso de 30-35%. Esta crema se envasó en empaque flexible y fue sometida a proceso de esterilización (120 °C/20 min) en autoclave.

Se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos a la crema utilizada como materia prima y a la crema ya esterilizada para analizar su contenido de materia grasa, acidez, consistencia, color e índice de peróxidos. Se realizaron análisis microbiológicos para determinar la ausencia de *Staphylococcus aureus*, Coliformes totales, *E. Coli*, Mohos y levaduras y Recuento total de aerobios. De esta manera se comprobó la efectividad del empaque utilizado y del proceso de esterilización al cual fue sometida la crema. Por último, se evaluó la vida de anaquel de la crema esterilizada cuando esta fue almacenada a temperaturas de 5, 25 y 35 °C.

También se llevó a cabo una prueba sensorial de ordenamiento utilizando crema pasteurizada, UHT y crema esterilizada (120 °C/ 20 min), para determinar la preferencia del consumidor para la crema esterilizada con respecto a la crema pasteurizada y UHT que se encuentra en el mercado nacional. Se desarrolló un Perfil Sensorial para una crema pasteurizada, UHT

y la crema esterilizada, con el fin de evaluar las diferencias y similitudes que existieron entre las características sensoriales que puedan representar significancia en el momento en el que el consumidor decida cuál de todas estas cremas comprar.

Por medio del análisis de índice de peróxidos, se determinó que la vida de anaquel aproximada para la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) almacenada a 5, 25 y 35 °C fue de 456.3894, 373.7541 y 245.7002 días respectivamente. También se determinó la vida de anaquel de dicha crema utilizando como parámetro de calidad el porcentaje de acidez. En este caso, la vida de anaquel aproximada para la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) almacenada a 5, 25 y 35 °C fue de 412.0393, 318.5625 y 283.6365 días respectivamente. Al realizar el análisis de varianza, se comprobó que existe diferencia significativa en el índice de peróxidos, porcentaje de acidez y consistencia, al almacenar la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) a distintas temperaturas en relación a su tiempo de almacenamiento.

El perfil sensorial para “olor”, “sabor” y “apariencia” utilizando crema esterilizada, UHT y pasteurizada, determinó que únicamente existe diferencia significativa entre los perfiles sensoriales para “olor” entre la crema UHT y la crema pasteurizada. Y según la prueba de ordenamiento, no existe diferencia significativa entre la preferencia de los atributos de “olor”, “sabor”, “apariencia” y “textura” para la crema esterilizada, UHT y pasteurizada.

Por último, se comprobó que el proceso de esterilización 120 °C/ 20 min y el empaque flexible utilizado (bolsa retortable), efectivamente prolongan la vida de anaquel de crema 100% pura durante al menos 72 días de almacenamiento.

## I. Introducción

En el mercado guatemalteco se ofrecen tres tipos de crema: fresca y pura, fresca y comercial y pura UHT. Las dos primeras son de producción nacional, en tanto que la tercera proviene de Nueva Zelanda y México.

El Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP) recomienda un consumo mínimo de leche anual por persona de 90 litros y la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo establece en 170 litros. Los productos derivados más consumidos por los guatemaltecos son: crema, queso y mantequilla; en cantidades de 0.9 litros, 1.5 libras y 0.5 libras por semana y por familia, respectivamente. (Vargas, H. 2003)

En la actualidad existen en el mercado varias marcas de crema las cuales son comercializadas en varios tipos de empaque y sometidas a distintos procesos térmicos, con el objetivo de disminuir su carga microbiana y alargar su vida de anaquel. El tipo de crema que más se comercializa es la crema pasteurizada en empaques de plástico rígido o bien plástico flexible. También existen pocas marcas que comercializan crema para consumo directo en envases asépticos.

La vida de anaquel de estos productos, para el caso de las cremas pasteurizadas, puede oscilar entre 15 a 30 días, por el contrario la vida útil de las cremas sometidas a procesos UHT es de 210 días. Esta diferencia es importante ya que existen canales de ventas complejos. El envasado de los productos es una de las muchas limitantes de las empresas guatemaltecas dedicadas a la elaboración de productos lácteos, ya que por no contar con tecnología Tetra Pak (empaque que proporciona de seis a ocho meses de vida al producto), no aportan las condiciones adecuadas para prolongar la vida de anaquel, aspecto que genera pérdidas a la empresa por devolución del producto.

Las cremas UHT que se encuentran en el mercado guatemalteco son todas de origen extranjero, por lo que al obtener una crema nacional de alta calidad y aceptabilidad que pueda ser sometida a procesos de esterilización para prolongar su vida de anaquel, se podrían abrir posibilidades de impulsar la Industria Láctea Guatemalteca y permitir que esta crema compita con los productos de origen extranjero comercializados en el país.

Otro punto a considerar es la existencia de variaciones estacionales en la producción de leche que por ende afectan directamente la producción de crema. Como referencia, se tienen datos estadísticos de producción obtenidos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Según estos datos, en Guatemala el rendimiento promedio de producción de leche nacional es de 3.1 litros/día/vaca, situándose por debajo de la media latinoamericana (3.3 litros/día/vaca) y mundial (5.7 litros/día/vaca). Los costos de producción de leche cruda varían según la región geográfica, en la costa sur-oriente del país (principal zona productora), el costo promedio de producir un litro de leche fluida asciende a veintitrés centavos de dólar. En promedio, en 1999 el precio pagado al productor oscilaba entre los US\$0.26 y US\$0.34 en época seca, y los US\$0.17 y US\$0.25 durante la estación lluviosa.

Aunque no se dispone de datos de producción mensual de leche, se puede afirmar que existe un importante grado de estacionalidad, con menos rendimientos en la época seca (noviembre-abril) que durante la estación lluviosa (mayo-octubre). Se estima que existe una variación del 32% de lo acopiado durante el invierno en comparación con lo adquirido por las industrias lácteas durante el verano, situación que provoca una caída de los precios de la leche.

Al obtener una crema con aceptabilidad sensorial y prolongada vida de anaquel, esto ayudaría a disminuir el impacto que tiene la estacionalidad

sobre la Industria Láctea guatemalteca y al mismo tiempo el mercado tendría menos problemas con la oferta y demanda de este producto.

El fin de este trabajo fue brindarle a la Industria Láctea Guatemalteca un producto que pueda ser distribuido durante un mayor período de tiempo en sus distintos canales de venta sin que se descomponga o sufra alteraciones indeseables durante al menos 70 días después de su producción, sea éste almacenado a temperaturas de refrigeración o no. También se pretendió incentivar a esta industria a promover un producto que ninguna empresa de lácteos guatemalteca ha introducido en el mercado para competir con las cremas esterilizadas de origen extranjero.

## II. Objetivos

### A. General:

- Evaluar la calidad, inocuidad y vida de anaquel de crema 100% pura en empaque flexible y sometida a procesos de esterilización

### B. Específicos:

- Obtener una vida de anaquel y aceptabilidad sensorial superior a 70 días para crema esterilizada en empaque flexible y contenido graso de 30-35%, por medio de la aplicación del tratamiento térmico de esterilización de 120 °C/ 20 min y almacenamiento a temperaturas de 5 °C, 25 °C y 35 °C.
- Calcular la vida de anaquel aproximada de la crema esterilizada, almacenada bajo diferentes condiciones de temperatura (5° C, 25 °C y 35 °C), por medio de la medición de la acidez titulable y de la cinética de la reacción de rancidez oxidativa, midiendo el índice de peróxido de la misma.
- Evaluar la calidad sensorial para la crema esterilizada en empaque flexible a través de la comparación con el perfil sensorial de crema pasteurizada y crema UHT.
- Llevar a cabo una prueba sensorial de ordenamiento utilizando crema UHT, crema pasteurizada y crema esterilizada 120 °C/ 20, para verificar la aceptabilidad que la crema esterilizada tiene en comparación con la pasteurizada y la UHT.

## **C. Marco teórico y antecedentes**

### **A. Leche y derivados lácteos**

Factores relacionados con la vaca como la raza, los intervalos de ordeño, el período de lactancia, la temporada, la alimentación, la temperatura ambiental, el estado de salud, edad, período de gestación, y el ejercicio son conocidos por causar variaciones en grasa, proteína, los niveles de lactosa y minerales de la leche derivada de vacas individuales. Sin embargo, la estacionalidad de los principales componentes de la leche son importantes para el procesador, ya que impactan propiedades importantes de los productos terminados. (Chandan; Kilara; Shah, 2008).

La leche tiene una infinidad de formas de industrialización, especialmente porque se han desarrollado muchas tecnologías, en cuanto a maquinaria y procesos se refiere. De la leche se pueden obtener derivados directos, los principales derivados lácteos son: queso (en amplia variedad), leche pasteurizada, yogurt, crema, crema dulce, helados, bebidas, dulce de leche y mantequilla. (Varnam y Sutherland, 1994)

### **B. Crema**

La crema se comercializa en muchas formas distintas. El contenido graso de la crema varía desde el 10% (leche enriquecida en grasa), hasta un 48% (doble crema). A pesar de sus múltiples usos, la crema suele considerarse un producto de lujo y, en consecuencia, su flavor tiene una importancia fundamental. Debido a su elevada cantidad de grasa, cualquier flavor extraño desarrollado a partir de este componente, se concentrará en la crema (Walstra; Geurts; Noomen; Jellema; van Boekel, 2001).

La crema se obtiene por medio de la concentración de la materia grasa de la leche. En la crema, la grasa se encuentra principalmente en forma de glóbulos, los cuales se encuentran protegidos por una membrana. Los tipos de crema se definen por su contenido de grasa (Tabla 1), y por el tratamiento térmico recibido (pasteurización, UHT o esterilización) (Varnam y Sutherland, 1994).

**Tabla No. 1**  
Contenido de grasa láctea de las cremas

<b>TIPO</b>	<b>≥ Grasa (% m / m)</b>
Crema, natilla	18
Crema para batir y crema batida	28
Crema para batir y crema batida ricas en grasa	35
Crema doble	45

(Norma del Codex para las Cremas y las Cremas preparadas, 2003; RTCR 412, 2008)

## **1. Proceso**

a. Desnatado y estandarización. La tecnología y el procesamiento de la crema son relativamente sencillos. Las etapas claves en este proceso son: el desnatado y la estandarización. Estas etapas del proceso son comunes en la elaboración de todos los tipos de crema. (Varnam y Sutherland, 1994)

El sistema tradicional de desnatado se basa en la gravedad como fuerza aplicada, pero este proceso es lento y poco eficaz y en los países industrializados se emplea sólo a pequeña escala. Las desnatadoras centrífugas se han utilizado desde hace muchos años y permiten un desnatado rápido y eficaz. Aunque se aplican fuerzas centrífugas extremadamente altas, la variabilidad en el radio de los glóbulos grasos hace que, en la práctica, una proporción de los glóbulos más pequeños nunca se pueda separar. (Varnam y Sutherland, 1994)

La leche inicial para la elaboración de crema ha de cumplir los mismos requisitos exigidos habitualmente para la leche cruda. En este sentido juega un papel importante la composición de la materia grasa, que depende fundamentalmente del régimen de alimentación de las vacas productoras (Spreer, 1991).

b. Homogenización. Cuando la crema se ha preparado como un producto de larga conservación (crema UHT o esterilizada) se ha de impedir de alguna forma la reunión de los glóbulos grasos. De lo contrario se formarían grumos de grasa no dispersables (Spreer, 1991).

Desde un punto de vista higiénico es preferible realizar la homogenización antes de la pasteurización u otro tratamiento térmico. Sin embargo, la homogenización después del tratamiento térmico, reduce los problemas de rancidez causados por las lipasas de la leche, por lo que algunos fabricantes prefieren que estas etapas del proceso se den en este orden. (Varnam y Sutherland, 1994)

Las cremas con un 20% de grasa butírica soportan una temperatura de esterilización de 120 ° C durante 90 a 140 minutos antes de que ocurra la coagulación. Para evitar la separación de la grasa durante largos periodos de almacenamiento, la crema debe ser homogeneizada a presiones relativamente altas. Este tratamiento reduce invariablemente la estabilidad térmica del producto (Webb, 1930). La homogenización también ayuda a generar grados deseables de viscosidad en la crema (Chandan; Kilara; Shah, 2008).

Es necesario realizar una homogenización doble. Esto se debe a que la homogenización simple provoca la formación de racimos de glóbulos grasos. Para una crema con un 30% de grasa se aceptan los siguientes valores:

Primer paso: 70 °C de temperatura y 6-7 MPa de presión.

Segundo paso: 70 °C de temperatura y 1.5-2 MPa de presión. (Spreer, 1991)

c. Tratamiento térmico. Con la excepción de unas cantidades muy pequeñas de crema que se comercializan como “crema no tratada”, toda la crema vendida debe ser pasteurizada o procesada de otra forma para garantizar la seguridad higiénica. En la mayoría de países existen normas similares, aunque la crema cruda es frecuente en países no desarrollados (Varnam y Sutherland, 1994).

1) Pasteurización. La pasteurización de la crema puede realizarse por el método de baja temperatura-largo tiempo (LTLT) o de alta temperatura-corto tiempo (HTST). El método LTLT es normalmente utilizado por pequeños fabricantes, los cuales aplican como mínimo un tratamiento de 63 °C durante 30 minutos. Debido a la viscosidad de la crema la transferencia de calor puede ser un problema y los contenedores donde se lleva a cabo el calentamiento deben permitir que se realice una correcta agitación. Sin embargo, la agitación no debe ser excesiva. Para minimizar la posibilidad de contaminación, el mismo contenedor debe utilizarse para enfriar y para calentar el producto (Varnam y Sutherland, 1994)

2) Esterilización en el envase. La crema esterilizada envasada en latas metálicas o botellas de vidrio, se esteriliza a 110-120 °C durante 10-20 min. La crema con mayor contenido graso es difícil de procesar debido a su escasa conductividad térmica y es extremadamente propensa a la separación de fases durante el almacenamiento. Se utilizan varios tipos de autoclave incluyendo los sistemas continuos, y los discontinuos estáticos y rotatorios. El tipo de autoclave y el tamaño del envase condicionan el tratamiento a aplicar, pero en cualquier caso la temperatura es siempre alta, lo que da lugar a un grado considerable de pardeamiento por reacción de Maillard, a la desnaturalización proteica y a la aglomeración de la grasa,

modificaciones que imparten al producto propiedades características. (Varnam y Sutherland, 1994)

## **2. Tratamientos específicos para diferentes tipos de crema.**

Los tratamientos térmicos aplicados a los productos lácteos tienen varios objetivos, entre ellos se encuentran:

- Destrucción de microorganismos para mejorar la calidad higiénica y prolongar la vida de anaquel del producto
- Inactivar algunas enzimas para mejorar la estabilidad de los productos durante su almacenamiento
- Modificar la estructura de ciertas moléculas tales como las proteínas para influir en la textura del producto terminado
- Generar productos de la reacción de Maillard para ciertas aplicaciones (Jeantet, 2005)

Existen muchos factores que afectan a la viscosidad de la crema (Tabla 2), de hecho, puede afirmarse que cada aspecto de la elaboración, del procesado y de la manipulación de la crema tiene un efecto, aunque sea débil, sobre la viscosidad. En la práctica, factores tales como la composición de la leche están bastante fuera del control, mientras que otros como la temperatura del desnatado, se determinan en condiciones normales de funcionamiento. La viscosidad, se puede modificar con la homogenización y un enfriamiento controlado tras el tratamiento térmico. (Varnam y Sutherland, 1994)

**Tabla No. 2**  
Factores que afectan la viscosidad de la crema

---

*Asociados a la leche*

composición en triglicéridos

*Asociados al tratamiento*

contenido de  
grasa  
presión de homogenización  
tratamiento  
térmico

*Asociados al almacenamiento*

temperatura  
tiempo de almacenamiento

---

(Varnam y Sutherland, 1994)

**3. Estabilidad térmica.** En la fabricación de crema esterilizada, resulta bastante difícil evitar la coagulación durante la esterilización, y al mismo tiempo obtener un producto bien homogenizado, en el que no se produzcan rápidamente el desnatado y la coalescencia de los glóbulos grasos. La homogenización es la causa principal de la inestabilidad térmica. Aunque la estabilidad al calor de la crema puede mejorarse ajustando el pH y añadiendo sales estabilizantes, las principales variables son las condiciones de homogenización. Parece que cuanto mayor es el área superficial de los glóbulos grasos recubierta por la caseína, menos estable es la crema (Walstra; Geurts; Noomen; Jellema; van Boekel, 2001).

Cuanto mayor es la presión de homogenización, menor es la estabilidad térmica de la crema. Sin embargo, cuando las presiones de homogenización son muy bajas, aparecen problemas de desnatado y coalescencia. (Walstra; Geurts; Noomen; Jellema; van Boekel, 2001).

**4. Control del producto final.** Es necesario realizar un control del producto final para todos los tipos de crema, bien estén elaborados a partir de ingredientes lácteos o de sustitutos. Se debe llevar a cabo un análisis químico para comprobar que la crema tiene el contenido de grasa adecuado respecto a la normativa legal. También se deben determinar las propiedades físicas de la crema, para garantizar su calidad y una adecuada funcionalidad en su utilización final. La realización de un análisis microbiológico, incluyendo un test de esterilidad, es necesaria para verificar que el proceso y manipulación han sido correctos. (Varnam y Sutherland, 1994)

**5. Análisis químico.** Es necesario realizar análisis químicos para el control de la producción y el examen del producto final. Obviamente, el contenido de grasa es de gran importancia y se puede determinar por métodos de análisis más precisos como el Método de Babcock o el Rose-Gottlieb. (Varnam y Sutherland, 1994)

Las propiedades reológicas y las propiedades funcionales de la crema son determinantes de la calidad y aceptabilidad, y son una parte importante del control del producto final (Varnam y Sutherland, 1994).

**6. Análisis microbiológico.** En los últimos años los informes sanitarios sobre la crema pasteurizada han sido buenos. No hay informes conocidos sobre intoxicaciones alimentarias producidas por el consumo de cremas UHT, esterilizada en envase o coagulada. (Varnam y Sutherland, 1994)

En general, los métodos utilizados para el análisis microbiológico de la leche, resultan adecuados para la crema. Estos incluyen métodos predictivos para determinar la vida útil, aunque normalmente no se tienen en cuenta los efectos de la manipulación en la fase de comercialización (Varnam y Sutherland, 1994).

El examen microbiológico de la crema debería incluir recuentos para levaduras. Se prefiere un medio con antibióticos como el Rosa de Bengala-cloranfenicol o el agar con extracto de oxitetraciclina-glucosa-levadura, a un medio de bajo pH como el agar extracto de malta. La incubación a unos 20 °C y el examen del crecimiento de los mohos es la técnica más adecuada. (Varnam y Sutherland, 1994)

a. Placa Petrifilm CC para recuento de coliformes totales. <<Las placas Petrifilm CC contienen los nutrientes del Violeta Rojo Bilis (VRB) modificado, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador de tetrazolio que facilita la enumeración de colonias. El film superior atrapa el gas producido por la fermentación de la lactosa por los coliformes. >> (3M, 2011)

b. Placa Petrifilm EC para recuento de E. Coli. <<Las placas Petrifilm EC contienen los nutrientes del VRB, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de la actividad glucuronidasa BCIG y un indicador de tetrazolio que facilita la enumeración de colonias. El film superior atrapa el gas producido por la fermentación de la lactosa por los Coliformes y E.coli.>> (3M, 2011)

c. Placa Petrifilm Staph Express para recuento de Staphylococcus aureus. <<La placa de recuento Petrifilm Staph Express contiene un sistema de medio de cultivo preparado. El medio cromogénico de Baird-Parker modificado de la placa es selectivo y diferencial para Staphylococcus aureus. Staphylococcus aureus aparece como colonias rojo-violeta en la placa. Otras colonias que no sean de color rojo-violeta también pueden aparecer en la placa.” Cuando ocurre esto se debe utilizar el disco Petrifilm Staph Express, el cual ha sido diseñado para la detección de las reacciones de desoxiribonucleasa (DNasa) específicas de Staphylococcus aureus aislado en la placa de recuento Petrifilm Staph Express. Este disco contiene azul-O

toluidina, lo que facilita la visualización de las reacciones de DNasa. El disco Petrifilm Staph Express debe de usarse siempre que aparezcan en la placa otras colonias que no sean de color rojo-violeta.>> (3M, 2011)

d. Placa Petrifilm levaduras y mohos. <<El recuento con placas Petrifilm Levaduras y Mohos es fácil. Esta placa contiene un indicador colorante para levaduras y mohos para proporcionar contraste y facilitar el recuento. Para diferenciar las colonias de levaduras y mohos en las placas Petrifilm Levaduras y Mohos, se debe buscar una o más de las siguientes características típicas:">>

*Levaduras:*

- Colonias pequeñas
- Las colonias tienen bordes definidos
- Son de color rosa-tostado a azul-verdoso
- Las colonias pueden aparecer resaltadas
- Generalmente no tienen un centro negro en el centro de la colonia

*Mohos:*

- Las colonias son grandes
- Las colonias tienen bordes difusos
- Color variable (los mohos pueden producir sus propios pigmentos)
- Las colonias son planas
- Generalmente con un punto en el centro de la colonia (3M, 2011)

**7. Alteraciones de la crema esterilizada en el envase.** La alteración de la crema esterilizada se debe normalmente a un fallo en el envase o en los sistemas de envasado, o a la entrada de contaminantes tras el procesado. Los contaminantes posteriores al tratamiento proceden a menudo del agua de refrigeración, pudiendo entrar por las soldaduras dobles de las latas, aún cuando no presenten un defecto evidente. También puede contaminarse la crema esterilizada en envase de vidrio, después de recibir el tratamiento, pero es menos frecuente (Varnam y Sutherland, 1994). El vapor de agua es un componente normal del aire en el espacio de cabeza de un envase de productos lácteos y si el envase no está herméticamente cerrado, el vapor de agua pasará fácilmente a través del punto de fuga (Dickerson, 1973).

Normalmente, la estabilidad química no representa ningún problema, aunque durante la conservación larga, pueden desarrollarse las reacciones de Maillard. Como el tratamiento térmico ha sido muy intenso, no suelen producirse oxidaciones ni lipólisis. Por el contrario, la crema se altera físicamente con cierta facilidad, por ejemplo, por separación de la fase grasa y agregación de los glóbulos, o por separación de una capa de aceite. Por esta razón, la crema esterilizada siempre se homogeniza. (Walstra; Geurts; Noomen; Jellema; van Boekel, 2001).

### **C. Composición**

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) define a la crema como << el producto obtenido a partir de la leche mediante concentración y separación de la materia grasa dispensada en ella. Los glóbulos de grasa emulsionados en la leche tienen menos densidad que el plasma lácteo, la gravedad determina que se reúnan en la superficie durante el reposo, constituyendo una capa viscosa, amarillenta y espesa, denominada crema, mientras que el líquido sobrante, pobre en manteca, es la leche desnatada.>> (COGUANOR, 1994).

La composición de la crema es muy variable y su variabilidad depende de la técnica empleada para su obtención, sobre todo por la proporción de grasa. La proporción de grasa en la crema desnatada a mano es del 25 al 30 %, mientras que la crema centrifugada contiene del 35 al 45 % de grasa, pudiendo llegar incluso al 60 % de grasa (Tobías, 1981). El porcentaje de componentes de la crema varía según la técnica utilizada para obtenerla (Tabla 3).

**Tabla No. 3**  
Composición química de varias clases de crema

Componentes	Crema desnatada a mano		Crema centrifugada			
	leche %	suero lácteo %	a(%)	b(%)	c(%)	d(%)
agua	68.50	58.60	72.90	64.10	59.70	55.4
grasa	25	36.50	20	30	35	40
sustancias protéicas	2.80	0.80	3	2.60	2.40	2
lactosa	3.30	3.70	3.6	3	2.70	2.40
ceniza	0.40	0.40	0.5	0.30	0.2	0.20
densidad a 15 °C	1.004		1.012	1.002	0.997	0.965

(Rosell J. 1992)

#### D. Clasificación por su uso

En diversos países, las cremas se clasifican para su empleo dependiendo de su proporción de grasa, por ejemplo:

**Tabla No. 4**  
Clasificación de la crema según su aplicación

<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>
Crema para fabricar manteca	No menos de 25 al 30 % de grasa, y un grado de acidez de 7.5 Soxhlet-Henkel.
Crema para café	No menos de 12 a 15 % de grasa
Crema para extenderla sobre pan, etc	No menos del 35 % de grasa
Crema para mezclar con frutas	No menos del 25 % de grasa
Crema coagulada	Con 60 a 70 % de grasa
Crema en lata	Con 20 a 30 % de grasa.

(Departamento de Investigaciones Químicas Biológicas, 2004)

### **E. Características organolépticas**

- Color: la crema puede ser color amarillento, blanco, gris o rosado.
- Sabor: la crema debe tener el sabor característico de un producto fresco y estar libre de sabor ácido, amargo y cualquier sabor extraño o de deterioro
- Olor: debe tener el olor característico de un producto fresco y estar libre de cualquier olor extraño o de deterioro
- Aspecto: atendiendo a la consistencia la crema se clasifica en fluida, espesa, espumosa, granulosa, en copos, filante, etc. (D'Aoust, 1990)

1. Aroma y sabor de la crema. El aroma y sabor característicos de la crema se deben principalmente a los componentes de la fase grasa, aunque también contribuyen algunas sustancias de la fase acuosa y de la membrana del glóbulo graso. (Varnam y Sutherland, 1994)

Los cambios en la composición de la crema durante el procesado, son parecidos a los que se producen en la leche, dependiendo en gran medida de la severidad del tratamiento. Los cambios en la fase grasa son de gran

importancia y los compuestos como las lactonas cuya presencia es deseable a bajas concentraciones, producen defectos en el aroma y sabor cuando se forman en gran cantidad en los tratamientos UHT y de esterilización en el envase. (Varnam y Sutherland, 1994)

Las variaciones existentes entre los lotes de una misma producción se pueden deber a factores como el daño mecánico producido durante el desnatado, y el tiempo y temperatura de calentamiento antes de la pasteurización, con una actividad máxima de la lipasa a unos 40 °C. Las variaciones según la época del año son más difíciles de explicar y, aunque el fenómeno suele ser más frecuente en primavera, los cambios en la alimentación de las vacas según la estación, apenas juegan un papel relevante en el desarrollo de la lipólisis. (Varnam y Sutherland, 1994)

Las alteraciones en el aroma y sabor de la crema durante el almacenamiento, se deben fundamentalmente a la lipólisis y a la oxidación de la grasa. La crema que no ha recibido un calentamiento suficiente para inactivar la lipasa asociada a la caseína, tiene en teoría mucha tendencia a la lipólisis, aunque en la práctica la vida útil de estas cremas termina por alteración microbiana. La crema se altera fácilmente ya que contiene mucha materia grasa y las lipasas de los psicrótrofos tienden a distribuirse en la fase grasa. Sin embargo, los ácidos grasos libres que contribuyen a la percepción global de esta alteración, se detectan con menor facilidad en la crema que en la leche. (Varnam y Sutherland, 1994)

La crema es muy susceptible a la oxidación lipídica, especialmente cuando se expone a la luz. La oxidación se acelera con una longitud de onda en rangos de 310-490 nm, siendo las longitudes de onda de 440-490 nm las más perjudiciales. Los plásticos que se utilizan normalmente para la fabricación de envases para la crema pasteurizada, no ofrecen ninguna protección efectiva. La oxidación lipídica es rápida en las cremas cruda y pasteurizada. Sin embargo, en la cream UHT o esterilizada en el envase, los

grupos –SH libres que se forman a partir de la  $\beta$ -lactoglobulina durante el tratamiento, tienen un papel protector. La crema homogenizada es más susceptible a la oxidación debido a que existe una mayor superficie de grasa expuesta al oxígeno. (Varnam y Sutherland, 1994)

## **F. Esterilización de productos**

Los principios aplicados para la esterilización térmica de alimentos son los mismos para la esterilización de productos en el interior de sus envases. Es preciso conocer la velocidad de la destrucción térmica de los microorganismos que pueda contener el alimento que está siendo tratado. Debe aplicarse esta información adecuadamente de forma que pueda alcanzarse la temperatura y el tiempo adecuados para la destrucción de los microorganismos. (Rees; Bettinson, 1991)

Los métodos para esterilizar los productos en el interior de los envases suelen imponer un mayor tiempo de esterilización, ya que la transferencia de calor hacia el producto es relativamente lenta. La esterilización previa al llenado del envase, como se realiza en los tratamientos asépticos, requiere un tiempo de calentamiento relativamente corto. Este proceso de esterilización suele conseguirse mediante calentamiento rápido del producto hasta 130-145 °C, temperatura que se mantiene un tiempo apropiado, posteriormente el producto será refrigerado rápidamente. (Rees; Bettinson, 1991)

El calentamiento del producto se efectúa mediante intercambio indirecto o directo de calor. El calentamiento indirecto tiene lugar, en productos líquidos homogéneos, cuando el producto a calentar y el medio calefactor se mantienen separados mediante la superficie de calentamiento.

El tipo específico de calentamiento aplicado viene determinado generalmente por la naturaleza del producto y por aspectos económicos de la operación. (Rees; Bettinson, 1991)

### **G. Conservación por el calor y calidad sensorial**

El tratamiento térmico provoca por sí mismo un efecto importante sobre la calidad de un alimento y es responsable de diversos cambios que experimenta (Tabla 5). La gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas estructurales tienen una influencia directa sobre la textura de un alimento. Las reacciones inducidas por el calor, tales como la reacción de Maillard, influyen sobre el color y el sabor así como sobre las cualidades nutritivas de los alimentos. Sin embargo, una de las reacciones más importantes es la oxidación que puede producirse durante el tratamiento térmico y posterior almacenamiento. (Rees; Bettinson, 1991)

Se ha demostrado que el sabor, el color y ocasionalmente los cambios estructurales están relacionados con la oxidación, aunque en la mayoría de los casos no han sido aclarados los mecanismos exactos. En general, los cambios producidos antes del tratamiento térmico son menos importantes que los originados durante o después del tratamiento térmico, ya que la manipulación y el calor ejercen la máxima influencia sobre la alteración de los tejidos del alimento y de la mezcla resultante de los contenidos celulares de distintos materiales. (Rees; Bettinson, 1991)

**Tabla No.5**  
Efecto del tratamiento térmico sobre la calidad sensorial

---

<i>Textura</i>	
Lesión de las membranas celulares	Pérdida de consistencia
Separación celular	Pérdida de firmeza
Desnaturalización de la proteína	Solidez, gelificación
Gelatinización del almidón	Gelificación
 <i>Color</i>	
Rotura de pigmentos naturales	Decoloración
	Pérdida de color
Reacciones de Maillard	Oscurecimiento
 <i>Sabor</i>	
Sabor básico	Estable
Pérdida de compuestos volátiles	Pérdida de olor
Formación de compuestos volátiles	
Maillard	olor a quemado, amargo
oxidación	olor a rancio
piracainas	olor a quemado

---

(Rees; Bettinson, 1991)

## H. Valoración de la calidad sensorial

La valoración sensorial puede servir para determinar los efectos del tratamiento térmico sobre los alimentos, o sobre su aceptabilidad. Las últimas pruebas son realizadas por panelistas no entrenados, las primeras por panelistas entrenados, generalmente trabajando bajo condiciones controladas de iluminación, temperatura, tamaño de muestras etc., y usando técnicas bien establecidas. (Rees; Bettinson, 1991)

El método usado para la valoración depende de la finalidad de la investigación, por ejemplo se usará una prueba diferenciadora si la finalidad consiste en descubrir si un tratamiento ha inducido cambios en un producto, y

una prueba descriptiva para descubrir en qué forma ha influido el tratamiento sobre el producto. (Rees; Bettinson, 1991)

Los aspectos como color, forma, textura de la superficie y translucidez, serán evaluados visualmente bajo condiciones estándar de iluminación y siempre con un mismo fondo que no influya sobre el color del producto a evaluar. El sabor se evalúa mediante el sentido del gusto (dulce, salado, amargo, ácido) y del olfato (compuestos volátiles), y suele ser evaluado en la boca a la temperatura en que el alimento es consumido normalmente. (Rees; Bettinson, 1991)

### **I. Bolsa retortable (retort pouch)**

La bolsa retortable o retort pouch (en inglés) es un empaque laminado y flexible que puede ser térmicamente procesado como una lata. El laminado de esta bolsa está compuesto de tres distintos tipos de capas: la capa exterior está compuesta de un film de polyester, la capa media de un film de aluminio y la capa interna de polipropileno modificado. (Canning Trade Inc., 1981)

El material para las bolsas retortables debe proveer propiedades de barrera superior para lograr una larga vida de anaquel, integridad de sellado, dureza y resistencia a la perforación. También debe soportar los rigores del procesamiento térmico. (Canning Trade Inc., 1981)

Los empaques para alimentos térmicamente procesados y comercialmente estériles deben permanecer impenetrables a bacterias. Numerosos estudios han sido llevados a cabo con respecto a la permeabilidad de las capas sencillas y materiales laminados a las bacterias. Los resultados de estos estudios son que básicamente, los empaques laminados no permiten la penetración de bacterias al menos que exista una fractura en el laminado. Para detectar la existencia de fracturas en el

empaque, se pueden utilizar técnicas de tinción que hacen resaltar dicho defecto. (Canning Trade Inc., 1981)

Una vez procesada, la bolsa debe tener buenas propiedades de barrera contra gases para poder brindarle una prolongada vida de anaquel al producto empacado dentro de la misma. La capa de aluminio ha demostrado ser una barrera adecuada contra el gas en la estructura de la bolsa para retorta. Cuando el aluminio es removido de la estructura, esto trae como resultado una vida de anaquel limitada. Por ende, la inclusión de la capa de aluminio prolonga la vida de anaquel. (Canning Trade Inc., 1981)

Los materiales de fabricación de los empaques retortables plásticos pueden ser más económicos que los de los enlatados; sin embargo, los primeros empaques tienden a ser más costosos debido a la necesidad de inspeccionar más cuidadosamente los sellos térmicos de las costuras. (Serrano, 2009).

1. Esterilización térmica de bolsas retortables.: Bajo condiciones adecuadas, las bolsas pueden ser procesadas en retortas por batch o en retortas continuas. El medio calefactor puede ser vapor saturado, mezclas vapor-aire o agua con enfriamiento de presión de aire. Por medio de estudios, se han establecido en conjunto los coeficientes de transferencia de calor para estos medios calefactores. (Canning Trade Inc., 1981)

**Tabla No. 6**  
 Conjunto de coeficientes de transferencia de calor (u) para varios  
 medios de calefacción

	BTU/Hr/°F/sq.ft. of heating surface
Vapor	170
Agua	105
Mezcla Vapor/Aire (75% vapor / 25% aire)	87.5
Aire (100%)	2.96

\*\* Cálculos teóricos basados en el trabajo realizado por el Dr. I.J. Pflung para el Centro de Desarrollo Natick del Ejército de los Estados Unidos

2. Factores críticos en el tratamiento térmico de bolsas retortables: Los mayores factores críticos que afectan el tratamiento térmico de las bolsas retortables son los siguientes: mínimo espacio de cabeza, consistencia del producto, llenado máximo, temperatura inicial, temperatura de procesamiento, tiempo de procesamiento, distribución de temperatura, orientación del contenedor, gas residual en el espacio de cabeza, medio de procesamiento (vapor saturado, agua, mezcla vapor-aire), temperatura de aire predominante. (Canning Trade Inc., 1981)

Por tener un perfil delgado, la bolsa retortable puede transferir calor más rápido hasta llegar a su punto crítico. Durante el procesamiento, esto permite que la cantidad de calor requerido para que la esterilización alcance el punto crítico y ocurra un sobre cocimiento mínimo del producto cerca de las áreas periféricas del contenedor. Por lo tanto, para alimentos propensos a pérdidas de calidad debido a calentamiento excesivo durante la preservación, la bolsa para retorta ofrece la obtención de mayor calidad junto con una mejor retención de nutrientes sensibles al calor. (Canning Trade Inc., 1981)

3. Ventajas y desventajas de las bolsas retortables: Las bolsas para retorta combinan las ventajas de las latas de metal y de las bolsas congeladas que solo necesitan hervir para servir. Los atributos de la bolsa para retorta ofrecen beneficios para el consumidor, el comerciante y el productor. Algunos de estos beneficios son los siguientes:

a. La vida de anaquel de los productos empacados en bolsa retortable es al menos igual que a la de los productos empacados en latas de metal

b. El espacio de almacenamiento de la bolsa retortable en una caja de cartón no es mayor que el de las latas

c. El perfil fino de la bolsa proporciona una transferencia rápida del calor, tanto para la preparación como para la esterilización durante el proceso. Es posible lograr una reducción del 30-40% en tiempo de procesamiento, con ahorros en energía

d. La reducción a la exposición del calor resulta en mejoras en el sabor, color y olor, también hay menos pérdidas de nutrientes

e. La bolsa para retorta combina las propiedades deseadas de la mayoría de los actuales sistemas comerciales de alimentos. Ésta logra brindar la misma estabilidad de anaquel que la de los contenedores de metal y de vidrio

f. Los requerimientos energéticos para la construcción de la bolsa para retorta son menores que para el de latas.

g. El problema de contaminación de metales pesados, como el plomo, sería eliminada. Los problemas de corrosión estarían al mínimo y se esperarían una extensión en la vida de anaquel del producto.

h. La bolsa para retorta no se abolla ya que es un empaque flexible

i. Las latas abolladas, de acuerdo a los reportes de servicio de mercado del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, son el factor de deterioro más grande en los supermercados de hoy, representando un 49% del total de deterioros. La adopción de la bolsa para retorta podría

potencialmente eliminar, o al menos reducir a grandes rasgos, este problema tanto para el vendedor como para el productor. (Canning Trade Inc., 1981)

Algunas de las desventajas de las bolsas retortables son las siguientes:

a. Mayor inversión de capital tendría que hacerse en nuevos equipos de llenado y sellado para el contenedor particular y se tendrían que hacer modificaciones en algunos de los sistemas de procesamiento térmico.

b. El proceso de llenado es más lento y complicado. Las líneas de llenado de bolsas para retorta actualmente ejecuta de 30-60 bolsas por minuto, comparado con las líneas de llenado para latas que ejecutan 400 latas por minuto.

c. El tratamiento térmico de bolsas para retorta es más complejo y los procesos tienen que ser establecidos para cada producto en el tipo y tamaño particular de su contenedor.

d. Existen limitaciones en cuanto al tamaño de las bolsas. Si el tamaño es muy grande, el perfil se vuelve más grueso y el tiempo de esterilización es más largo, lo que podría traer como consecuencia un sobre cocimiento y pérdida de las ventajas en calidad sobre los alimentos enlatados.

e. Ya que la bolsa es un contenedor flexible, la detección de fugas es más difícil que con un tipo convencional de contenedor. Asimismo, las bolsas pueden estar perforadas. (Canning Trade Inc., 1981)

Aparte de la resistencia térmica, la bolsa retortable también se caracteriza por proveer una barrera a la difusión de oxígeno, suficiente para evitar los procesos de oxidación de los alimentos. El vidrio y el metal proporcionan una barrera excelente al oxígeno y los nuevos plásticos usados en empaques retortables también pueden ofrecer esta propiedad con diferentes niveles de

eficiencia (Serrano, 2009). El tiempo de vida de un alimento envasado en una bolsa retortable puede superar los dos años, dependiendo de la naturaleza del producto. Entre sus características más destacadas, las bolsas retortables soportan procesos de esterilización superiores a 121°C por tiempos que varían entre los 30 y 60 minutos en autoclave con presión compensada, por lo que conservan las propiedades naturales de su contenido. (Ortega, 2005).

En los últimos años la crisis económica ha tenido un efecto en el comportamiento de los mercados de los productos alimenticios empacados en el mercado latinoamericano, según empresas de investigación de mercados. Los consumidores se están viendo obligados a reducir sus presupuestos y a limitar sus visitas a restaurantes. Los principales beneficiarios de esta tendencia son los fabricantes de comidas empacadas listas para consumir. Estas comidas representan una alternativa más económica que la de los consumos en restaurantes y siguen aportando las características de conveniencia que buscan los usuarios. Esta tendencia estuvo apoyada también en los lanzamientos al mercado de nuevos tipos de comidas. En la medida que la condición de la economía mejore, se espera que los consumidores den prioridad a los productos que les aportan mejores funciones de desempeño y conveniencia (Serrano, 2010).

<<La lata de acero para empacar alimentos rápidamente está convirtiéndose en un producto del pasado. En su lugar, las bolsas, bandejas y botellas plásticas retortables, y las botellas de vidrio, todas con una gran variedad de membranas y tapas de cierre, se ofrecen en el mercado creando un amplio rango de opciones y productos únicos. >> (Williams, Allpax Products, Inc, 2010)

## J. 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 término 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.

Existen muchos ensayos que utilizan técnicas y modelos matemáticos que describen los cambios de calidad debido a la temperatura de almacenamiento. (Anzueto, 1992)

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

- ✓ Determinar el parámetro de calidad para el producto en cuestión.
- ✓ Determinar las reacciones químicas y/o formas de deterioro principales.
- ✓ Definir el empaque a utilizar.
- ✓ Seleccionar las condiciones de almacenaje (mínima 2 más un control).
- ✓ Decidir qué pruebas se realizarán y su frecuencia (mínimo 6 puntos.)
  
- ✓ Programar y preparar el experimento (número de muestras necesarias, identificación, itinerario, duración de la prueba, etc.)
- ✓ 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.

✓ Elaborar un informe final. (Anzueto, 1992)

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 más bien como la cantidad de A perdido o producido como función del tiempo. (Labuza, 1982)

2. Pérdida de vida de anaquel a velocidad constante: Basándose 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 pérdida 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).

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

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

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

Donde:

$A_o$  = valor inicial del factor calidad

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

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

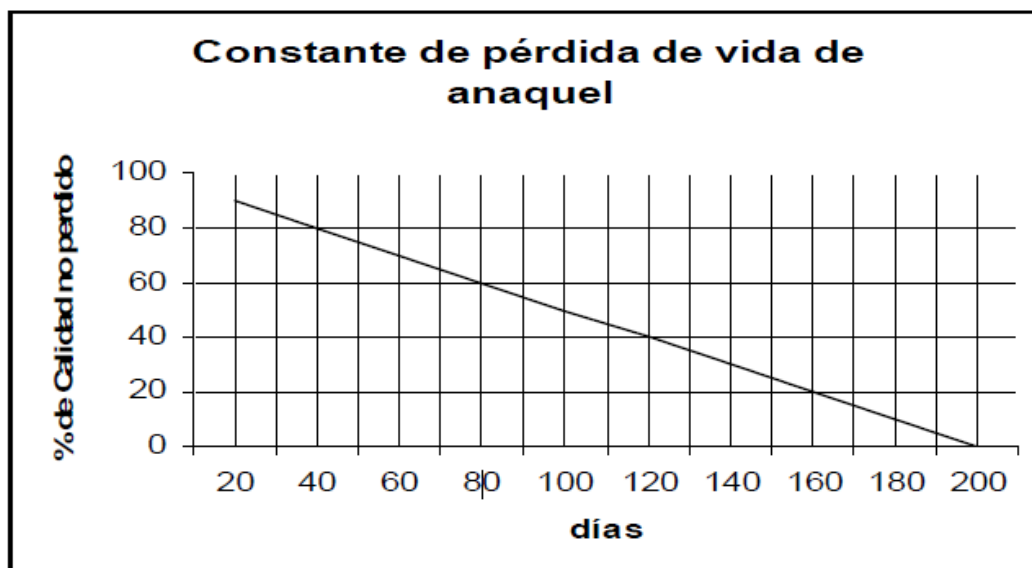
El mayor problema al evaluar la vida de anaquel es verificar que efectivamente  $n$  es 0 para que la ecuación (4) pueda ser utilizada. Esto no es fácil de llevar a cabo, aunque algunas formas de deterioro se ajustan al orden cinético de cero. Entre estas están:

- 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) (Labuza, 1982)

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  $k$ .

### Gráfico No. 1

Curva de velocidad con un orden cinético de cero.



(Anzueto, 1992)

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. (Labuza, 1982)

3. Pérdida de vida de anaquel a velocidad variable: En muchos casos, la calidad 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 para una reacción con  $n=1$  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  $\theta$ .

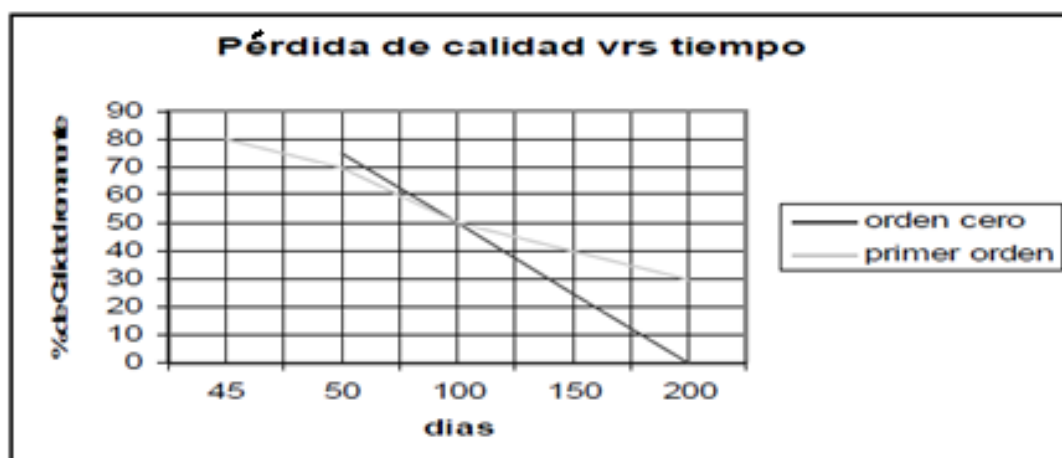
$A_0$  = Cantidad inicial del factor calidad.

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 Figura 2.

### Gráfico No. 2

Curvas cinéticas de deterioro



(Anzueto, 1992)

Algunos 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. (Labuza, 1982)

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. (Labuza, 1982)

#### **IV. Diseño experimental**

##### **A. Obtención de materia prima:**

La muestra de crema pasteurizada fue proporcionada por una empresa de lácteos ubicada en el interior del Ingenio San Diego. Estas muestras fueron recolectadas en julio de 2011

##### **B. Estandarización de la crema**

La crema fue estandarizada a un contenido graso del 30% - 35% utilizando leche descremada.

##### **C. Homogenización**

Se homogenizó la crema utilizando una licuadora industrial (ubicada en la Universidad del Valle de Guatemala), con el fin de reducir el tamaño de los glóbulos grasos y el poder de atracción de los mismos durante el almacenamiento. También se le añadieron sales estabilizantes, emulsificante y estabilizante para que protegieran a las proteínas y glóbulos grasos del tratamiento térmico de esterilización (120 °C/ 20 min.).

##### **D. Calentamiento**

La crema posteriormente fue introducida en una marmita (ubicada en la Universidad del Valle de Guatemala) y fue calentada hasta una temperatura de 85 °C para lograr activar la función del estabilizante (inhibición de sinéresis).

#### E. Envasado y sellado

La crema fue envasada en un empaque flexible (bolsa retortable), compuesto por tres capas (polyester, aluminio y polipropileno modificado). Dicho empaque fue sellado con una selladora de calor (ubicada en la Universidad del Valle de Guatemala).

#### F. Esterilización

Se utilizó una autoclave (ubicada en la Universidad del Valle de Guatemala) para someter la crema al tratamiento térmico de esterilización, cuya combinación de temperatura y tiempo fue de: 120 °C por 20 minutos.

#### G. Enfriamiento

Se le aplicó shock térmico con agua templada para evitar que se continuaran formando compuestos producidos por la reacción de Maillard, inducida por el tratamiento térmico.

#### H. Almacenamiento

Después del tratamiento térmico de esterilización (120 °C/ 20 min) recibido, la crema fue dividida en tres grupos. Cada uno de estos grupos fue almacenado bajo distintas condiciones de temperatura: 5, 25 y 35 °C.

Para estudiar cómo se fue dando la evolución del deterioro de la crema esterilizada a estas tres temperaturas, se programaron 6 análisis químicos para un período de almacenamiento total de 72 días.

Se tomaron muestras de la crema sometida al proceso de esterilización y almacenada a las 3 temperaturas anteriormente mencionadas, cada 12

días para su análisis químico de consistencia, color, acidez, grasa e índice de peróxidos.

Los siguientes métodos fueron los que se utilizaron para realizar cada uno de los análisis químicos mencionados:

- Porcentaje de grasa: Método Oficial de la AOAC 995.18 “Grasa en Crema” Método de Babcock
- Porcentaje de acidez: Método Oficial de la AOAC 947.05 “Acidez en Leche” Acidez Titulable
- Índice de peróxidos: Método Oficial de la AOCS Cd 8-53 “Índice de peróxidos por el método ácido acético- cloroformo”
- Consistencia: Se utilizará un Consistómetro de Bostwick
- Color: Se utilizará un Colorímetro con la escala Hunter Lab

#### I. Análisis sensorial

- Prueba de ordenamiento:

Se realizó una prueba de ordenamiento utilizando crema pasteurizada, crema UHT y crema esterilizada (120 °C/ 20 min). Todas estas cremas fueron almacenadas a 5 °C. Los aspectos evaluados en esta prueba fueron los siguientes: olor, sabor, apariencia y textura. Para realizar esta prueba se utilizaron 10 panelistas no entrenados y tolerantes a la lactosa y se utilizó una escala numérica de 1 a 3, donde 1 era la muestra que “más prefería” y 3 la que “menos prefería”.

A continuación se presenta la boleta de evaluación utilizada:

No. de panelista \_\_\_\_\_

**Boleta de evaluación**  
PRUEBA DE ORDENAMIENTO PARA CREMA PASTEURIZADA, UHT Y  
ESTERILIZADA

Sexo: F: \_\_\_\_\_ M: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

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

Sírvase degustar las muestras de crema que se presentan a continuación. Evalúelas según su olor, sabor, apariencia y textura. Numere las muestras en orden descendente de 1 a 4, según su preferencia, bajo cada una de las características mencionadas. Coloque un número "1" a la muestra que más le agrade, y un número "4" a la que menos le agrade.

Código de la muestra	OLOR	SABOR	APARIENCIA	TEXTURA

Comentarios:

---



---



---

### Perfil sensorial:

Se desarrollaron perfiles sensoriales de “olor”, “sabor” y “apariencia” para una crema pasteurizada, UHT y esterilizada (120 °C / 20 min). Todas estas cremas fueron almacenadas a 5 °C. Para realizar esta prueba se utilizaron 10 panelistas entrenados y tolerantes a la lactosa y se utilizó una escala numérica de 0 a 10, donde 0 se consideró como un atributo no percibido y 10 para el atributo percibido con máxima intensidad.

A continuación se presenta la boleta de evaluación utilizada:

No. de panelista \_\_\_\_\_

Sexo: F:\_\_\_\_\_ M:\_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

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

**Boleta de perfil de aroma, sabor, apariencia y textura de crema sometida a distintos tratamientos térmicos**

A continuación se le presentan cuatro muestras de crema que fueron sometidas a distinto tratamiento térmico (pasteurización, UHT, esterilización). Pruebe las muestras de izquierda a derecha y califique la intensidad con que se detecta cada uno de los descriptores de aroma, sabor, apariencia y textura que se perciben utilizando una escala de 0 a 10, donde 0 será un atributo no percibido y 10 la máxima intensidad.

Atributos de olor:

Código	Lácteo (olor a leche)	Rancio (olor a grasa)	Ácido (olor a ácido)	Animal (olor a vaca)	Acaramelado (a caramelo)

Atributos de apariencia:

Código	Homogénea	Brillosa	Blanca	Amarillenta	Espesa

Atributos de sabor al probar la muestra:

Código	Ácida	Insípida	Grasosa	Animal (a vaca)	Amarga	Caramelo

Anote si encontró algún otro atributo que se pudiera usar como descriptor en cuanto a:

Olor: \_\_\_\_\_

Apariencia: \_\_\_\_\_

Textura: \_\_\_\_\_

#### J. Vida de anaquel

Las muestras de crema envasadas en empaque flexible fueron sometidas al proceso térmico de esterilización 120 °C / 20 min.

La crema fue dividida en tres lotes y cada uno almacenó a distinta temperatura. Las temperaturas de almacenamiento fueron: 5 °C, 25°C y 35 °C. Las muestras a 5 °C fueron colocadas en un refrigerador, las muestras a 25 °C en una caja plástica expuesta al ambiente para simular las condiciones reales de comercialización, y por último las muestras a 35 °C se colocaron en una incubadora. Se seleccionó esta temperatura (35

°C) ya que se podría dar el caso de que el producto se enfrente temperaturas similares. Se obvió la humedad relativa como variable, ya que esta es determinante solo para recipientes permeables al oxígeno tal como sucede con algunos plásticos, pero no sería el caso para el empaque flexible (bolsa retortable).

Se realizó una medición inicial del índice de peróxido de la crema esterilizada, utilizando el método Cd 8-53 de la AOCS y del porcentaje de acidez utilizando el “Método Oficial de la AOAC 947.05 “Acidez en Leche” Acidez Titulable”. Estas mediciones se hicieron cada 12 días, empleando el mismo método hasta llegar al día 72.

➤ Análisis de los resultados

1. Determinación del orden de reacción: Para el método de esterilización aplicado (120 °C/20 min), se graficaron los resultados de índice de peróxido y porcentaje de acidez, respectivamente, con el tiempo transcurrido para los tres rangos de temperatura estudiados (5 °C, 25 °C, 35 °C).

2. Ecuación de Arrhenius: Por medio de las pendientes que se obtuvieron de cada uno de los gráficos anteriormente mencionados, se realizó un Gráfico de Arrhenius, donde se relacionó la temperatura con la constante de velocidad de reacción (k) para el método de esterilización utilizado.

**Tabla No. 7**

Programación de los tiempos de muestreo para la realización de los análisis fisicoquímicos, sensoriales y de vida de anaquel para la crema esterilizada a 120 °C/20 min y almacenada a 5, 25 y 35 °C

Temperatura de almacenamiento	Período de muestreo (días)					
	1	2	3	4	5	6
5 °C	12	24	36	48	60	72
25 °C	12	24	36	48	60	72
35 °C	12	24	36	48	60	72

#### K. Análisis microbiológico

- Para analizar la inocuidad de la crema esterilizada se utilizaron las siguientes placas PetriFilm:
  - Staphylococcus Aureus: Sembrado en PetriFilm con medio específico para identificación de colonias de Staphylococcus Aureus.
  - E. Coli y Coliformes totales: Sembrado en PetriFilm con medio específico para identificación de colonias de Coliformes Totales y de E. Coli
  - Mohos y levaduras: Sembrado en PetriFilm con medio específico para identificación de Mohos y levaduras
  - Recuento total de Aerobios: Sembrado en PetriFilm con medio específico para identificación de colonias de microorganismos aerobios.

**Tabla No. 8**

Programación para los análisis microbiológicos realizados a la crema esterilizada a 120 °C/20 min y almacenada a 5 °C, 25 °C y 35 °C

<b>Análisis/ día</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>72</b>
Staphylococcus aureus	X	X					
E. Coli y Coliformes totales	X	X					
Mohos y levaduras	X	X	X	X	X	X	X
Recuento total de Aerobios	X	X	X	X	X	X	X

## V. RESULTADOS

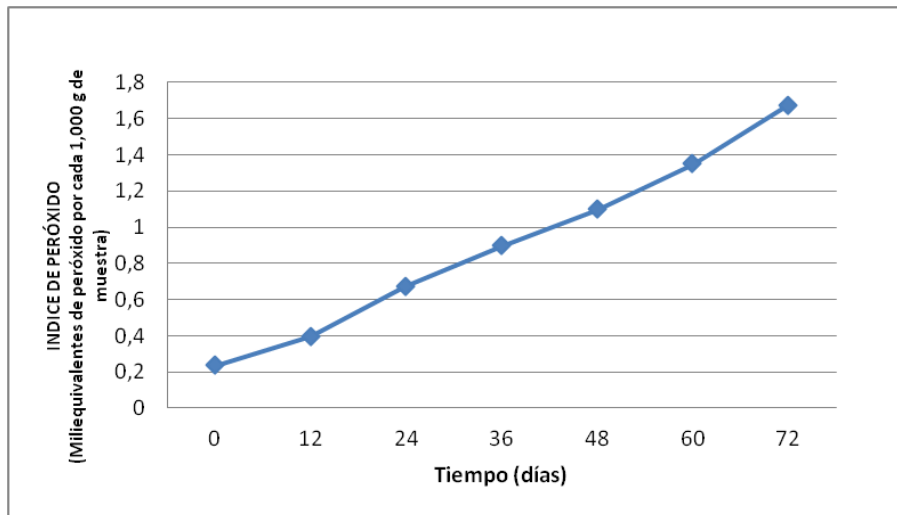
### A. Índice de peróxidos

A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las dos repeticiones para la determinación del índice de peróxido de la crema esterilizada, la cual fue almacenada a temperaturas de 5, 25 y 35 °C.

1. *Almacenamiento a 5 °C*: Como se observa en el Gráfico No. 3, el índice de peróxidos de la crema esterilizada presenta un leve ascenso durante todo el período de almacenamiento partiendo de un valor inicial de  $0.23 \pm 0.004$  meq O<sub>2</sub>/Kg, hasta llegar a un valor de  $1.67 \pm 0.002$  meq O<sub>2</sub>/Kg a los 72 días de almacenamiento.

**Gráfico No. 3.**

Evolución en el contenido promedio de peróxidos en la crema esterilizada almacenada a 5°C

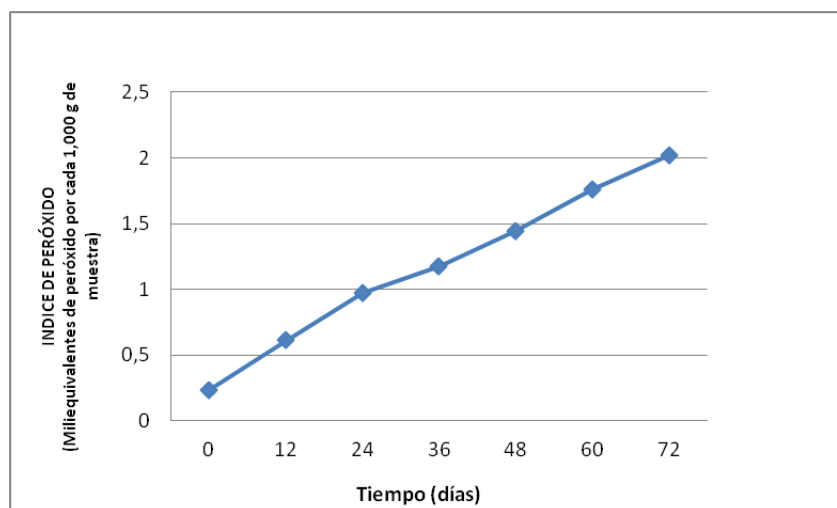


Es notable que los valores de índice de peróxido para este caso se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido por la NORMA DEL CODEX ALIMENTARIUS PARA GRASAS ANIMALES CODEX STAN 211, 9 miliequivalentes de O<sub>2</sub>/Kg de grasa.

2. *Almacenamiento a 25 °C*: En el Gráfico No. 4 se puede observar el comportamiento del índice de peróxidos con respecto al tiempo de la crema esterilizada almacenada a 25 °C (temperatura ambiente aproximada). En este caso el índice de peróxidos mostró un ascenso más marcado el cual parte de los  $0.23 \pm 0.004$  meq  $O_2$ /Kg hasta llegar a los  $2.02 \pm 0.002$  meq  $O_2$ /Kg a los 72 días de almacenamiento. Dicho valor de índice de peróxido todavía se encuentra dentro del límite permitido por la NORMA DEL CODEX ALIMENTARIUS PARA GRASAS ANIMALES CODEX STAN 211, 9 miliequivalentes de  $O_2$ /Kg de grasa.

**Gráfico No.4**

Evolución en el contenido promedio de peróxidos en la crema esterilizada almacenada a 25°C

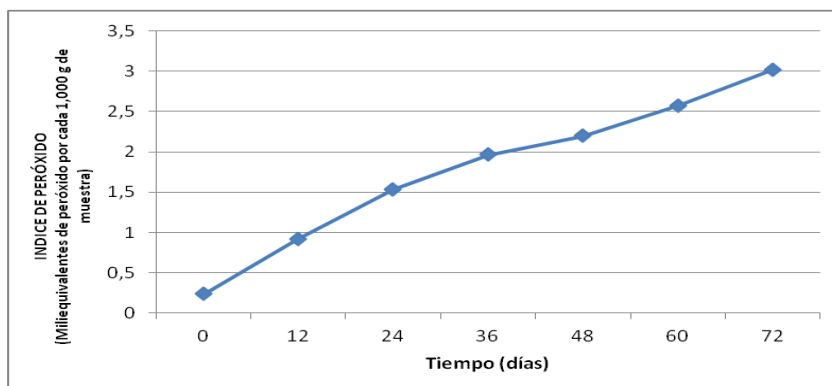


3. *Almacenamiento a 35 °C*: En el Gráfico No. 5 se observa que el índice de peróxido de la crema esterilizada almacenada a 35 °C exhibe un aumento bastante más significativo desde un valor inicial de  $0.23 \pm 0.004$   $O_2$ /Kg hasta un valor  $3.01 \pm 0.002$  meq  $O_2$ /Kg a los 72 días de almacenamiento. En comparación a las condiciones de almacenamiento estudiadas anteriormente (5 °C y 25 °C), esta condición de almacenamiento exhibió en relación a contenido de peróxidos, valores mayores pero que aún se encuentran dentro de los límites establecidos por la NORMA DEL CODEX ALIMENTARIUS

PARA GRASAS ANIMALES CODEX STAN 211, 9 miliequivalentes de O<sub>2</sub>/Kg de grasa.

### Gráfico No. 5

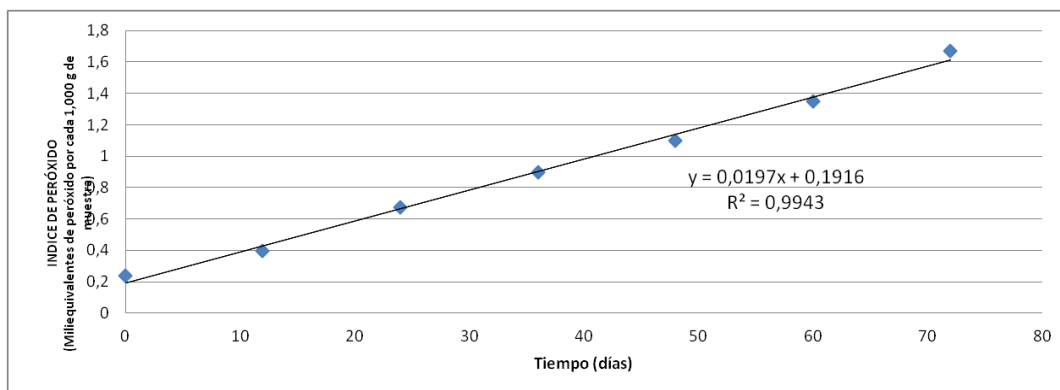
Evolución en el contenido promedio de peróxidos en la crema esterilizada almacenada a 35°C



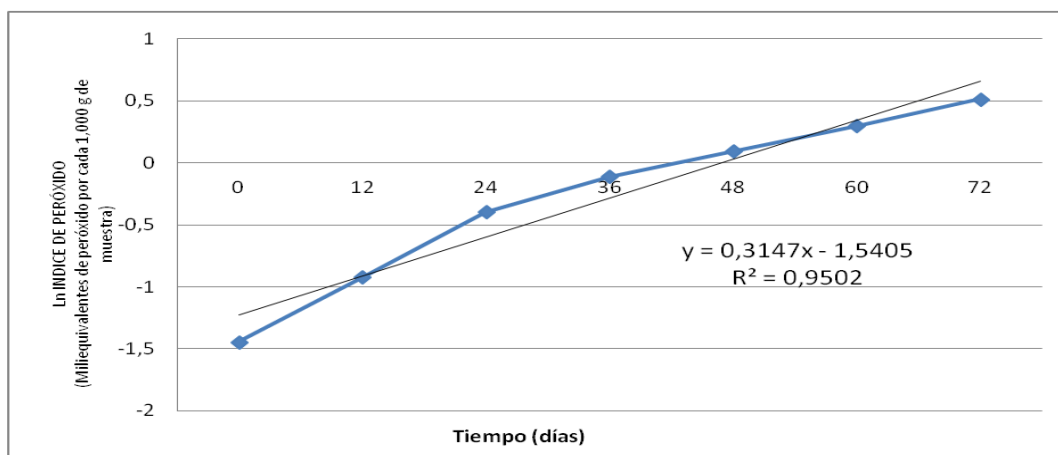
La Tabla. 21 del Apéndice B, muestra los valores de los índices de peróxidos obtenidos para la crema esterilizada que fue sometida al proceso de esterilización (120 °C/20 min), envasada en empaque flexible y almacenada a temperaturas de 5, 25 y 35 °C. Para poder determinar el orden de la reacción, fue necesario graficar los resultados del índice de peróxido vs. el tiempo de almacenamiento para cada una de las temperaturas y de esta manera obtener logaritmos naturales de dicho índice de peróxido para ver qué gráfica se ajusta mejor a los datos. Estas gráficas se muestran a continuación en las Gráficos No. 6 – 11

**Gráfico No. 6**

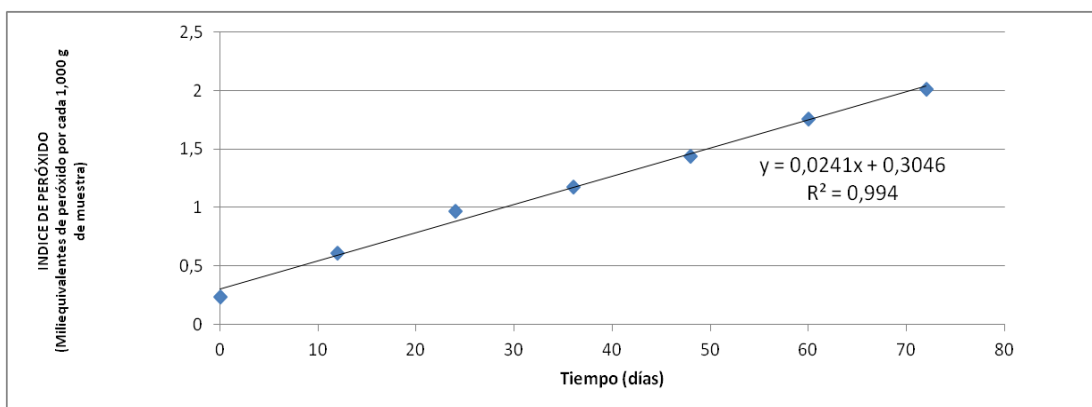
Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C

**Gráfico No. 7**

Ln del índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C

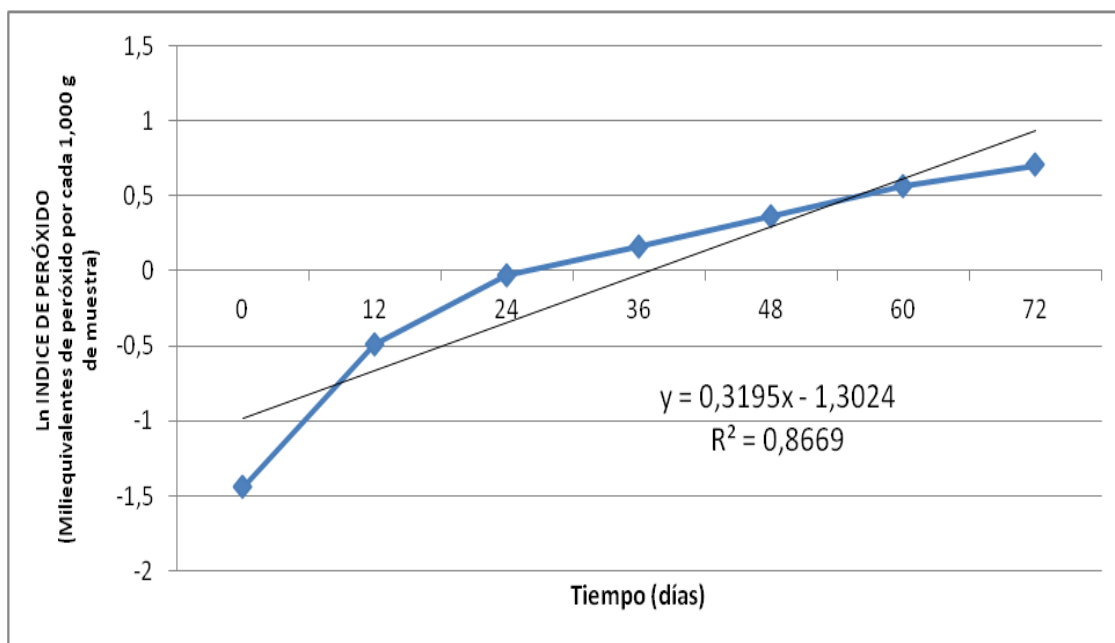
**Gráfico No. 8**

Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C

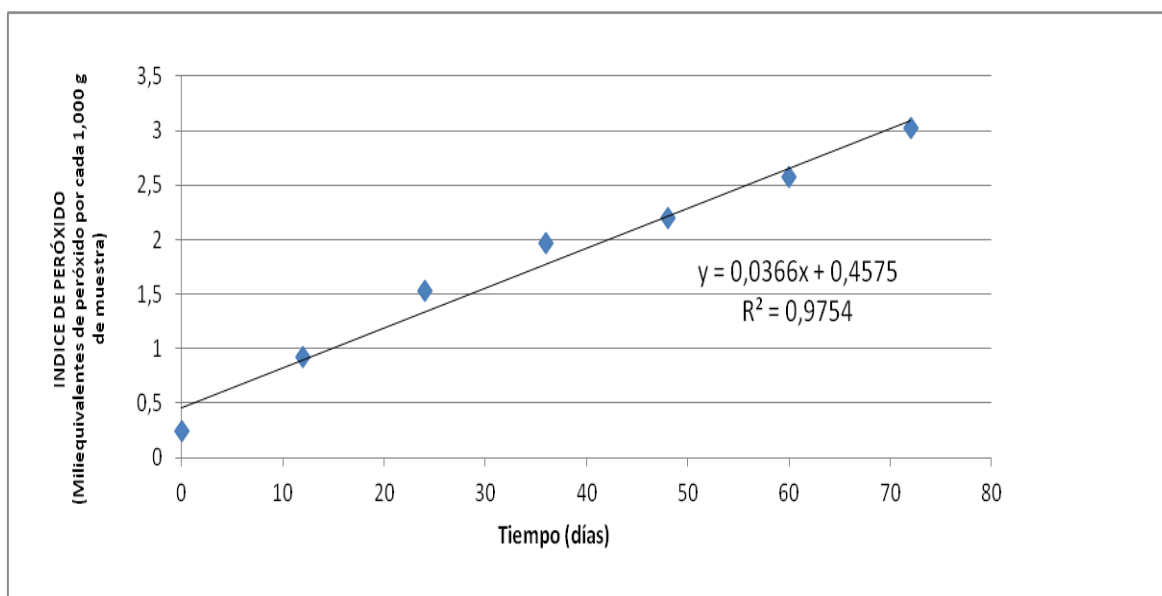


**Gráfico No. 9**

Ln del índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C

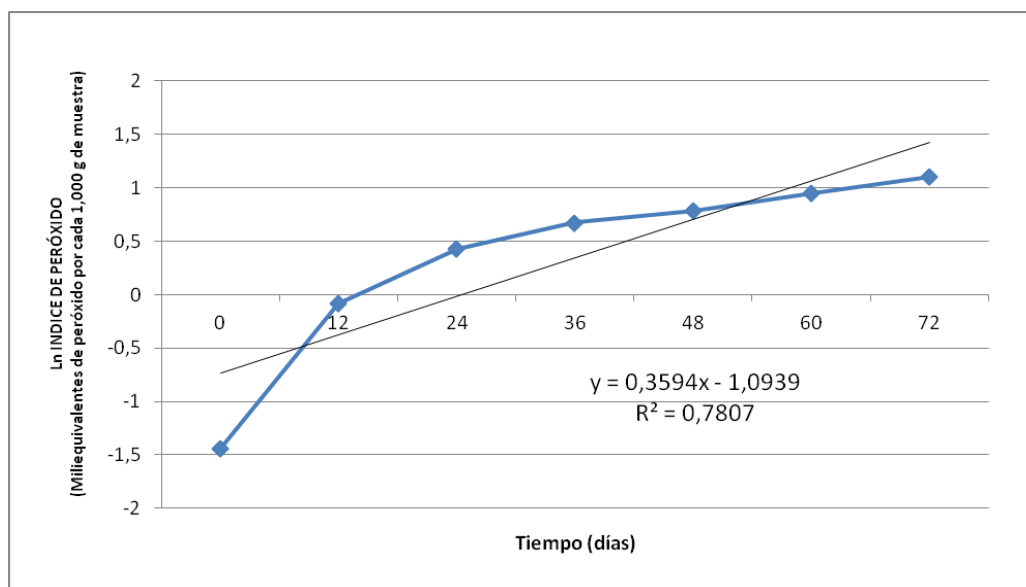
**Gráfico No. 10**

Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C



### Gráfico No. 11

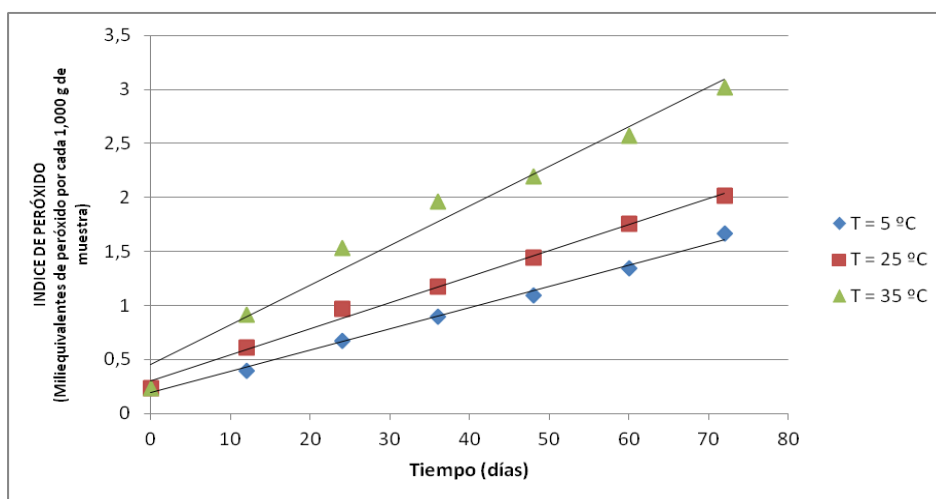
Ln del índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C



De las gráficas anteriores se puede observar que el coeficiente de correlación es mayor para las gráficas donde se graficó directamente el índice de peróxidos. El ajuste de las gráficas a una línea recta fue mejor que el ajuste a una línea logarítmica. Por medio de la teoría, se sabe que este tipo de comportamiento corresponde al de una reacción de orden cero. Como fue mencionado en la literatura, algunas reacciones de oxidación de lípidos siguen este orden, por lo que se puede llegar a decir que la rancidez oxidativa de la crema esterilizada, envasada en empaque flexible es de orden cero ( $x = kt$ ). Habiendo determinado el orden de la reacción, en el Gráfico No. 12 se resumen los datos obtenidos para las tres temperaturas de almacenamiento estudiadas.

### Gráfico No. 12

Índice de peróxido vrs. tiempo para la crema almacenada a las temperaturas:  
5, 25 y 35 °C

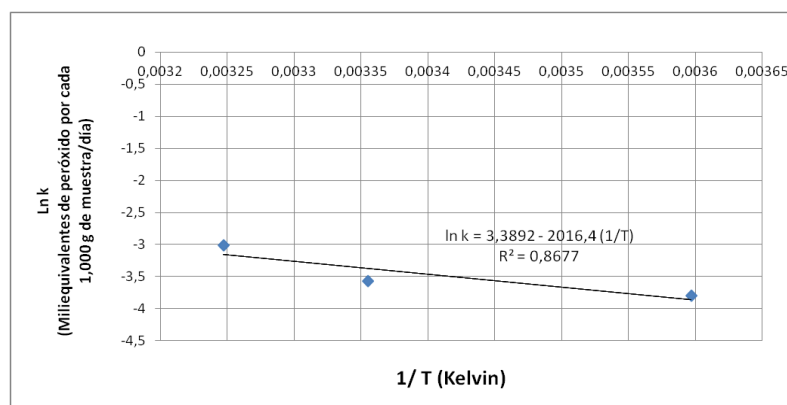


Tomando los valores de las pendientes de las rectas correspondientes a cada una de las temperaturas de almacenamiento, se realizó un Gráfico de Arrhenius (Gráfico No. 13). Por medio de dicha gráfica se obtuvo que la ecuación que relaciona la temperatura con la constante de velocidad de reacción es:

$$\ln k = 3.3892 - 2016.4 (1/T)$$

### Gráfico No. 13

Constante de velocidad de reacción (k) vrs. temperatura de almacenamiento  
para la crema esterilizada



## **B. Acidez**

A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las dos repeticiones de la acidez, expresada como porcentaje de ácido láctico, de la crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C.

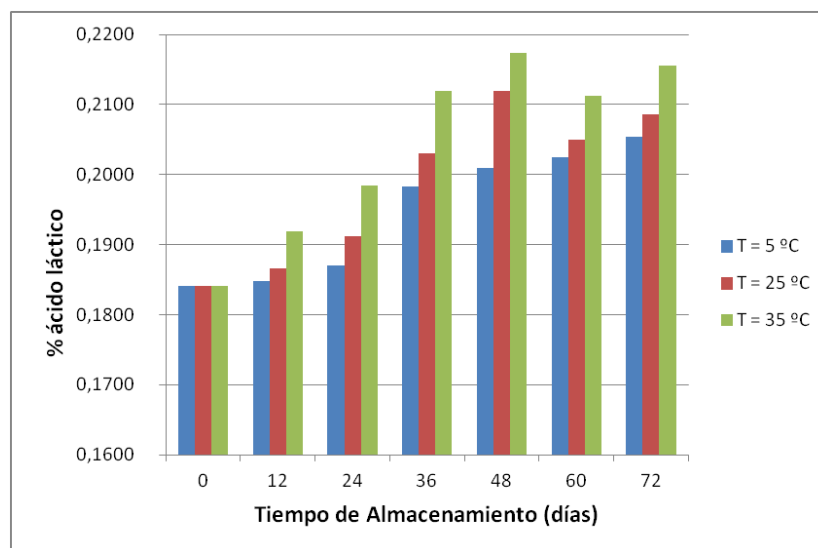
1. *Almacenamiento a 5 °C*: En el Gráfico No. 14 se muestra el comportamiento del contenido de acidez de la crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C. El valor inicial de acidez, expresado como porcentaje de ácido láctico, para la crema almacenada a 5 °C fue de  $0.18 \pm 0.002\%$ . Estos valores se mantuvieron casi constantes durante el período de almacenamiento de 72 días, con un valor final de  $0.20 \pm 0.002\%$ .

2. *Almacenamiento a 25 °C*: Como se observa en el Gráfico No. 14, el porcentaje de acidez de la crema esterilizada almacenada a 25 °C también presentó cierta tendencia a mantenerse estable durante el período de almacenamiento de 72 días. El valor inicial y final de acidez, expresado como porcentaje de ácido láctico, para la crema almacenada a 25 °C fueron de  $0.18 \pm 0.002\%$  y  $0.21 \pm 0.002\%$  respectivamente.

3. *Almacenamiento a 35 °C*: Al examinar el Gráfico No. 14, el porcentaje de acidez de la crema esterilizada almacenada a 35 °C, también tiende a mantenerse constante en el tiempo pero con un leve incremento de acidez en comparación con la crema esterilizada almacenada a 5 y 25 °C. El porcentaje de acidez final para la crema almacenada a esta temperatura fue de  $0.22 \pm 0.002\%$ .

### Gráfico No. 14

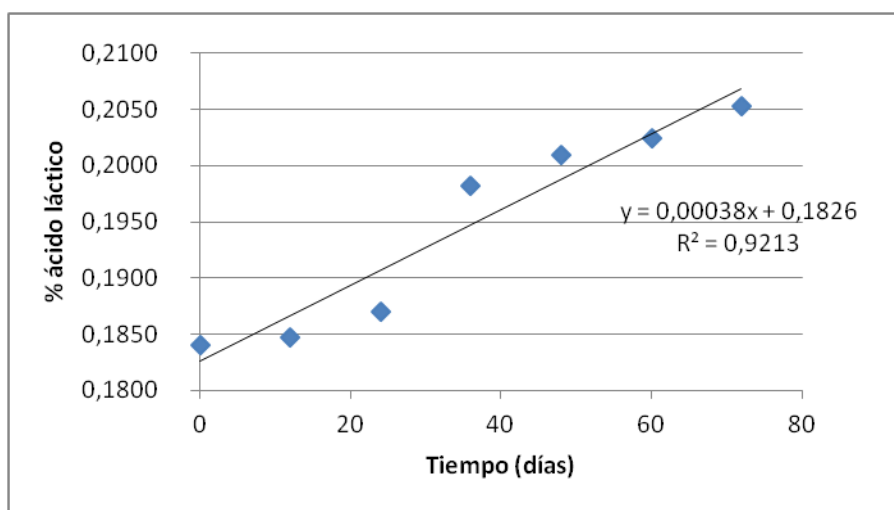
Comportamiento del contenido promedio de ácido láctico en crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C.



Para determinar el orden de la reacción, fue necesario graficar los resultados del % de acidez vs. el tiempo de almacenamiento para cada una de las temperaturas y de esta manera obtener logaritmos naturales de dicho porcentaje de acidez para ver qué gráfica se ajusta mejor a los datos. Estas gráficas se muestran a continuación en los Gráficos No. 15 – 20.

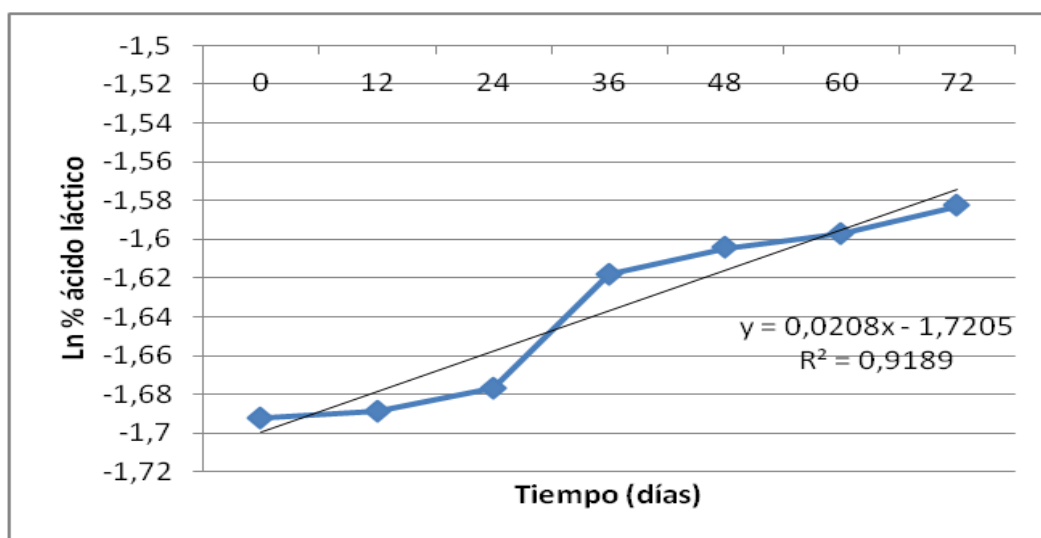
### Gráfico No. 15

Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C

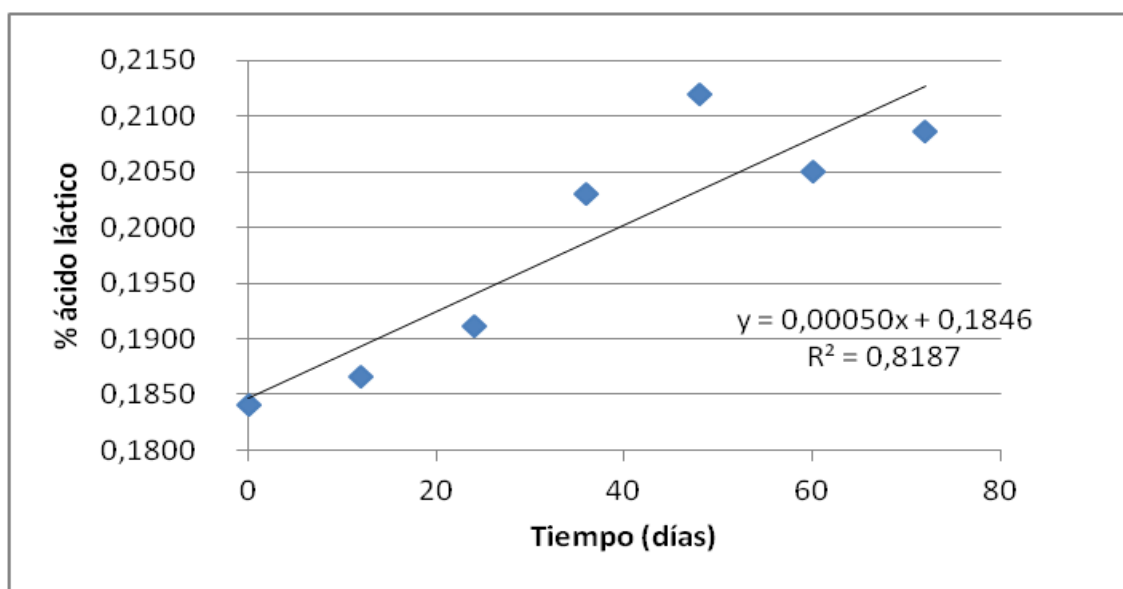


**Gráfico No. 16**

Ln del porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 5 °C

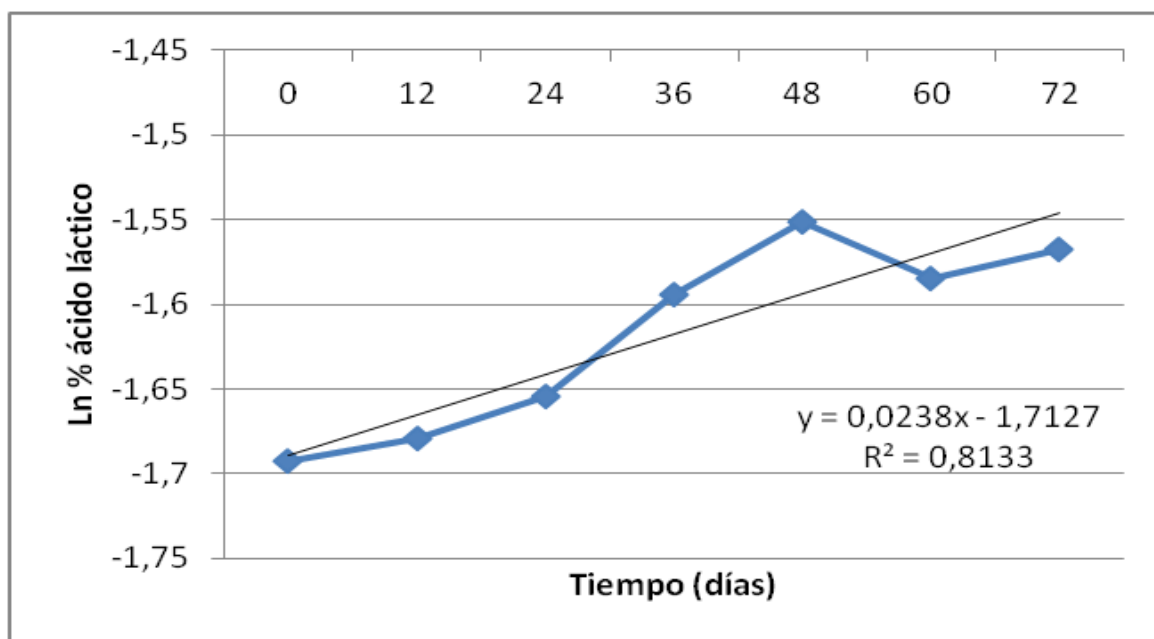
**Gráfico No. 17**

Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C

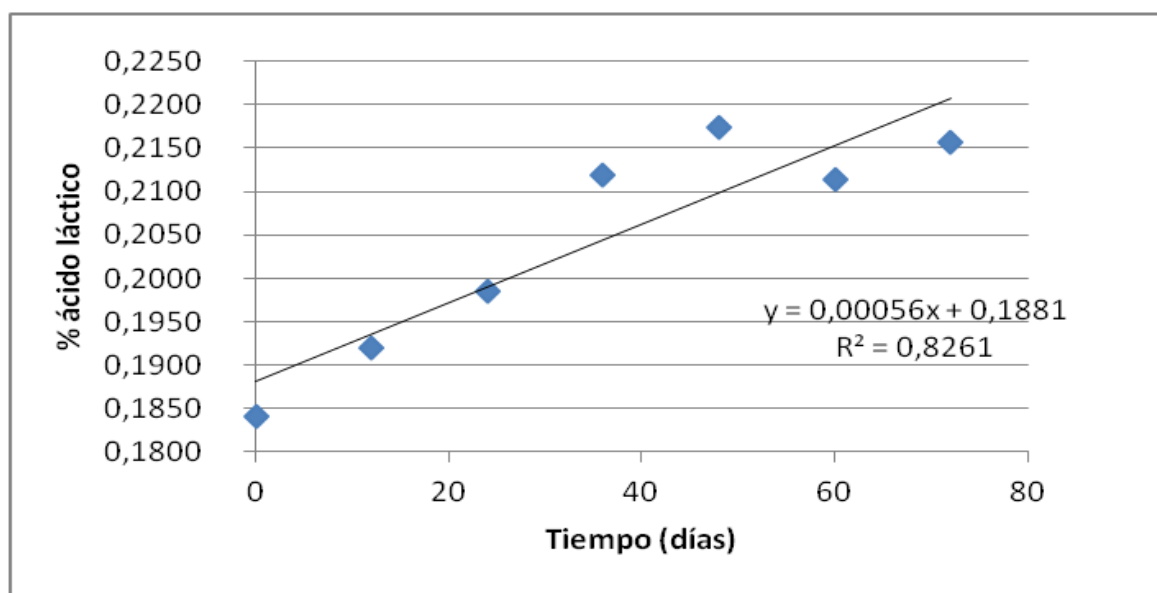


**Gráfico No. 18**

Ln del porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 25 °C

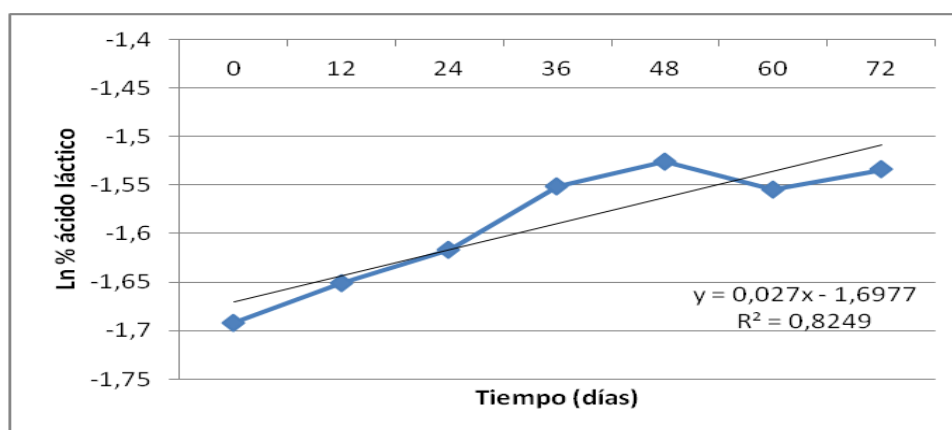
**Gráfico No. 19**

Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C



**Gráfico No. 20**

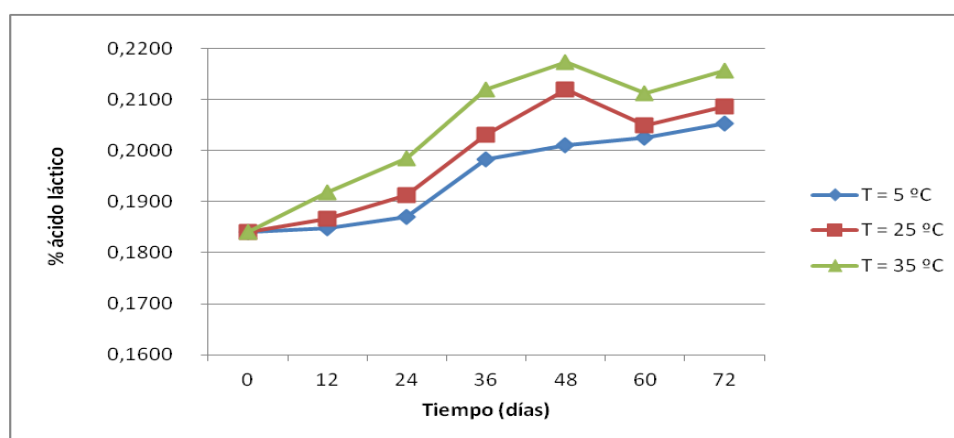
Ln del porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a 35 °C



De las gráficas anteriores se puede observar que el coeficiente de correlación es mayor para las gráficas donde se graficó directamente el porcentaje de ácido láctico. El ajuste de las gráficas a una línea recta fue mejor que el ajuste a una línea logarítmica. La teoría nos indica que este tipo de comportamiento corresponde al de una reacción de orden cero, por lo que se puede llegar a decir que el porcentaje de acidez de la crema esterilizada, envasada en empaque flexible es de orden cero ( $x = kt$ ). Habiendo determinado el orden de la reacción, en el Gráfico No. 21 se resumen los datos obtenidos para las tres temperaturas de almacenamiento estudiadas.

**Gráfico No. 21**

Porcentaje de ácido láctico vrs. tiempo para la crema almacenada a: 5, 25 y 35 °C

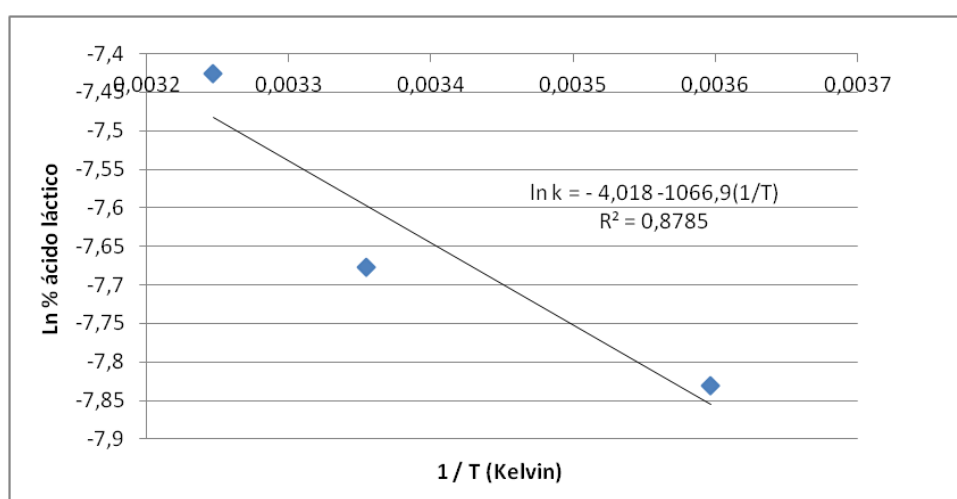


Tomando los valores de las pendientes de las rectas correspondientes a cada una de las temperaturas de almacenamiento, se realizó un Gráfico de Arrhenius (Gráfico No. 22). Por medio de dicha gráfica se obtuvo que la ecuación que relaciona la temperatura con la constante de velocidad de reacción es:

$$\ln k = - 4.018 - 1066.9 (1/T)$$

### Gráfico No. 22

Constante de velocidad de reacción (k) vrs. temperatura de almacenamiento para la crema esterilizada



### C. Grasa

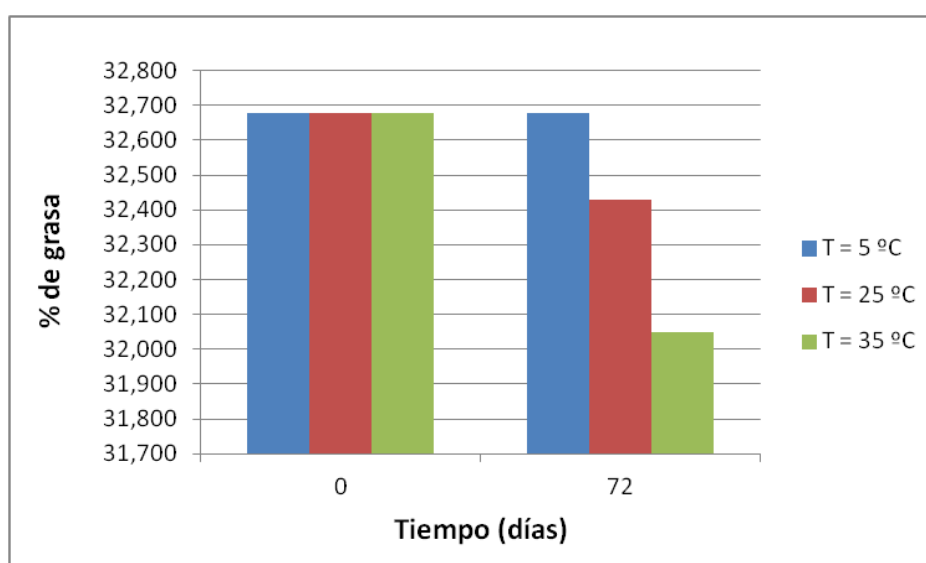
A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las dos repeticiones en porcentaje de grasa de la crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C.

Como se puede observar en el Gráfico No. 15, el contenido inicial de grasa para la crema almacenada a las tres distintas temperaturas fue de  $32.68 \pm 0.05\%$ . Al finalizar el período de almacenamiento de 72 días se observa que el contenido graso para la crema almacenada a 5 °C permaneció constante, mientras que en la crema almacenada a 25 y 35 °C este se vio

reducido. Para la crema almacenada a 25 °C el contenido de grasa, para un período de almacenamiento de 72 días, se redujo a un  $32.43 \pm 0.05\%$ , y para la crema almacenada a 35 °C este se redujo a un  $32.05 \pm 0.02\%$ . La reducción del contenido de grasa en estas cremas se pudo haber dado debido a deficiencias del proceso de homogenización y, debido al incremento de temperatura, pudo haber ocurrido el fenómeno de coalescencia parcial de la interfase grasa-agua y a la solubilización de los glóbulos grasos.

### Gráfico No. 23

Comportamiento del contenido promedio de grasa en crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C



#### D. Consistencia

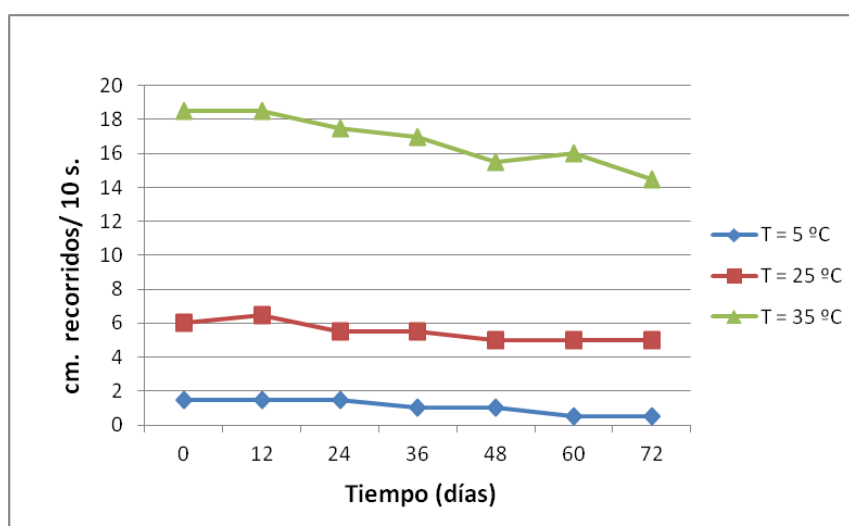
A continuación se presentan los resultados correspondientes al promedio de las dos repeticiones para la consistencia de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C

En el Gráfico No. 16 se muestra el comportamiento de la consistencia de la crema esterilizada y almacenada a las temperaturas mencionadas anteriormente. Utilizando un Consistómetro de Bostwick se analizó la

consistencia de cada una de las cremas a lo largo de los 72 días de almacenamiento. El valor inicial para la consistencia de las cremas esterilizadas y almacenadas a 5, 25 y 35 °C fue de: 1.5, 6.0 y 18.5 ± 0.03 cm/10 s. respectivamente. Estos resultados fueron disminuyendo respecto al tiempo ya que por ser un producto de “larga duración” que ha sido sometido a tratamiento térmico severo (120 °C/20 min), suele ocurrir cierto tipo de gelación que hace que la viscosidad del producto se vea incrementada durante el almacenamiento. Los valores al cabo de los 72 días de almacenamiento para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C fueron de: 0.5, 5.0 y 14.5 ± 0.03 cm/10 s. respectivamente.

#### Gráfico No. 24

Comportamiento de la consistencia de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C



#### E. Microbiología

En la Tabla No. 26, Apéndice G se presentan los resultados correspondientes al análisis microbiológico realizado a la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C. Las pruebas microbiológicas a las cuales fue sometida dicha crema para comprobar su esterilidad e inocuidad a las temperaturas mencionadas anteriormente fueron las siguientes: Recuento

total de aerobios, Mohos y levaduras, Coliformes totales y E. Coli y *Staphylococcus aureus*.

Cada una de estas pruebas fue realizada en duplicado durante un período de almacenamiento de 72 días para cada una de las temperaturas de almacenamiento utilizadas. Al comprobar la ausencia de E. Coli y Coliformes Totales y de *Staphylococcus aureus* durante los primeros 12 días, se continuó realizando pruebas únicamente para determinar presencia/ausencia de Recuento Total de Aerobios y Mohos y Levaduras. A continuación se presentan fotos que comprueban la esterilidad de la crema a 5, 25 y 35 °C para los días 12, 48 y 72 (Figura No. 1 – 8).

**Figura No. 1**  
**Día 12**  
**E. Coli y Coliformes totales**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



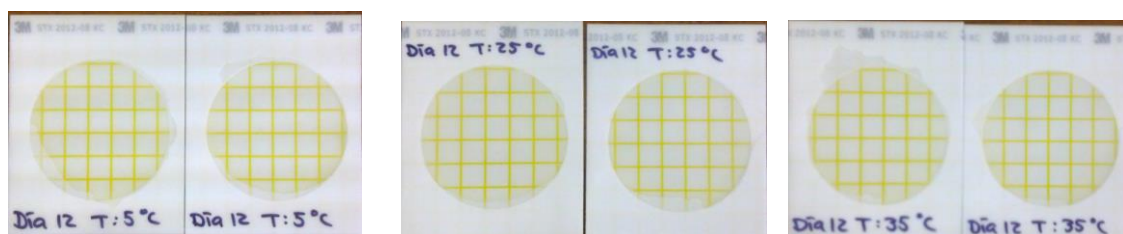
**Figura No. 2**  
**Día 12**  
**Recuento total de Aerobios**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



**Figura No. 3**  
**Día 12**  
**Mohos y levaduras**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



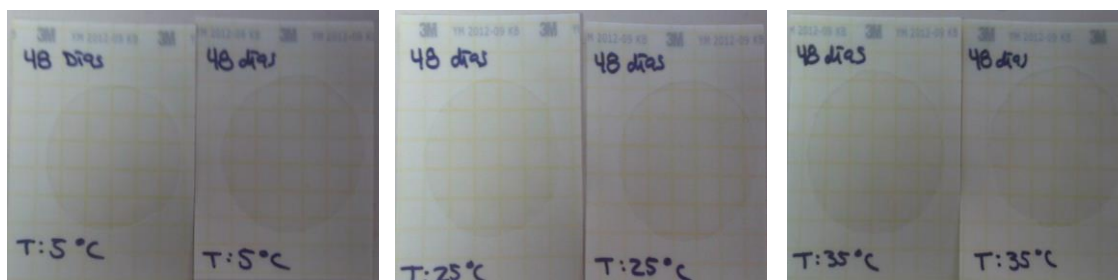
**Figura No. 4**  
**Día 12**  
**Staphylococcus aureus**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



**Figura No. 5**  
**Día 48**  
**Recuento total de aerobios**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



**Figura No. 6**  
**Día 48**  
**Mohos y levaduras**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



**Figura No. 7**  
**Día 72**  
**Recuento total de aerobios**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



**Figura No. 8**  
**Día 72**  
**Mohos y levaduras**  
**T = 5 °C, 25 °C y 35 °C**



## **F. Color**

A continuación se presentan los resultados correspondientes al análisis de color realizado a la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C al inicio y al cabo de los 72 días de almacenamiento (ver Tabla No. 9). Para realizar este análisis, se utilizó el método Hunter Lab. El color fue determinado por los valores de luminosidad (L; color blanco) y la contribución de los valores de a (matiz: color rojo) y b (intensidad; color amarillo). Este tipo de análisis ayudó a determinar como el color se fue viendo afectado por las temperaturas y periodo de almacenamiento desde el día 0 hasta el 72 y a temperaturas de almacenamiento de 5, 25 y 35 °C.

Los resultados establecieron diferencias entre las muestras de crema esterilizada almacenadas a 5, 25 y 35 °C en el día 0 y en el día 72. Como se puede observar en la Tabla 1., la muestra almacenada a 35 °C presentó mayor diferencia en el valor de luminosidad ( $L=83.57 \pm 0.09$ ) y la muestra almacenada a 5 °C tuvo la menor diferencia en el valor de luminosidad ( $L=86.88 \pm 0.11$ ) en comparación al valor de luminosidad en el día 0 para las mismas ( $L=91.25 \pm 0.09$ ).

**Tabla No.9**

Análisis de color para la crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C

Día	0			72		
	L	a	b	L	a	b
5	91,25	0,59	10,57	86,88	1,68	14,63
25	91,25	0,59	10,57	86,49	1,39	14,16
35	91,25	0,59	10,57	83,57	1,92	14,32

**Figura No. 9**

Crema esterilizada día 0:

T= 5, 25, 35 °C

**Figura No. 10**

Crema esterilizada día 72:

T= 5 °C

**Figura No. 11**

Crema esterilizada día 72

T= 25 °C

**Figura No. 12**

Crema esterilizada día 72:

T= 35 °C

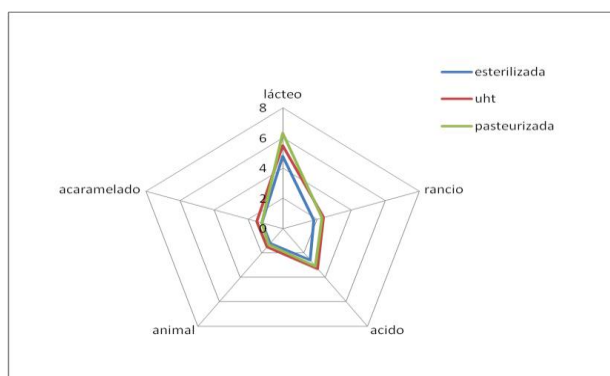


### ***G. Perfil sensorial***

A continuación se presentan las gráficas de telaraña donde se describen y comparan los resultados promediados para los perfiles sensoriales obtenidos por medio de un panel entrenado para la evaluación de cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (pasteurizada, UHT y esterilizada (120 °C/ 20 min)) en lo que respecta a sus atributos de apariencia, olor y sabor. Esta prueba fue realizada cada 12 días hasta llegar al día 72 de almacenamiento, para un total de 6 mediciones sensoriales. En el caso de la crema esterilizada, se utilizó la que fue almacenada a 5 °C ya que por medio de los resultados fisicoquímicos obtenidos, se consideró como la más apta para el consumo en comparación con la crema almacenada a 25 y 35 °C. De igual manera, tanto la crema pasteurizada como la UHT fueron evaluadas a 5 °C.

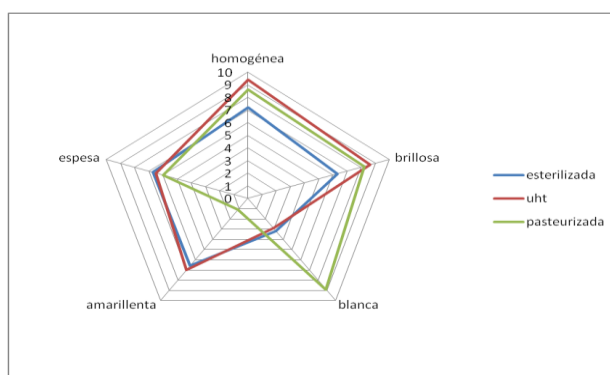
### Gráfica No. 25

Perfil sensorial de “Olor” para crema esterilizada (120 °C/ 20 min), UHT y pasteurizada



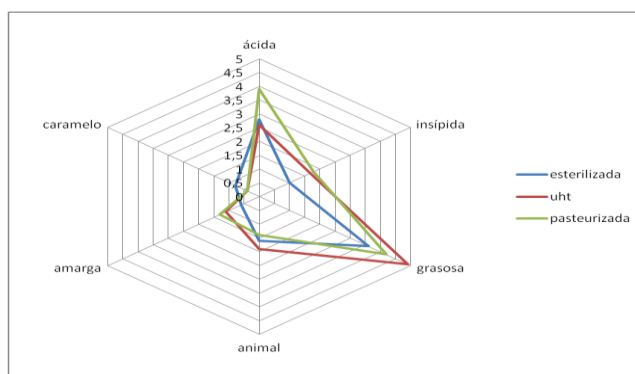
### Gráfica No. 26

Perfil sensorial de “Apariencia” para crema esterilizada (120 °C/ 20 min), UHT y pasteurizada



### Gráfica No. 27

Perfil sensorial de “Sabor” para crema esterilizada (120 °C/ 20 min), UHT y pasteurizada



En el Gráfico No. 25 se describe el perfil sensorial de “olor” donde se puede observar que no hubo mucha diferencia entre los atributos evaluados para los tres tipos de crema. En el caso del atributo para olor “lácteo”, los panelistas lo percibieron con mayor intensidad en la crema pasteurizada y en lo que respecta a los atributos de olor: “rancio”, “ácido”, “animal” y “acaramelado”, todos fueron percibidos con mayor intensidad en la crema con tratamiento UHT.

En el Gráfico No. 26 se describe el perfil sensorial de “apariencia” donde se puede observar que sí se presentaron mayores diferencias entre los atributos evaluados para los tres tipos de crema. A cada una de las cremas les fue percibido un atributo con mayor intensidad. En el caso de la crema pasteurizada, esta fue la que mayor apariencia “blanca” presentó según los panelistas. La crema esterilizada fue percibida como la más “espesa” y la crema UHT como la más “homogénea”, “brillosa” y “amarillenta”.

En el Gráfico No. 27 se describe el perfil sensorial de “sabor” donde también se observan diferencias entre los atributos evaluados para los tres tipos de crema. A cada una de las cremas les fue percibido un atributo con mayor intensidad. En el caso de la crema pasteurizada, esta fue la que mayor sabor “ácido”, “insípido” y “amargo” presentó en comparación con las otras dos cremas evaluadas. La crema esterilizada fue a la que se le percibió mayor sabor “caramelo” y el sabor “grasoso” y “animal” fue mayormente percibido en la crema UHT.

#### **H. Prueba de ordenamiento**

A continuación se presentan las tablas de resultados promediados para la prueba de ordenamiento realizada a cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (pasteurizada, UHT y esterilizada (120 °C/ 20 min)). Estos

resultados fueron obtenidos por medio de un panel no entrenado para la evaluación de las cremas mencionadas anteriormente.

**Tabla No. 10**

Calificación de cada muestra dada por el panel para la Prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “olor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica

OLOR			
Panelista	Esterilizada ( A )	UHT ( B )	Pasteurizada ( C )
1	1	2	3
2	2	1	3
3	1	3	2
4	2	1	3
5	1	2	3
6	2	3	1
7	1	2	3
8	2	1	3
9	3	2	1
10	2	1	3
<b>suma</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>25</b>

En esta tabla se detalla la calificación promedio dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento en base al “olor” de tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = esterilizada, B = UHT y C = pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo.

**Tabla No. 11**

Diferencias entre todos los pares posibles en la Prueba de ordenamiento para el agrado del “olor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada

C - A	25 - 17	8
C - B	25 - 18	7
B - A	18 - 17	1

**Tabla No. 12**

Calificación de cada muestra dada por el panel para la Prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “sabor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica

<b>SABOR</b>			
<b>Panelista</b>	<b>Esterilizada ( A )</b>	<b>UHT ( B )</b>	<b>Pasteurizada ( C )</b>
1	1	2	3
2	1	3	2
3	2	3	1
4	3	1	2
5	1	3	2
6	2	3	1
7	2	3	1
8	2	1	3
9	3	1	2
10	2	1	3
<b>suma</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>20</b>

Esta tabla la calificación promedio dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento con base al “sabor” de tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = esterilizada, B = UHT y C = pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo.

**Tabla No. 13**

Diferencias entre todos los pares posibles en la Prueba de ordenamiento para el agrado del “sabor” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada

B - C	21 - 20	1
B - A	21 - 19	2
C - A	20 - 19	1

**Tabla No. 14**

Calificación de cada muestra dada por el panel para la Prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “apariencia” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica

APARIENCIA			
Panelista	Esterilizada ( A )	UHT	Pasteurizada ( C )
		( B )	
1	2	1	3
2	3	1	2
3	2	3	1
4	1	3	2
5	3	1	2
6	3	2	1
7	3	1	2
8	3	1	2
9	3	2	1
10	2	1	3
<b>suma</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>19</b>

Esta tabla detalla la calificación promedio dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento con base a la “apariencia” de tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = esterilizada, B = UHT y C = pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo.

**Tabla No. 15**

Diferencias entre todos los pares posibles en la Prueba de ordenamiento para el agrado del “apariencia” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada

A - B	25 - 16	9
A - C	25 - 19	6
C - B	19 - 16	3

**Tabla No. 16**

Calificación de cada muestra dada por el panel para la Prueba de ordenamiento del agrado del atributo de “textura” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica

<b>TEXTURA</b>			
<b>Panelista</b>	<b>Esterilizada ( A )</b>	<b>UHT ( B )</b>	<b>Pasteurizada ( C )</b>
1	1	2	3
2	3	2	1
3	2	3	1
4	1	2	3
5	1	3	2
6	3	2	1
7	3	1	2
8	3	2	1
9	3	2	1
10	2	1	3
<b>suma</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>

Esta tabla detalla la calificación promedio dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento en base a la “textura” de tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = esterilizada, B = UHT y C = pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo.

**Tabla No. 17**

Diferencias entre todos los pares posibles en la Prueba de ordenamiento para el agrado del “textura” de crema esterilizada, UHT y pasteurizada

A - B	22 - 20	2
A - C	22 - 18	4
B - C	20 - 18	2

**Tabla No. 18.**

Valor crítico de la prueba de Friedman para la prueba de ordenamiento del “agrado” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada

No. Panelistas	No. Muestras	Valor Crítico
10	3	11

En esta tabla se detalla el valor crítico obtenido en la prueba de Friedman utilizando la tabla de “Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para las Comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%”.

## VI. DISCUSIÓN

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la calidad, inocuidad y vida de anaquel de crema 100% pura empacada en empaque flexible (bolsa retortable) y sometida al proceso de esterilización 120 °C/20 min. La evaluación de este tipo de producto es importante para la Industria Láctea Guatemalteca debido a que la crema pura, por ser un producto perecedero, tiende a sufrir alteraciones indeseables si esta no es consumida a un corto plazo y almacenada a temperaturas de refrigeración.

### *Proceso*

Para la realización de este estudio se utilizó como materia prima, crema pasteurizada con 42.50% de grasa y 0.16% de acidez, expresada como porcentaje de ácido láctico. También se utilizó leche descremada con 0.24% de grasa y 0.15% de acidez, para estandarizar a un 30-35% el contenido graso de la crema.

Al ser estandarizada, ésta fue homogenizada en una licuadora industrial para lograr eliminar el poder de atracción de los glóbulos de grasa entre sí y de esta manera evitar problemas de separación durante el almacenamiento. La homogenización también ayudó a generar grados deseables de viscosidad. Debido a que la crema fue sometida a un proceso térmico severo, como lo es la esterilización, fue necesario añadirle productos que ayudaran a evitar la desnaturalización de las proteínas y la aglomeración de la grasa. También le fueron añadidos productos que le ayudaron a incrementar sus características de textura y viscosidad. Los productos añadidos fueron: sales estabilizantes, emulsificante y estabilizante. Las sales estabilizantes están compuestas por citrato y fosfato de sodio. Éstas fueron utilizadas como reguladoras de acidez. Cuidar este aspecto en una crema esterilizada es muy importante ya que si los niveles de acidez son muy elevados, esto puede provocar

desnaturalización de las proteínas. El emulsificante está hecho a base de mono y diglicéridos. Debido a que la crema fue sometida a un tratamiento térmico severo, resultó necesario agregarle este producto, el cual logra que tanto la fase grasa como la acuosa se mantengan unidas y no ocurra ningún tipo de separación de las mismas. El estabilizante es un producto a base de gomas y almidones modificados que ayuda a darle textura a la crema e inhibe la sinéresis. La crema fue calentada en una marmita hasta una temperatura de 85 °C ya que es a partir de esta temperatura que los almidones modificados son activados.

Al terminar el proceso de calentamiento, la crema fue envasada directamente en el empaque flexible (bolsa retortable) para que la cantidad de calor perdido entre el proceso de llenado y sellado no le permitiera alcanzar temperaturas que se encuentran dentro de la zona de peligro de crecimiento de microorganismos patógenos (5-65 °C), y así someterla al proceso de esterilización con la menor carga microbiana posible.

Algunos de los factores que influyen en la oxidación de los lípidos son: oxígeno, luz, enzimas, temperatura, pH, actividad de agua, carga microbiana y homogenización. El material del cual está hecho el empaque flexible (bolsa retortable) provee propiedades de barrera para lograr una prolongada vida de anaquel, soporta las condiciones severas del procesamiento térmico de esterilización y permanece impenetrable a bacterias al menos que exista una fractura en el laminado. Una de las ventajas que provee este tipo de empaque para el almacenamiento de crema, es que la capa de aluminio actúa como barrera efectiva contra la luz y gases como el oxígeno. La crema es muy susceptible a la rancidez oxidativa, especialmente cuando se expone a la luz. Los plásticos que se utilizan normalmente para la fabricación de envases para la crema pasteurizada, no ofrecen ninguna protección efectiva. La rancidez oxidativa ocurre rápidamente en las cremas cruda y pasteurizada. Sin

embargo, en la crema esterilizada, los grupos sulfhidrilo libre que se forman a partir de la  $\beta$ -lactoglobulina durante el tratamiento, tienen un papel protector. La crema homogenizada es más susceptible a la oxidación debido a que existe una mayor superficie de grasa expuesta al oxígeno.

Al terminar el proceso de sellado, las cremas fueron introducidas en un autoclave para ser sometidas al tratamiento térmico de esterilización con una combinación de temperatura y tiempo de 120 °C / 20 min. Debido a que la crema posee un alto contenido graso, es difícil de procesar ya que tiene poca conductividad térmica. Ésta también es extremadamente propensa a sufrir separación de fases durante el almacenamiento. Por tener un perfil delgado, la bolsa retortable tiene una mayor capacidad de transferir calor hasta el punto crítico del alimento en menor tiempo en comparación con la de una lata de metal. Esta reducción en el tiempo de procesamiento térmico hace que se reduzca el sobre cocimiento del producto cerca de las orillas del empaque. La crema ya esterilizada recibió shock térmico con agua templada para reducir drásticamente su temperatura y así evitar reacciones de pardeamiento enzimático que producen sabores y apariencias indeseables en la misma. Finalmente, la crema esterilizada fue dividida en tres grupos a los cuales les fue asignada una temperatura de almacenamiento específica (5, 25 y 35 °C).

### *Índice de peróxidos*

La crema o, en general, las grasas tienen como principal reacción degradativa el apareamiento de rancidez. La composición de los ácidos grasos de la crema es muy compleja e influye en muchas de sus propiedades químicas y físicas. La oxidación de lípidos es una reacción química que involucra la reacción del oxígeno con los radicales libres, lo cual produce sabores y olores desagradables en los alimentos altos en grasa como la crema. Esta reacción es un punto crítico de control de

calidad en la producción y conservación de varios alimentos altos en grasa debido a la relación que tiene con el deterioro y descomposición de los mismos. Una grasa animal se considera que esta rancia y que debe sacarse del mercado cuando ésta alcanza un índice de peróxido de 9 miliequivalentes de peróxido/Kg de muestra (Norma Codex Stan 211).

Por lo general, una grasa debe tener un índice de peróxido inicial de 0.4-0.6 miliequivalentes de peróxido/Kg de muestra. Según la Federación Internacional de Lácteos (International Dairy Federation) el valor estándar inicial de índice de peróxidos para la crema es de 0.2 meq O<sub>2</sub>/ Kg muestra. Por los análisis del índice de peróxidos realizados, se obtuvo que la crema esterilizada, inicialmente, tenía un índice de peróxidos de 0.23 ± 0.004 meq O<sub>2</sub>/ Kg muestra. Este dato nos indicó que el grado de rancidez del cual se partió fue bastante aceptable.

Utilizando los Gráficos No. 3, 4 y 5, se observó una tendencia en el comportamiento del índice de peróxidos respecto a la temperatura. La pendiente del Gráfico No. 5, que representa el comportamiento del índice de peróxidos respecto al tiempo para la crema almacenada a 35 °C, mostró ser mayor que las pendientes obtenidas para la crema almacenada a 5 y 25 °C. Este incremento en las pendientes indicó que la temperatura y el índice de peróxidos son directamente proporcionales y que por lo tanto la crema se hace más rancia en un menor tiempo cuando la temperatura de almacenamiento de la misma aumenta.

Por medio de los Gráficos No. 6 - 11, se puede observar que el ajuste de los datos corresponde al de una reacción de orden cero. Debido a que el orden de reacción es determinado de manera experimental, se concluyó que el tipo de reacción que se lleva a cabo en la rancidez oxidativa de la crema esterilizada es de orden cero, por lo que la ecuación  $x = kt$  puede ser aplicada, donde  $x$  es el índice de peróxido máximo permitido en grasas animales (9 meq O<sub>2</sub>/Kg de muestra),  $k$  la constante de velocidad de reacción y  $t$  el tiempo de vida de anaquel.

En el Gráfico No. 12 se puede observar que la pendiente de las ecuaciones obtenidas, para cada una de las temperaturas de almacenamiento de la crema esterilizada, aumentan al aumentar la temperatura. Esto también nos indica que la velocidad de reacción también aumenta al aumentar la temperatura. Esta tendencia era de esperarse ya que la temperatura es un factor que acelera la velocidad con que se lleva a cabo la reacción de la rancidez oxidativa. En el Apéndice J, Tabla No. 29 se puede observar el Análisis de Varianza para los índices de peróxido de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C. Por medio de estos datos se observó que F crítico para el factor tiempo (2.5727) es menor a F (1, 071,960.7909), esto indica que existe una diferencia significativa en el índice de peróxidos de la crema durante los distintos días de almacenamiento muestreados. También nos indica que F crítico para el factor temperatura (3.46680) es menor a F (978,517.3700) por lo que indica que también existe una diferencia significativa en el índice de peróxidos de la crema cuando ésta es almacenada a distintas temperaturas. Finalmente se puede concluir que F crítico para el efecto de la interacción entre los factores tiempo y temperatura (2.2503) es menor que F (65,123.2791), lo que indica que existe una diferencia significativa en el índice de peróxido al almacenar la crema esterilizada a distintas temperaturas en relación a los distintos días muestreados.

Comparando las Gráficas 6, 8 y 10, también se puede observar en el Apéndice B, Tabla No. 20, que los valores de la constante de reacción (k) son mayores para la crema esterilizada almacenada a 35 °C, luego para la crema esterilizada almacenada a 25 °C y por último para la crema esterilizada que fue almacenada a 5 °C. De esto se puede deducir, que la vida de anaquel de la crema almacenada a 5 °C va a ser más prolongada que la de las otras cremas ya que se requerirá de un mayor período de almacenamiento para que esta sufra rancidez oxidativa hasta al grado que ya sea considerada como rancia.

Al realizar el Gráfico de Arrhenius (Gráfico No. 13) se obtiene la ecuación que relaciona la temperatura con la velocidad de reacción (k). Con esta ecuación se puede predecir el tiempo de vida de anaquel máximo para la crema esterilizada antes de que esta sufra rancidez. En el Apéndice C se muestran los cálculos y resultados obtenidos para predecir la vida de anaquel de la crema esterilizada si esta fuera almacenada a 5, 25 y 35 °C. De los resultados se observó que la vida de anaquel de la crema esterilizada en empaque flexible y almacenada a temperatura de 5 °C fue de  $456 \pm 0.05$  días, aproximadamente  $15 \pm 0.002$  meses. Para la crema almacenada a 25 °C, la vida de anaquel fue de  $373 \pm 0.04$  días, aproximadamente  $12 \pm 0.002$  meses. Y para la crema almacenada a 35 °C, la vida de anaquel fue de  $245 \pm 0.05$  días, aproximadamente  $8 \pm 0.002$  meses. Por medio de estos resultados se puede observar que existe una notable mejora en la vida de anaquel de crema que es sometida al proceso de esterilización 120 °C/ 20 min y envasada en empaque flexible (bolsa retortable) en comparación con la crema pasteurizada y envasada en empaque plástico que tiene una vida de anaquel en refrigeración no superior a 30 días. Por lo que se puede concluir que el proceso de esterilización 120 °C/ 20 min y el empaque flexible utilizado (bolsa retortable), efectivamente prolongan la vida de anaquel de crema 100% pura.

### **Acidez**

La acidez de la crema y la disociación de la mayoría de sus grupos ionizables dependen de la temperatura. A temperaturas muy elevadas, la acidez aumenta como consecuencia de la formación de grupos ácidos. La acidez de la crema es menor que la de la leche debido a su alto contenido de grasa. Es decir, cuanto mayor grasa tenga la crema, menos suero contendrá y, por lo tanto, menor será su acidez. La crema pasteurizada que fue utilizada como materia prima tuvo una acidez inicial de 0.16%,

después de ser sometida al proceso de esterilización su acidez se elevó hasta un  $0.18 \pm 0.002\%$ .

Otra de las razones por las cuales aumenta la acidez de la crema, se debe al tratamiento térmico que ha recibido. En el caso de la crema esterilizada, este aumento en la acidez se debe a que: existe un aumento en la cantidad de fosfato coloidal, la lactosa sufre degradación parcial que permite la formación de ácidos orgánicos y las caseínas se hidrolizan (Walstra, p.; Geurts, T.J., 2006). En el Gráfico No. 14 se muestra el comportamiento del contenido de acidez de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C. Todas las cremas iniciaron con un porcentaje de acidez de  $0.18 \pm 0.002\%$ , pero se puede ver que el factor temperatura afectó la producción de acidez en la mismas. Se observa que el porcentaje de ácido láctico en la crema almacenada a 5 °C fue el que menos varió llegando hasta a un  $0.20 \pm 0.002\%$ . En el caso de la crema almacenada a 25 °C, el % de acidez final fue de  $0.21 \pm 0.002\%$  y para la crema almacenada a 35 °C este fue de  $0.22 \pm 0.002\%$ . A pesar de que hubo un incremento en la acidez de la crema almacenada a cada una de las temperaturas mencionadas, este fue bastante sutil debido a que las sales estabilizantes ejercieron su función como reguladoras de la acidez. También se debe de tomar en cuenta la efectividad del tratamiento térmico de esterilización (120 °C/ 20 min) ya que al no existir un incremento violento del porcentaje de acidez, también indicó la ausencia de bacterias lácticas.

Por lo general una crema láctea debe tener un porcentaje de acidez (expresada como ácido láctico) recomendado de 0.16% y de 0.85% si se trata de una crema acidificada (Norma Codex Stan A-9 1976). Por los análisis de acidez titulable realizados, se obtuvo que la crema esterilizada, inicialmente, tenía un porcentaje de acidez de  $0.18 \pm 0.002\%$ . Esto nos indica que la crema ya se encontraba por arriba del valor recomendado de acidez en una crema láctea de consumo directo y que por lo tanto la vida

de anaquel calculada anteriormente, según el índice de peróxidos, iba a ser superior a la vida de anaquel calculada para la crema esterilizada según su contenido de acidez. Utilizando el Gráfico No. 14, se observó una tendencia en el comportamiento del porcentaje de acidez respecto a la temperatura. La pendiente del Gráfico No. 19, que representa el comportamiento del porcentaje de acidez respecto al tiempo para la crema almacenada a 35 °C, mostró ser mayor que las pendientes obtenidas para la crema almacenada a 5 y 25 °C. Este incremento en las pendientes indicó que la temperatura de almacenamiento y el porcentaje de acidez son directamente proporcionales y que por lo tanto la crema se hace más ácida en un menor tiempo cuando la temperatura de almacenamiento aumenta.

Por medio de los Gráficos No. 15 - 20, se puede observar que el ajuste de los datos corresponde al de una reacción de orden cero. Debido a que el porcentaje de pérdida por día del factor de calidad evaluado (porcentaje de acidez) es constante a una temperatura constante, se concluyó que el tipo de reacción que se lleva a cabo en la acidez de la crema esterilizada es de orden cero, por lo que la ecuación  $x = kt$  puede ser aplicada, donde  $x$  es el porcentaje de ácido láctico recomendado en crema láctea (0.16%) (Norma Codex Stan A-9 1976),  $k$  la constante de velocidad de reacción y  $t$  el tiempo de vida de anaquel.

Comparando los Gráficos 15, 17 y 19, también se puede observar en el Apéndice D, Tabla No. 22, que los valores de la constante de reacción ( $k$ ) son mayores para la crema esterilizada almacenada a 35 °C, luego para la crema esterilizada almacenada a 25 °C y por último para la crema esterilizada que fue almacenada a 5 °C. De esto se puede deducir, que la vida de anaquel de la crema almacenada a 5 °C va a ser más prolongada que la de las otras cremas ya que se requerirá de un mayor período de almacenamiento para que esta se acidifique hasta un grado que ya no sea considerada apta para el consumo.

Al realizar el Gráfico de Arrhenius (Gráfico No. 22) se obtiene la ecuación que relaciona la temperatura con la velocidad de reacción (k). Con esta ecuación se puede predecir el tiempo de vida de anaquel máximo para la crema esterilizada antes de que esta se acidifique y no pueda ser consumida. En el Apéndice E se muestran los cálculos y resultados obtenidos para predecir la vida de anaquel, según su porcentaje de acidez, de la crema esterilizada si esta fuera almacenada a 5, 25 y 35 °C. De los resultados se observó que la vida de anaquel de la crema esterilizada en empaque flexible y almacenada a temperatura de 5 °C fue de  $412 \pm 0.04$  días, aproximadamente  $13 \pm 0.002$  meses. Para la crema almacenada a 25 °C, la vida de anaquel fue de  $318 \pm 0.05$  días, aproximadamente  $10 \pm 0.002$  meses. Y para la crema almacenada a 35 °C, la vida de anaquel fue de  $283 \pm 0.05$  días, aproximadamente  $9 \pm 0.002$  meses. Por medio de estos resultados se puede observar que existe diferencia entre la vida de anaquel calculada para la crema según su índice de peróxidos y según su % de acidez para las diferentes temperaturas de almacenamiento utilizadas. Esto pudo haber ocurrido debido al proceso de esterilización (120 °C / 20 min), que aunque efectivo para eliminar bacterias productoras de ácido láctico, degrada la lactosa y permite la formación de ácidos orgánicos, lo que trae como consecuencia un incremento del contenido de acidez en la crema. A pesar que el porcentaje de acidez final para la crema almacenada a distintas temperaturas (5, 25 y 35 °C) fue superior al valor establecido por la Norma Codex Stan A-9 1976 (0.16%), este sabor ácido no fue percibido durante la evaluación sensorial realizada a dicha crema. En Guatemala, el porcentaje de acidez de las cremas lácteas todavía se considera aceptable cuando este se encuentra en un 0.20-0.60%. Por medio de estos datos se podría considerar que al cabo de los 72 días de almacenamiento, el porcentaje de acidez de la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) y almacenada a 5, 25 y 35 °C aún se encuentra dentro de los límites aceptables para nuestro país.

Otro factor que pudo haber causado el aumento en el porcentaje de acidez de la crema almacenada a 5, 25 y 35 °C, pudo deberse a una reacción de lipólisis causada por la inactivación incompleta de las lipasas por medio del tratamiento térmico de esterilización (120 °C/ 20 min). Las lipasas producidas por las bacterias termoresistentes son una de las principales causas de que ocurra la lipólisis. La presencia de éstas en la crema esterilizada va a depender de la calidad microbiológica de la leche cruda así como del tratamiento térmico. Según estudios realizados (Walstra, P; 2006), se encontró que la inactivación de lipasas producidas por bacterias termoresistentes se logra hasta una temperatura de 138 °C durante 20 min. Por lo tanto el tratamiento de esterilización utilizado (120 °C/ 20 min), no logra inactivar dichas lipasas en la crema procesada. Cambios debido a la actividad lipolítica también producen cambios en el contenido de ácidos grasos libres en la crema esterilizada (120 °C/ 20 min). Algunos de estos ácidos grasos son producidos debido a la lipólisis inducida causada por factores físicos durante el procesamiento tales como la homogenización que, como se mencionó anteriormente, causa daños en la membrana del glóbulo graso y produce la liberación de enzimas LPL (lipoproteínas-lipasa). Después de 72 días de almacenamiento, la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C mostró incrementos en su porcentaje de acidez (ver Gráfico No. 14). Durante este período de almacenamiento, se observaron cambios en el porcentaje de acidez dependiendo de la temperatura a la cual fue almacenada la crema. El incremento en el porcentaje de acidez fue menor para la crema almacenada a 5 °C que el de la crema almacenada a 25 y 35 °C. Esto indica que la liberación de ácidos grasos libres se ve favorecida cuando la temperatura de almacenamiento de la crema se incrementa. Este aumento de temperatura también favorece la producción de ácidos grasos de cadena corta responsables de producir olores y sabores rancios en la crema esterilizada.

Los resultados utilizados para calcular la vida de anaquel de la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) fueron bastante buenos, pero deben ser comprobados experimentalmente para garantizar que dichas vidas de anaquel (según porcentaje de acidez e índice de peróxidos) puedan ser aplicadas a este producto si este llegara a ser expandido al consumidor en un futuro. El hecho de haber comprobado experimentalmente durante 72 días que dicha crema (100% pura) se mantiene dentro del límite de rancidez permitido (9 meq peróxido/ Kg muestra) y con un incremento no muy grande en su porcentaje de acidez a las temperaturas de almacenamiento utilizadas (5, 25 y 35 °C) , ya se considera un logro bastante significativo en comparación con la vida de anaquel de la crema pasteurizada que se encuentra en el mercado nacional, la cual tiene como máximo 30 días bajo condiciones de refrigeración.

En el Apéndice J, Tabla No. 30 se puede observar el Análisis de Varianza para el % de acidez de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C. Por medio de estos datos se observó que F crítico para el tiempo (2.5727) es menor a F (13, 960.8635) por lo que la diferencia entre los tratamientos si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el porcentaje de acidez de la crema durante los distintos días de almacenamiento muestreados. También nos indica que F crítico (3.4668) para el factor temperatura es menor a F (6,422.54418) por lo que la diferencia entre los tratamientos si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el porcentaje de acidez de la crema cuando esta es almacenada a distintas temperaturas. Finalmente se puede concluir que F crítico (2.2503) para el efecto de la interacción entre tiempo y temperatura es menor que F (492.9961) por lo que la diferencia entre los tratamientos es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa entre el porcentaje de acidez al almacenar la crema a distintas temperaturas en relación a los distintos días muestreados.

## Grasa

En la crema, la grasa se encuentra principalmente en forma de glóbulos, los cuales se encuentran protegidos por una membrana compuesta por proteína y fosfolípidos. Debido a su alto contenido graso, una de las partes más importantes del proceso en la elaboración de crema esterilizada es la homogenización. Este proceso ayuda a la reducción de tamaño y distribución de los glóbulos grasos y brinda mayor estabilidad al producto durante su almacenamiento. En la crema, un alto contenido de grasa limita el grado de dispersión de los glóbulos por el efecto competitivo entre ellos debido al fenómeno conocido como coalescencia parcial (Walstra, p.; Geurts, T.J., 2006).

En el Gráfico No. 23 se puede observar que el porcentaje de grasa inicial para la crema almacenada a 5, 25 y 35 °C fue de  $32.68 \pm 0.05\%$ . Estas cremas mostraban tener una apariencia homogénea y no presentaron ningún tipo de separación de fases. Sin embargo al finalizar el período de almacenamiento de 72 días, el contenido graso para la crema almacenada a 5 °C permaneció estable mientras que para la cremas almacenadas a 25 y 35 °C este se redujo a un  $32.43 \pm 0.05\%$  y  $32.05 \pm 0.02\%$  respectivamente. En el caso de las cremas almacenada a 25 y 35 °C, éstas si presentaron separación de fases durante el almacenamiento y la apariencia de la fase grasa no fue tan homogénea, también se encontraban presentes algunos agregados irregulares. En la crema almacenada a 25 °C, estos agregados no fueron muy notorios, pero en el caso de la crema almacenada a 35 °C estos si mostraron ser de un tamaño más considerable. La coalescencia parcial de los glóbulos grasos también es provocada por incrementos de temperatura. Esto provoca que la interfase grasa-agua disminuya y algunos de los componentes de la membrana pasan al suero (fosfolípidos). Esto explica porque dicho fenómeno se dio en mayor proporción en la crema almacenada a 35 °C y porque fue ésta la que mayor reducción en su porcentaje de grasa tuvo.

Otra importante propiedad física de la crema, es que la solubilidad del agua en la fase grasa es de 0.14% (p/p) a 20 °C y ésta se ve incrementada conforme haya aumentos en la temperatura de almacenamiento. Este fenómeno también explica la reducción del contenido de grasa en las cremas almacenadas a 25 y 35 °C ya que los glóbulos de grasa, al estar bajo condiciones de mayor temperatura, estos se fueron solubilizando, es decir, haciendo más afines al agua. La homogenización es la causa principal de la inestabilidad térmica de la crema, pero esta puede mejorarse ajustando su pH y añadiéndole sales estabilizantes como las que fueron utilizadas.

### *Consistencia*

La gelación durante el almacenamiento es un fenómeno de agregación que afecta a productos lácteos sometidos a tratamientos térmicos severos como lo son la leche UHT y la crema esterilizada. La caseína no es desnaturalizada por el calor como otras proteínas globulares. Sin embargo, un tratamiento térmico intenso como la esterilización puede provocar su coagulación, especialmente si se encuentra en forma miscelar (Walstra, p.; Geurts, T.J., 2006). Conforme fueron aumentando los días de almacenamiento de la crema esterilizada, se produjo un aumento repentino en su viscosidad y por ende en su consistencia. En el Gráfico No. 24 se muestra el comportamiento de la consistencia de la crema esterilizada durante el período de almacenamiento de 72 días a las tres temperaturas utilizadas. El valor inicial para la consistencia de las crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C fue de: 1.5, 6.0 y 18.5 ± 0.03 cm/10 s. respectivamente. Estos resultados fueron disminuyendo respecto al tiempo ya que por ser un producto de “larga duración” que ha sido sometido al tratamiento térmico de esterilización (120 °C/20 min), suele ocurrir cierto grado de gelación que hace que la consistencia del producto se vea incrementada durante el almacenamiento. Los valores al cabo de los 72 días de almacenamiento para la crema esterilizada, almacenada a

5, 25 y 35 °C fueron de: 0.5, 5.0 y  $14.5 \pm 0.03$  cm/10 s. respectivamente. Otro factor que influyó en la consistencia de la crema fue su temperatura de almacenamiento. Como se puede observar en el Gráfico No. 16, la crema almacenada a 35 °C fluyó mayor distancia durante 10 segundos, comparada con la crema almacenada a 5 y 25 °C (ver Apéndice E, Tabla No. 22). Esto se debe a que la crema esterilizada es un producto muy sensible respecto a su temperatura de almacenamiento y, al incrementar esta temperatura, pierde viscosidad y produce la separación de una capa de aceite.

En el Apéndice J, Tabla No. 31 se puede observar el Análisis de Varianza para la consistencia de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C. Por medio de estos datos se observó que F crítico (2.5727) para el tiempo es menor a F (16.7698) por lo que la diferencia entre los tratamientos si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en la consistencia de la crema durante los distintos días de almacenamiento muestreados. También nos indica que F crítico (3.4668) para el factor temperatura es menor a F (3,676.5714) por lo que la diferencia entre los tratamientos si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en la consistencia de la crema cuando esta es almacenada a distintas temperaturas. Finalmente se puede concluir que F crítico (2.2503) para el efecto de la interacción entre tiempo y temperatura es menor que F (3.6269) por lo que la diferencia entre los tratamientos es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en la consistencia al almacenar la crema a distintas temperaturas en relación a los distintos días de almacenamiento muestreados.

### *Microbiología*

Microbiológicamente hablando, se entiende como crema esterilizada a toda crema que ha sido sometida a procesos de esterilización y que por medio de este tratamiento, logra inactivar enzimas y eliminar

microorganismos patógenos que puedan causar alteraciones indeseables en el producto. Asegurar la eliminación de microorganismos patógenos y de enzimas es lo más importante en la elaboración de una crema esterilizada ya que estos son los principales causantes de aportar características sensoriales indeseables al producto durante su almacenamiento y pueden causar intoxicaciones severas al consumidor.

Debido a que se quería comprobar la efectividad del tratamiento térmico de esterilización (120 °C/ 20 min) aplicado a la crema 100% pura, se realizaron pruebas microbiológicas que permitieron comprobar la ausencia de varios microorganismos patógenos en la misma. En el Apéndice H, Tabla No. 25 se detalla el conteo microbiológico para los análisis microbiológicos realizados a la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C durante los 72 días de almacenamiento. Las pruebas microbiológicas a las cuales fue sometida esta crema a las temperaturas mencionadas anteriormente fueron las siguientes: Recuento Total de Aerobios, Mohos y Levaduras, Coliformes Totales y E. Coli y *Staphylococcus aureus*.

Al cabo de los 12 días de almacenamiento, estas pruebas confirmaron la ausencia de E. Coli y Coliformes Totales y de *Staphylococcus aureus* en la crema. No se continuaron realizando pruebas para determinar la presencia/ausencia de estos microorganismos patógenos durante los siguientes días de almacenamiento ya que son destruidos por el tratamiento de esterilización y son pruebas que sirvieron para confirmar la calidad de la materia prima. También se comprobó que el consumidor no puede verse afectado por estos microorganismos al consumir este producto al menos que la contaminación provenga de otra fuente. Al culminar los 72 de almacenamiento, se comprobó la ausencia de Recuento Total de Aerobios y Mohos y Levaduras para la crema esterilizada almacenada a 5, 25 y 35 °C. Estos resultados indicaron que las condiciones higiénicas sanitarias mantenidas durante la producción

fueron correctas y por lo tanto dichos microorganismos patógenos no pudieron producir ningún tipo de deterioro indeseable en lo que respecta al olor, sabor, apariencia y textura de la crema. El hecho de que no haya habido crecimiento de mohos en las placas también ayudó a confirmar que la crema esterilizada probablemente se encontraba libre de micotoxinas producidas por dichos mohos. No puede asegurarse la total ausencia de las mismas ya que estas son metabolitos termorresistentes.

Estas pruebas, al cabo de 72 días de almacenamiento, continuaron confirmando la ausencia de estos microorganismos en la crema almacenada a 5, 25 y 35 °C. Las fotos para los días de muestreo 12, 48 y 72 que fueron presentadas (ver Resultados, microbiología), comprueban de manera visual lo mencionado con anterioridad.

### *Color*

Durante el calentamiento de la crema, la lactosa sufre una serie de reacciones que tienen importantes consecuencias para el producto. La lactosa es un azúcar reductor que reacciona con los grupos amino en las importantes reacciones de Maillard (Walstra, p.; Geurts, T.J., 2006). Debido a que la crema fue sometida a un tratamiento térmico severo, como la esterilización 120 °C/ 20 min, el pardeamiento que tiene lugar durante el almacenamiento puede ser bastante significativo. Normalmente se asume que el tratamiento térmico es el que provoca el pardeamiento. Sin embargo por medio de la experimentación se ha demostrado que la crema UHT inmediatamente después de la producción, tiene un color casi tan blanco como el de la leche cruda (Lewis, M.; Heppell, N, 2000). En el caso de la crema esterilizada, el pardeamiento puede verse reducido por la homogenización ya que esta produce cambios que alteran las propiedades de dispersión de luz de la crema y le da una apariencia más blanca.

En la Tabla No. 9 (ver Resultados) se presentan los resultados correspondientes al análisis de color realizado a la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C, al inicio y al cabo de los 72 días de almacenamiento. Por medio de la escala de Hunter Lab, se determinaron los valores de luminosidad ( $L^*$ ; color blanco) para el color de la crema esterilizada y la contribución de los valores de  $a^*$  (matiz: color rojo) y  $b^*$  (intensidad; color amarillo). Este análisis mostró cómo el color de la crema esterilizada se vio afectado según su temperatura (5, 25 y 35 °C) y periodo de almacenamiento (día 0 y 72). Los resultados indicaron diferencias en el color de las muestras de crema almacenadas a 5, 25 y 35 °C en el día 0 y en el día 72. A medida que el tiempo y la temperatura de almacenamiento se fueron incrementando, el valor de  $L^*$  disminuyó y los valores de  $a^*$  y  $b^*$  aumentaron. Esta relación puede ser observada en los resultados que se encuentran en la Tabla No. 9 (ver Resultados). Dicha tabla muestra cómo el color de la crema cambió en su valor inicial y final de luminosidad según su temperatura de almacenamiento. El valor de luminosidad inicial para la crema almacenada a 5, 25 y 35 °C fue de  $91.25 \pm 0.09$ . El valor de luminosidad para la crema almacenada a 5 °C ( $L = 86.88 \pm 0.11$ ) fue el que menor variación presentó después de 72 días de almacenamiento, seguido por el valor de luminosidad para la crema almacenada a 25 °C ( $L = 86.49 \pm 0.11$ ) y, por último, la almacenada a 35 °C ( $83.57 \pm 0.09$ ). Por medio de las fotos presentadas (ver Resultados, color) se puede observar que efectivamente la crema almacenada a 5 °C es la que mayor color blanco presenta al cabo de los 72 días de almacenamiento y que conforme la temperatura de almacenamiento fue aumentando, el color de la crema fue tornándose más café.

Durante la reacción de Maillard, existen muchos compuestos intermedios que forman los pigmentos cafés en los alimentos. Uno de los compuestos más examinados es el hidroximetilfurfural (HMF). Sin embargo, no se ha podido demostrar de forma convincente cualquier aumento del HMF en la reacción de Maillard durante el almacenamiento,

excepto cuando las temperaturas están por encima de los 35 °C (Lewis, M.; Heppell, N, 2000). Esto fue corroborado en el estudio de Jiménez-Pérez (1992), quien almacenó leches UHT durante 90 días a cinco temperaturas de almacenamiento entre los 6 y 50 °C. Sus resultados indicaron que ocurrió un aumento de HMF en las leches UHT almacenadas en el rango de temperatura de 40 a 50 °C. En el caso de la crema esterilizada, ésta sí presentó un color bastante blanco inmediatamente después de su producción (ver Resultados, color, Figura No. 9), y fue desarrollando un color café después de varios días de almacenamiento (72). Se puede ver en las Figuras No. 10-12, que el color de la crema esterilizada efectivamente fue tornándose más café conforme la temperatura de almacenamiento incrementó. Este cambio en el color pudo ser provocado por un aumento en la concentración de HMF tal y como ocurrió en el estudio de Jiménez-Pérez.

### *Perfil Sensorial*

Para la elaboración del perfil sensorial de crema esterilizada (120 °C / 20 min), Pasteurizada y UHT, se utilizaron 10 panelistas entrenados. En el caso de la crema esterilizada, se utilizó la que fue almacenada a 5 °C ya que por medio de los resultados fisicoquímicos obtenidos, se consideró la más apta para el consumo en comparación con la crema almacenada a 25 y 35 °C. En el caso de la crema pasteurizada y UHT, estas fueron evaluadas a 5 °C ya que esta es la temperatura a la que normalmente son consumidas.

En el Gráfico No. 25 (ver Resultados) se describe el perfil sensorial de "olor" donde se observó que no hubo mucha diferencia entre los atributos evaluados para los tres tipos de crema. En el caso del atributo para olor "lácteo", los panelistas lo percibieron con mayor intensidad en la crema pasteurizada y en lo que respecta a los atributos de olor: "rancio", "ácido",

“animal” y “acaramelado”, todos fueron percibidos con mayor intensidad en la crema con tratamiento UHT.

En el Apéndice J, Tabla No. 32 se puede observar el Análisis de Varianza para el perfil sensorial de “olor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada. Por medio de estos datos se observó que  $F$  crítico (3.0632) para el tratamiento térmico es menor a  $F$  (6.1084) por lo que la diferencia entre los tratamientos si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el perfil de olor de las cremas según el tratamiento térmico al cual fueron sometidas. También nos indica que  $F$  crítico (2.4387) para los atributos evaluados es menor a  $F$  (124.2695) por lo que la diferencia entre los atributos de olor si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el perfil de olor de las cremas según cada atributo que les fue evaluado. Finalmente se puede concluir que  $F$  crítico (2.0076) para el efecto de la interacción entre tratamiento térmico y atributo evaluado es mayor que  $F$  (1.3531) por lo que la diferencia entre los tratamientos no es significativa. Esto indica que no existe una diferencia significativa entre el tratamiento térmico al cual fue sometida la crema en relación a cada uno de los atributos de olor evaluados. Para determinar con mayor significancia la diferencia del perfil sensorial de las cremas (esterilizada, UHT y pasteurizada), se procedió a realizar un Análisis de Varianza de un factor (ver Apéndice J, Tabla No. 33). Por medio de este análisis se determinó el error estándar (0.23) y se realizó una Agrupación de Medias (ver Apéndice J, Tabla No. 34) para determinar la diferencia que existe entre el perfil sensorial de “olor” para cada una de las cremas. Estos datos indicaron que la diferencia significativa entre perfiles sensoriales existe entre la crema UHT y la crema Pasteurizada.

En el Gráfico No. 26 (ver Resultados) se describe el perfil sensorial de “apariencia” donde se observó que sí se presentaron mayores diferencias entre los atributos evaluados para los tres tipos de crema. A cada una de

las cremas les fue percibido un atributo con mayor intensidad. En el caso de la crema pasteurizada, esta fue la que mayor apariencia “blanca” presentó según los panelistas. La crema esterilizada fue percibida como la más “espesa” y la crema UHT como la más “homogénea”, “brillosa” y “amarillenta”.

En el Apéndice J, Tabla No. 35 se puede observar el Análisis de Varianza para el perfil sensorial de “apariencia” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada. Por medio de estos datos se observó que  $F$  crítico (3.0632) para el tratamiento térmico es menor a  $F$  (16.3716) por lo que la diferencia entre los tratamientos si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el perfil de “apariencia” de las cremas según el tratamiento térmico al cual fueron sometidas. También nos indica que  $F$  crítico (2.4387) para los atributos evaluados es menor a  $F$  (122.1436) por lo que la diferencia entre los atributos de olor si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el perfil de apariencia de las cremas entre cada uno de los atributos que les fue evaluado. Finalmente se puede concluir que  $F$  crítico (2.0076) para el efecto de la interacción entre tratamiento térmico y atributo evaluado es menor que  $F$  (99.7976) por lo que la diferencia entre los tratamientos es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa entre el tratamiento térmico al cual fue sometida la crema en relación a los atributos de apariencia evaluados.

En el Gráfico No. 27 (ver Resultados) se describe el perfil sensorial de “sabor” donde se observan diferencias entre los atributos evaluados para los tres tipos de crema. A cada una de las cremas les fue percibido un atributo con mayor intensidad. En el caso de la crema pasteurizada, ésta fue la que mayor sabor “ácido”, “insípido” y “amargo” presentó en comparación con las otras dos cremas evaluadas. La crema esterilizada fue a la que se le percibió mayor sabor “caramelo” y el sabor “grasoso” y “animal” fue mayormente percibido en la crema UHT.

En el Apéndice J, Tabla No. 36 se puede observar el Análisis de Varianza para el perfil sensorial de “sabor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada. Por medio de estos datos se observó que F crítico (3.0518) para el tratamiento térmico es mayor a F (2.5643) por lo que la diferencia entre los tratamientos no es significativa. Esto indica que no existe una diferencia significativa en el perfil de sabor de las cremas según el tratamiento térmico al cual fueron sometidas. F crítico (2.2699) para los atributos evaluados es menor a F (121.9561) por lo que la diferencia entre los atributos de sabor si es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa en el perfil de sabor de las cremas según cada uno de los atributos que les fue evaluado. Finalmente se puede concluir que F crítico (1.8895) para el efecto de la interacción entre tratamiento térmico y atributo evaluado es menor que F (5.1830) por lo que la diferencia entre los tratamientos es significativa. Esto indica que existe una diferencia significativa entre el tratamiento térmico al cual fue sometida la crema en relación a los atributos de sabor evaluados.

#### *Prueba de Ordenamiento*

Utilizando un panel no entrenado de 10 personas y cremas pasteurizada, UHT y esterilizada (120 °C/ 20 min), se llevó a cabo una prueba sensorial de ordenamiento para determinar la preferencia que la crema esterilizada tuvo por parte del consumidor con respecto a la crema pasteurizada y UHT en lo que respecta a sus atributos sensoriales de apariencia, olor, textura y sabor.

Esta prueba se realizó cada 12 días hasta llegar al día 72 de almacenamiento, para un total de 6 evaluaciones sensoriales. En el caso de la crema esterilizada, se utilizó la que fue almacenada a 5 °C ya que por medio de los resultados fisicoquímicos obtenidos, se consideró como la más apta para el consumo en comparación con la crema almacenada a

25 y 35 °C. En el caso de la crema pasteurizada y UHT, estas fueron evaluadas a 5 °C ya que esta es la temperatura a la que normalmente son consumidas

En la Tabla No. 10 (ver Resultados) se detalla la calificación dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento en base al “olor” de las tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = Esterilizada, B = UHT y C = Pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo. En esta tabla también se puede observar la suma del total de los valores de posición asignados a cada muestra. En lo que respecta al atributo de “olor”, la crema que mayor agrado tuvo por parte de los panelistas fue la crema esterilizada y la que menos agrado tuvo fue la crema pasteurizada.

En la Tabla No. 18 (ver Resultados) se puede observar el valor crítico obtenido en la prueba de Friedman utilizando la tabla de “Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para las Comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%”, según el número de panelistas y muestras empleadas en la prueba. Para 10 panelistas y 3 muestras el mínimo de diferencia entre rangos debe ser 11. Dichas diferencias pueden observarse en la Tabla No. 11 (ver Resultados). Por los resultados obtenidos se puede decir que no existe diferencia significativa para el atributo de “olor”, ya que la diferencia entre estos pares no fue superior al valor crítico (11).

En Tabla No. 12 (ver Resultados) se detalla la calificación dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento en base al “sabor” de las tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = Esterilizada, B = UHT y C = Pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo. En esta tabla también se puede observar la suma del total de

los valores de posición asignados a cada muestra. En lo que respecta al atributo de “sabor”, la crema que mayor agrado tuvo por parte de los panelistas fue la crema esterilizada y la que menos agrado tuvo fue la crema UHT.

En la Tabla No. 18 (ver Resultados) se puede observar el valor crítico obtenido en la prueba de Friedman utilizando la tabla de “Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para las Comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%”, según el número de panelistas y muestras empleadas en la prueba. Para 10 panelistas y 3 muestras el mínimo de diferencia entre rangos debe ser 11. Dichas diferencias pueden observarse en la Tabla No. 13 (ver Resultados). Por los resultados obtenidos se puede decir que no existe diferencia significativa para el atributo de “sabor”, ya que la diferencia entre estos pares no fue superior al valor crítico (11).

En la Tabla No. 14 (ver Resultados) se detalla la calificación dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento en base a la “apariencia” de tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = Esterilizada, B = UHT y C = Pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo. En esta tabla también se puede observar la suma del total de los valores de posición asignados a cada muestra. En lo que respecta al atributo de “apariencia”, la crema que mayor agrado tuvo por parte de los panelistas fue la crema UHT y la que menos agrado tuvo fue la crema esterilizada.

En la Tabla No. 18 se puede observar el valor crítico obtenido en la prueba de Friedman utilizando la tabla de “Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para las Comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%”, según el número de panelistas y muestras empleadas en la prueba. Para 10 panelistas y 3 muestras el

mínimo de diferencia entre rangos debe ser 11. Dichas diferencias pueden observarse en la Tabla No. 15. Por los resultados obtenidos se puede decir que no existe diferencia significativa para el atributo de “apariencia”, ya que la diferencia entre estos pares no fue superior al valor crítico (11).

En la Tabla No. 16 (ver Resultados) se detalla la calificación dada por cada panelista en la prueba de ordenamiento con base en la “textura” de tres cremas que han recibido distinto tratamiento térmico (A = esterilizada, B = UHT y C = pasteurizada). Esta prueba se realizó con una escala numérica, en donde 1 representa el valor más alto de “agrado” y 3 el valor más bajo. En esta tabla también se puede observar la suma del total de los valores de posición asignados a cada muestra. En lo que respecta al atributo de “textura”, la crema que mayor agrado tuvo por parte de los panelistas fue la crema Pasteurizada y la que menos agrado tuvo fue la crema esterilizada.

En la Tabla No. 18 se puede observar el valor crítico obtenido en la prueba de Friedman utilizando la tabla de “Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para las Comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5%”, según el número de panelistas y muestras empleadas en la prueba. Para 10 panelistas y 3 muestras el mínimo de diferencia entre rangos debe ser 11. Dichas diferencias pueden observarse en la Tabla No.17. Por los resultados obtenidos se puede decir que no existe diferencia significativa para el atributo de “textura”, ya que la diferencia entre estos pares no fue superior al valor crítico (11).

## VII. CONCLUSIONES

- El proceso de esterilización 120 °C/ 20 min y el empaque flexible utilizado (bolsa retortable), son efectivos para proveerle calidad, inocuidad y una prolongada vida de anaquel a crema 100% pura y contenido graso de 30-35%, durante al menos 70 días de almacenamiento.
- Existe diferencia significativa en el índice de peróxido, acidez y consistencia al almacenar la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) a distintas temperaturas en relación a su tiempo de almacenamiento.
- Por medio del desarrollo del perfil sensorial para “olor”, “sabor” y “apariencia” se determinó que únicamente existe diferencia significativa entre los perfiles sensoriales para “olor” entre la crema UHT y la crema Pasteurizada.
- La aceptabilidad sensorial para la crema sometida al proceso de esterilización (120 °C/ 20 min), envasada en empaque flexible (bolsa retortable) y almacenada a 5 °C, es de al menos 70 días.
- No existe diferencia significativa entre la preferencia de los atributos de “olor”, “sabor”, “apariencia” y “textura para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada.

## VIII. RECOMENDACIONES

- En próximos estudios, realizar el proceso de homogenización bajo condiciones de temperatura y presión controlada para evitar la aparición del fenómeno de coalescencia parcial en crema o productos similares, que sean envasados en empaque flexible, sometidos al proceso de esterilización 120 °C/ 20 min y almacenados a distintas condiciones de temperatura a fin de lograr prolongar su vida de anaquel y aceptabilidad sensorial.
- Realizar este estudio utilizando otros productos lácteos, tales como crema para batir y yogurt, para analizar su comportamiento bajo estas condiciones y estudiar la posibilidad de distribuirlos como productos de “larga duración”.
- Realizar pruebas microbiológicas que permitan determinar la presencia/ausencia de microorganismos termorresistentes en crema que sea envasada en empaque flexible y sometida al proceso de esterilización 120 °C/ 20 min.
- Implementar el Análisis de Cromatografía Líquida de Alta Resolución para evaluar la concentración de Hidroxi-metilfurfural en crema sometida al tratamiento térmico de esterilización (120 °C/ 20 min), y así comparar los resultados con los cambios en color que ocurran durante el almacenamiento.
- Realizar un estudio sobre el comportamiento, en vida real, de la crema esterilizada (120 °C/ 20 min) durante su transporte, almacenamiento y distribución hacia distintos puntos del país.

## IX. Bibliografía

1. Anzueto, C.R. 1992. *Vida de Anaquel de Productos Alimenticios Procesados*. 1er Congreso Nacional de la Industria de Alimentos, Asociación Guatemalteca de Tecnólogos de Alimentos, Guatemala. Memorias del Primer Congreso Nacional de la Industria de Alimentos. 478 p.
2. Ortega, M. 2005. *Alusa le apuesta al retortable*". Artículo de Internet..  
[http://www.elempaque.com/ee/secciones/EE/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc\\_37931\\_HTML.html?idDocumento=37931](http://www.elempaque.com/ee/secciones/EE/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc_37931_HTML.html?idDocumento=37931)
3. AOAC:  
<http://www.aoac.org/vmeth/omamannual/omamannual.htm>
4. Canning Trade Inc. 1981. *A Complete Course in Canning. Book I: Basic Information on Canning* .11 edición. Maryland. 556 p
5. Castillo R. 1993. *Determinación en Crema y Quesos no Maduros de Coliformes y Staphylococcus aureus, Basándose en las Normas COGUANOR Vigentes*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, tesis de graduación, Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia. p.3-4.
6. Chandan, R; Kilara, A; Shah, N. 2008. *Dairy Processing & Quality Assurance*. Wiley-Blackwell. Iowa. 586 p.
7. Codex Alimentarius. Codex Stan A-9- 1976, Rev. 1-2003. *Norma del Codex para las natas (cremas) y las natas (cremas) preparadas*. 2003
8. Compaire C. 1996. *Cremas Dulces: tecnología y control de calidad*. Madrid: Publicaciones de Extensión Agraria. 493 p.

9. D'Aoust JY. 1990. *Manufacture of dairy products from unpasteurized milk; a safety assessment*. J Food Prot. 52(12): 906-914.
10. Departamento de Investigaciones Químicas Biológicas IIQB. *Las cremas de baja calidad*. Rev. Cons: 2004. 141 p.
11. Dickerson, R.W.; Read, R.B. 1973. *Testing the Hermetic Seal on Milk Product Packages*. Revista Journal of Dairy Science. 56 (1): 6-11
12. Early, R. 1998. *Tecnología de los Productos Lácteos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. 459 p.
13. FDA: <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodborneIllness/FoodborneIllnessFoodbornePathogensNaturalToxins/BadBugBook/default.htm>
14. Hersom, A. C.; Hlland, E. 1995. *Conservas alimenticias: procesado térmico y microbiología*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. 451 p.
15. Jeantet, R.; Roignant, M.; Brulé, G. 2005. *Ingeniería de los procesos aplicada a la industria láctea*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza
16. Jimenez-Perez, F. 1992. *An Enhanced Liquid-Chromatographic Method for 5-Hydroxymethylfurfural Determination in UHT Milk*. *Chromatographia*. 48 p.
17. Kaylegian, K. E.; Lindsay, R.C. 1995. *Handbook of Milkfat Fractionation Technology and Application*. Champaign, Illinois. 662 p.
18. Labuza, T.P. 1982. *Shelf life dating of foods*. 2ª. Ed. USA: Food and nutrition press, Westport, CT. 500 pp.

19. Lewis, M.; Heppell, N. 2000. *Continuous thermal processing of foods: pasteurization and UHT sterilization*. Aspen Publishers. Gaithersburg, Maryland. 427 p.
20. Ministerio de Economía. Comisión Guatemalteca de Normas. Normas NGO 34 133, NGO 34 134, NGO 34 207. Catálogo 1994. 70 p.
21. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. [www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt). 2011
22. Norma COGUANOR-NGO-34-133, 1<sup>a</sup>. Revisión 1999
23. *Presente y futuro de los empaques retortables*. Artículo de Internet. Publicado en marzo de 2009. Ph. D. Carlos Serrano [www.tuinventas.com/uploaded/content/1452001518.doc](http://www.tuinventas.com/uploaded/content/1452001518.doc)
24. Rees, J.A.G; Bettison, J. 1991. *Procesado térmico y envasado de los alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. 287 p.
25. Rosell J. *Métodos analíticos de Laboratorio Lactológicos y Microbiología de las Industrias Lácteas*. 1992. Barcelona –Madrid. Editorial Labor, S.A. 489 p.
26. RTCR 412:2008 Crema (Nata) y Crema Ácida y Fermentada (Natilla)
27. Spreer, E. 1991. *LACTOLOGIA INDUSTRIAL*. 2 edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. 617 p.
28. Tobías J. *Cream and frozen desserts*. J of Dairy Sci 1981; 64(6): 1077-1086.
29. *Últimos desarrollos en empaques retortables*. Artículo de Internet. Publicado en mayo de 2010. Ph. D. Carlos Serrano [http://www.elempaque.com/ee/secciones/EE/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc\\_77488\\_HTML.html?idDocumento=77488](http://www.elempaque.com/ee/secciones/EE/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc_77488_HTML.html?idDocumento=77488)

30. Usarek, A.; Wêgrzynowski, T.; OEwitka, J. 1997. *Changes of UHT milk quality during storage*. Przegl. Mlecz.
31. Vargas, H. 2003. *Hacia un Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea Guatemalteca*. Oficina del IICA. Guatemala. 43 p.
32. Varnam, Alan H. ; Sutherland, Jane P. 1994. *Leche y productos lácteos. TECNOLOGÍA, QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. 461 p.
33. Walstra, P.; Geurts, T.J.; Noomen, A.; Jellema, A.; van Boekel, M.A.J.S. 2006. *Ciencia de la Leche y Tecnología de los Productos Lácteos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. 730 p.
34. Webb, B. H. 1930. *The Sterilization of Sweet Cream for Market Purposes*. Revista Journal of Dairy Science. 13 (3): 159-164
35. <http://www.allpax.com/solutions-services/>
36. 3M. 2011. España.  
[http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es\\_ES/food-safety/microbiology/resource-library/petrifilm-plates/](http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es_ES/food-safety/microbiology/resource-library/petrifilm-plates/)

## **IX. APÉNDICES**

## APÉNDICE A

### ÍNDICE DE PERÓXIDO Método Ácido Acético- Cloroformo Método Oficial A.O.C.S., Cd 8-53

#### Generalidades

- Definición: Este método determina todas las sustancias, en términos de mili equivalentes de peróxido por 1000 g de muestra, que oxidan el ioduro de potasio bajo las condiciones de la prueba.
- Generalmente se asume que las sustancias son peróxidos u otras sustancias similares que oxidan la grasa.
- Alcance: Aplicable a todas las grasas y aceites normales, incluyendo margarina. Este método es altamente empírico y cualquier variación en la prueba puede provocar variaciones en los resultados.

#### Materiales

- Pipeta de 0.5 mL
- Erlenmeyer de 250 mL con tapón de vidrio
- Plancha de calentamiento
- Balanza analítica

#### Reactivos

- Ácido acético
- Cloroformo
- Ioduro de potasio
- Almidón
- Tiosulfato de sodio
- Dicromato de potasio

#### Soluciones

- Solución de ácido acético – cloroformo, mezclando 3 volúmenes de ácido acético glacial grado reactivo con 2 volúmenes de cloroformo grado reactivo.
- Solución saturada de ioduro de potasio, preparada recientemente, disolviendo un exceso de KI en agua destilada, recientemente hervida.

- Asegúrese que la solución de KI permanezca saturada durante su uso, indicado por la presencia de cristales no disueltos. Almacene en la oscuridad cuando no se utilice, pruebe la solución agregando 2 gotas de solución de almidón a 0.5 mL de solución de KI en 30 mL de la solución ácido acético – cloroformo. Si se torna de color azul que requiere más de una gota de la solución de tiosulfato de sodio 0.1N para desaparecer, descarte la solución de KI y prepare una nueva.
- Solución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 0.1 N, estandarizada recientemente con una solución de dicromato de potasio de la siguiente manera:
  - o Solución de tiosulfato de sodio 0.1N, se prepara disolviendo 24.9 g de tiosulfato de sodio en agua destilada y diluida hasta 1L.
  - o El estándar primario de dicromato de potasio debe estar finamente molido, secado a 105°C durante 2 hrs. y enfriado en una desecadora, pesar 0.16-0.22 g de dicromato de potasio en un balón de 500 mL. Disuelva con 25 mL de agua destilada, agregue 5 mL de ácido clorhídrico concentrado, 20 mL de la solución de ioduro de potasio y agite para mezclar. Deje reposar durante 5 min. y luego agregue 100 mL de agua destilada. Titule con una solución de tiosulfato de sodio agitando continuamente hasta que el color amarillo casi desaparezca. Agregue 1-2 mL del indicador almidón y continúe con la titulación agregando lentamente la solución de tiosulfato hasta que el color azul casi desaparezca. La concentración de la solución de tiosulfato de sodio se expresa en términos de su normalidad.
- Solución de tiosulfato de sodio 0.01N, exactamente estandarizada. Esta solución se puede preparar pipeteando exactamente 100 mL de tiosulfato de sodio 0.1N a un balón de 1000 mL, y afore con agua destilada recientemente hervida.
- Solución indicadora de almidón, probada por sensibilidad, preparada al hacer una pasta con 1 g de almidón y una pequeña cantidad de agua destilada fría. Agréguese, mientras agita, 200 mL de agua hirviendo y continúe hirviendo la solución por unos segundos más. Inmediatamente quite del medio de calentamiento y enfríe. Puede agregarse ácido salicílico (1.25 g /L) para preservar el indicador. Si el indicador se va a almacenar por mucho tiempo, la solución debe guardarse en el refrigerador de 4 a 10°C. Debe prepararse un nuevo indicador cuando el punto final de la titulación, de color azul a incoloro ya no es tan definido. Si se almacena bajo refrigeración, la solución es estable durante 3 semanas.

## Procedimiento

- Pesar  $5.00 \pm 0.05$  g de muestra en un erlenmeyer de 250 mL con un tapón de vidrio. Y agregue 30 mL de solución de ácido acético – cloroformo 3:2. Agite para disolver la muestra. Agregue 0.5 mL de solución saturada de ioduro de potasio KI.
- Deje que la solución repose, agitando ocasionalmente 1 min. exacto, y luego agregue inmediatamente 30 mL de agua destilada.
- Titule con tiosulfato de sodio 0.1N, acondicionándolo gradualmente, agitando constantemente. Continúe la titulación hasta que el color amarillo casi desaparezca.
- Agregue 0.5 mL de la solución de almidón, y continúe la titulación con agitación. Cerca del punto final agregue el tiosulfato en gotas hasta que desaparezca el color azul.
- Haga una determinación con un blanco. La titulación no debe exceder 0.1 mL de la solución de tiosulfato de sodio 0.1N.

## Cálculos

$$\text{Valor de peróxido (meq/1000 g)} = \frac{(S - B) * N * 1000}{\text{Peso de muestra}}$$

Donde:

B: titulación en blanco

S: titulación de la muestra

N: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

## APÉNDICE B

### Vida de Anaquel

**Tabla No. 19**

Resultados del índice de peróxido para la crema esterilizada a las tres temperaturas estudiadas

Temperatura (°C)	tiempo (días)	índice de peróxido**
5 °C	0	0,2358
	12	0,3966
	24	0,6721
	36	0,8952
	48	1,0975
	60	1,3475
	72	1,6707
25 °C	0	0,2358
	12	0,6112
	24	0,9724
	36	1,1765
	48	1,4401
	60	1,7589
	72	2,0167
35 °C	0	0,2358
	12	0,9186
	24	1,5325
	36	1,9623
	48	2,1956
	60	2,5712
	72	3,0144

\*\* Miliequivalentes de peróxido por cada 1,000 g de muestra  
Análisis efectuado en duplicado

**Tabla No. 20**

Valores calculados para la obtención de la ecuación de Arrhenius (índice de peróxidos)

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	1/T (1/K)	Cte. de reacción, k	ln k
5	278,15	0,003595	0,0197	-3,927136643
25	298,15	0,003354	0,0241	-3,725543438
35	308,15	0,003245	0,0366	-3,307707039

### APÉNDICE C

Análisis para determinación de vida de anaquel de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C (índice de peróxidos)

- *Ecuación de Arrhenius encontrada:*  $\ln k = 3.3892 - 2016.4 (1/T)$

✓ **Para T = 5 °C = 278.15 K**

$$k = 0.01972$$

✓ **Para temperatura ambiente, T = 25 °C = 298.15 K**

$$k = 0.02408$$

✓ **Para T = 35 °C = 308.15 K**

$$k = 0.03663$$

- *Vida de anaquel para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C:*

La reacción de orden cero,  $x = kt$ , de donde obtenemos que  $t = x/k$ , donde x es igual a 9 miliequivalentes de peróxido/1,000g muestra

✓ **Para T = 5 °C = 278.15 K**

$$t = 456.3894 \text{ días, aprox. } 15.2130 \text{ meses}$$

✓ **Para temperatura ambiente, T = 25 °C = 298.15 K**

$t = 373.7541$  días, aprox. 12.4585 meses

✓ Para  $T = 35\text{ °C} = 308.15\text{ K}$

$t = 245.7002$  días, aprox. 8.1900 meses

## APÉNDICE D

### Acidez

**Tabla No. 21**

Datos de la acidez, expresada como porcentaje de ácido láctico, para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C

Temperatura (°C)	tiempo (días)	% ácido láctico
5 °C	0	0,1841
	12	0,1848
	24	0,1870
	36	0,1983
	48	0,2010
	60	0,2025
	72	0,2054
25 °C	0	0,1841
	12	0,1866
	24	0,1912
	36	0,2031
	48	0,2120
	60	0,2050
	72	0,2086
35 °C	0	0,1841
	12	0,1919
	24	0,1985
	36	0,2119
	48	0,2174
	60	0,2113
	72	0,2156

\*\* Análisis efectuado en duplicado

**Tabla No. 22**

Valores calculados para la obtención de la ecuación de Arhenius (acidez)

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	1/T (1/K)	Cte. de reacción, k	ln k
5	278,15	0,003595	0,000380	-7,87533931
25	298,15	0,003354	0,000500	-7,60090246
35	308,15	0,003245	0,000560	-7,48757377

**APÉNDICE E**

Análisis para determinación de vida de anaquel de la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C (acidez)

- *Ecuación de Arhenius encontrada:*  $\ln k = -4.018 - 1066.9(1/T)$

✓ **Para T = 5 °C = 278.15 K**

$$k = 0.0003883$$

✓ **Para temperatura ambiente, T = 25 °C = 298.15 K**

$$k = 0.0005022$$

✓ **Para T = 35 °C = 308.15 K**

$$k = 0.0005641$$

- *Vida de Anaquel para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C:*

La reacción de orden cero,  $x = kt$ , de donde obtenemos que  $t = x/k$ , donde  $x$  es igual a 0.25 (% de ácido láctico).

✓ **Para T = 5 °C = 278.15 K**

$$t = 412.0393 \text{ días, aprox. } 13.7346 \text{ meses}$$

✓ Para temperatura ambiente,  $T = 25\text{ °C} = 298.15\text{ K}$

$t = 318.5625$  días, aprox. 10.6187 meses

✓ Para  $T = 35\text{ °C} = 308.15\text{ K}$

$t = 283.6365$  días, aprox. 9.4545 meses

## APÉNDICE F

Consistencia

**Tabla No. 23**

Datos de consistencia para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C

Temperatura (°C)	tiempo (días)	cm. recorridos/ 10 s.
5 °C	0	1,5
	12	1,5
	24	1,5
	36	1
	48	1
	60	0,5
	72	0,5
25 °C	0	6
	12	6,5
	24	5,5
	36	5,5
	48	5
	60	5
	72	5
35 °C	0	18,5
	12	18,5
	24	17,5
	36	17
	48	15,5
	60	16
	72	14,5

\*\* Análisis efectuado en duplicado

## APÉNDICE G

### Grasa

**Tabla No. 24**

Datos del % de grasa para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C

Tiempo de almacenamiento (días)	T = 5 °C	T = 25 °C	T = 35 °C
0	32.679	32.679	32.679
72	32.679	32.429	32.049

\*\* Análisis efectuado en duplicado

## APÉNDICE H

### Microbiología

**Tabla No. 25**

Conteo microbiológico para la crema esterilizada y almacenada a 5, 25 y 35 °C

Tiempo de almacenamiento (días)	Microorganismo	T = 5 °C	T = 25 °C	T = 35 °C
0	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0
	E. Coli / Coliformes totales	0	0	0
	Staphylococcus aureus	0	0	0
12	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0
	E. Coli / Coliformes totales	0	0	0
	Staphylococcus aureus	0	0	0
24	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0
36	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0
48	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0
60	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0
72	Recuento total de aerobios	0	0	0
	Mohos y levaduras	0	0	0

\*\* Análisis efectuado en duplicado

## APÉNDICE I

### Perfil Sensorial

**Tabla No. 26**

Calificación promedio de cada muestra dada por el panel para la descripción de los atributos de “olor” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica de 1-10

Crema	OLOR				
	lácteo	rancio	ácido	animal	acaramelado
esterilizada	4,8	1,8	2,6	1,2	1,2
uht	5,5	2,4	3,3	1,5	1,5
pasteurizada	6,3	2,3	3,1	1,3	1,2

**Tabla No. 27**

Calificación promedio de cada muestra dada por el panel para la descripción de los atributos de “apariciencia” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica de 1-10

Crema	APARIENCIA				
	homogénea	brillosa	blanca	amarillenta	espesa
esterilizada	7,2	6,3	3,2	6,6	6,7
uht	9,4	8,6	2,9	7,0	6,5
pasteurizada	8,6	8,2	8,9	1,1	6,0

**Tabla No. 28**

Calificación promedio de cada muestra dada por el panel para la descripción de los atributos de “sabor” de la crema esterilizada, UHT y pasteurizada utilizando una escala numérica de 1-10

Crema	SABOR					
	ácida	insípida	grasoso	animal	amarga	caramelo
esterilizada	2,8	1,0	3,6	1,6	0,6	0,8
uht	2,6	1,7	4,9	1,9	1,1	0,4
pasteurizada	3,9	1,8	4,2	1,4	1,3	0,4

## APÉNDICE J

### Análisis Estadístico

#### Tabla No. 29

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para los índices de peróxido de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo (día)	6	1071960,791	1,78812E-56	2,572711641
Temperatura (°C)	2	978517,37	6,62932E-53	3,466800112
Interacción	12	65123,27914	3,69788E-45	2,250361999
Dentro del grupo	21			
Total	41			

#### Tabla No. 30

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el % de acidez de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo (día)	6	13960,86357	1,11268E-36	2,572711641
Temperatura (°C)	2	6422,544186	5,42143E-30	3,466800112
Interacción	12	492,996124	6,52109E-23	2,250361999
Dentro del grupo	21			
Total	41			

#### Tabla No. 31

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para la consistencia de la crema esterilizada, almacenada a 5, 25 y 35 °C

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo (días)	6	16,76984127	4,99412E-07	2,572711641
Temperatura (°C)	2	3676,571429	1,87211E-27	3,466800112
Interacción	12	3,626984127	0,004810761	2,250361999
Dentro del grupo	21			
Total	41			

**Tabla No. 32**

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para el perfil sensorial de "olor" para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamiento Térmico	2	6,108433735	0,002886644	3,063203853
Atributos Evaluados	4	124,2695783	3,00994E-44	2,438739219
Interacción	8	1,353162651	0,222839803	2,007634991
Dentro del grupo	135			
Total	149			

**Tabla No. 33**

Análisis de varianza de un factor para el perfil sensorial de "olor" para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2	19,25456919	3,74088E-08	3,057620652
Dentro de los grupos	147			
Total	149			

**Tabla No. 34**

Agrupación de las medias para el perfil sensorial de "olor" para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada

<b>Agrupación de las medias</b>			
<i>Grupos</i>	<i>Promedio</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Z</i>
esterilizada	3,8		
uht	1,9	2	8,32
pasteurizada	2,3	-0,4	1,75

**Tabla No. 35**

Análisis de varianza de un factor para el perfil sensorial de “apariencia” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamiento Térmico	2	16,37163814	4,3051E-07	3,063203853
Atributos Evaluados	4	122,143643	7,48245E-44	2,438739219
Interacción	8	99,79767726	7,34385E-53	2,007634991
Dentro del grupo	135			
Total	149			

**Tabla No. 36**

Análisis de varianza de un factor para el perfil sensorial de “sabor” para las cremas esterilizada, UHT y pasteurizada

ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamiento Térmico	2	2,564383562	0,08008814	3,051819187
Atributos Evaluados	5	121,9561644	4,8017E-53	2,26996016
Interacción	10	5,183013699	1,40647E-06	1,889561475
Dentro del grupo	162			
Total	179			

## APÉNDICE K

### Proceso

**Figura No. 13. Recepción y estandarización de materia prima**

La crema fue estandarizada a un contenido graso aproximado de 32% y después fue introducida en una marmita



**Figura No. 14. Homogenización, calentamiento y adición de sales estabilizantes**

Mientras la crema fue homogenizada y calentada, a esta se le iban agregando sales estabilizantes, emulsificante, base y sal



**Figura No. 15. Empaque y sellado**

Cuando la crema alcanzó los 85 °C, esta fue inmediatamente introducida en el empaque flexible (retort pouch) y sellada con calor



**Figura No. 16. Esterilización**

La crema empacada en empaque flexible (retort pouch) fue introducida en autoclave para someterla al proceso de esterilización de 120 °C / 20 min



**Figura No. 17. Enfriamiento y almacenamiento**

Al terminar el proceso de esterilización, la crema recibió shock térmico con agua fría para después ser almacenada según su temperatura de almacenamiento asignada

**5 °C**



**25 °C**



**35 °C**



## APÉNDICE L

### Formulación

**Tabla No. 37**

Porcentaje utilizado de sales estabilizantes, emulsificante, estabilizantes y sal para la formulación de la crema esterilizada (120 °C/ 20 min)

Producto	%
Sales estabilizantes	0.18
Emulsificante	0.30
Estabilizante	2.00
Sal	0.8

**Tabla No. 38**

Ficha técnica de las sales estabilizantes

<b>Aspecto físico</b>	Polvo granular
<b>Color</b>	Blanco a crema
<b>Humedad</b>	< 6 %
<b>Ingredientes</b>	Citrato de sodio, fosfato de sodio
<b>Nivel de uso recomendado</b>	5 g/ Kg

**Tabla No. 39**

Ficha técnica del emulsificante

<b>Aspecto físico</b>	Esferas a 25 °C
<b>Color</b>	Blanco a crema
<b>Ingredientes</b>	Mono y diglicéridos
<b>Nivel de uso recomendado</b>	0.15 - 0.30%

**Tabla No. 40**

Ficha técnica del estabilizante

<b>Aspecto físico</b>	Polvo
<b>Color</b>	Blanco
<b>Humedad</b>	< 12 %
<b>Ingredientes</b>	Almidón modificado, goma guar, carragenina, goma de algarrobo
<b>Nivel de uso recomendado</b>	1.9 - 2.0%