

**Efectos de la adición de aceite vegetal, una
mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes
en una crema ácida económica**

Marcela Alexandra Morán Navarrete

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efectos de la adición de aceite vegetal, una mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes en una crema ácida económica

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Marcela Alexandra Morán Navarrete

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

Efectos de la adición de aceite vegetal, una mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes en una crema ácida económica

Presentado por:

Marcela Alexandra Morán Navarrete

Aprobado:

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera Agroindustria Alimentaria

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Morán, M. 2008. Efectos de la adición de aceite vegetal, una mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes en una crema ácida económica. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 32p.

La crema ácida se obtiene por fermentación o acidificación de la nata, como efecto de la acción de microorganismos o ácidos naturales, que resulta en una reducción del pH con o sin coagulación. Para este estudio se utilizó aceite vegetal de palma como sustituto parcial de la grasa láctea, una mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes con los que se evaluó sus efectos mediante análisis físicos (viscosidad y color), químicos (acidez y grasa) y sensorial de aceptación (apariencia, aroma, viscosidad, acidez y aceptación general). Se utilizó dos porcentajes de aceite de palma (3 y 3.5%), una mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes (Tween40 y Span20). Se utilizó un diseño experimental BCA con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 10 y 20 días. Se evaluaron 4 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales. Se encontró una relación inversa entre la viscosidad y el porcentaje de grasa total. No se detectaron diferencias en el análisis sensorial entre tratamientos de crema ácida a los días 0 y 10. La diferencia de acidez, ATECAL, en el tiempo no fue detectado por los panelistas. El contenido de grasa no influyó en el sabor de los tratamientos el día 0. Se redujo el contenido de grasa hasta 21% en el tratamiento 2. No se tuvo mejor aceptación por ninguno de los tratamientos. El tratamiento con menor costo variable total fue el 3 (3.5% aceite vegetal, 0.15% carragenina, 0.25% Uniestab, Tween) con un costo de L. 24.96/kg de crema ácida.

Palabras clave: aceite de palma, sustituto de grasa láctea.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros.....	v
Índice de Figuras.....	v
Índice de Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
5. CONCLUSIONES.....	26
6. RECOMENDACIONES.....	27
7. BIBLIOGRAFÍA.....	28
8. ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación del tratamiento 1.....	8
2. Formulación del tratamiento 2.....	8
3. Formulación del tratamiento 3.....	8
4. Formulación del tratamiento 4.....	9
5. Tratamientos.....	14
6. Diseño experimental.....	14
7. Análisis de apariencia en la crema ácida económica.....	15
8. Análisis de aroma en la crema ácida económica.....	16
9. Análisis de viscosidad en la crema ácida económica.....	16
10. Análisis de acidez en la crema ácida económica.....	17
11. Análisis de sabor en la crema ácida económica.....	17
12. Análisis de aceptación general para crema ácida económica.....	18
13. Análisis de viscosidad en la crema ácida económica.....	20
14. Análisis del valor L* en la crema ácida económica.....	20
15. Análisis del valor a* en la crema ácida económica.....	21
16. Análisis del valor b* en la crema ácida económica.....	21
17. Análisis de la acidez en la crema ácida económica.....	22
18. Análisis del contenido de grasa en la crema ácida económica.....	22
19. Resultados microbiológicos en la crema ácida económica.....	23
20. Costos para la formulación del tratamiento 1.....	23
21. Costos para la formulación del tratamiento 2.....	24
22. Costos para la formulación del tratamiento 3.....	24
23. Costos para la formulación del tratamiento 4.....	25
24. Cuadro comparativo de costos variables en los tratamientos de crema ácida.....	25
Figuras	
1. Consumo mundial de aceites vegetales.....	5
2. Flujo de proceso para la elaboración de crema ácida económica.....	11
Anexos	
1. Hoja de evaluación sensorial.....	31
2. Cuadro resumen del SAS para el análisis físico.....	32
3. Cuadro resumen del SAS para el análisis químico.....	32
4. Cuadro resumen del SAS para el análisis sensorial.....	32

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la importancia por el consumo de alimentos más sanos ha llevado a la industria alimentaria a desarrollar productos que de alguna manera aportan benéficamente a la salud de los consumidores. Los sustitutos alimentarios, como parte de esta tendencia, han modificado las dietas en ciertos lugares, así como las formulaciones de ciertos productos con el fin de darles características favorables para los consumidores, como en el caso de la sustitución de grasas saturadas por insaturadas.

Para este estudio se utilizó aceite vegetal de palma como sustituto parcial de la grasa láctea para la formulación de una crema ácida económica. El consumo excesivo de alimentos de fuentes grasas animales, aportan una considerable cantidad de grasas saturadas ricas en colesterol LDL y HDL. El consumo de grasas saturadas favorece al depósito de colesterol LDL en las arterias, lo que provoca una obstrucción de las mismas cuando se consumen en grandes cantidades y el desarrollo de una serie de enfermedades cardiovasculares y problemas de sobrepeso.

En Honduras, la crema ácida se produce y consume a nivel nacional. Se estimó, que de la producción de leche de 620 millones de litros al año¹ el 12% se destina a la elaboración de crema ácida². La crema ácida es una crema ligera, de no menos del 18% de grasa láctea, ya sea fermentada por acción de microorganismos adecuados o acidificada por acción de ácidos o reguladores de acidez, que resulta en ambos casos en una reducción de pH con o sin coagulación (Codex Alimentarius, 2003).

Por otro lado, a nivel mundial el aceite vegetal de palma es, en la actualidad, el más consumido y producido dentro de los aceites vegetales, no solo aporta grasas, contiene además de grasas saturadas e insaturadas ácidos grasos esenciales, antioxidantes y carotenos que ayudan a la eliminación de colesterol en la sangre.

Por la importancia que tiene en el mercado hondureño el consumo de crema ácida y como una oportunidad de negocio, el objetivo de este estudio es la elaboración de una crema ácida utilizando aceite vegetal de palma como sustituto parcial de grasa láctea, reducir el contenido de grasa total y darle propiedades benéficas para el consumidor por los componentes con los que cuenta el aceite de palma.

Con la finalidad de formular este producto se usaron dos porcentajes de aceite vegetal de palma, 3 y 3.5%, una mezcla de dos estabilizadores a diferentes niveles, 0.4%

¹ INE. 2003. Encuesta Agropecuaria Básica – mayo 2003 (Resumen ejecutivo).

² Carlos Pomareda. 2001. Políticas para la competitividad del sector lácteo en Honduras (informe).

UNIESTAB con 0.1% carragenina, y 0.25% UNIESTAB con 0.15% carragenina y 0.1% de dos emulsionantes, Tween 40 y Span 20.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de la adición de aceite vegetal, una mezcla de estabilizantes y dos emulsionantes en una crema ácida económica.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los cambios en una crema ácida al sustituir parte de la grasa láctea por aceite vegetal de palma y adicionar una mezcla de estabilizantes y emulsionantes.
- Evaluar los efectos del aceite vegetal, emulsionantes y estabilizantes en la viscosidad, acidez y color al sustituir parte de la grasa láctea y adicionar una mezcla de estabilizantes y emulsionantes.
- Evaluar cambios sensoriales en el tiempo de la crema ácida económica mediante pruebas sensoriales de aceptación.
- Evaluar la calidad microbiológica del producto mediante conteo de coliformes totales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. HIDROCOLOIDES

Según Senties (2005), las propiedades principales de los hidrocoloides o gomas son: controlar la viscosidad y separación de fases, prevenir sinéresis, aumentar la vida de anaquel, mejorar la palatabilidad, retardar y controlar la formación de cristales, formar geles, retener humedad y aportar fibra.

El Codex Alimentarius (2003), en la elaboración de natas (cremas) y natas preparadas aprueba el uso de estabilizantes siempre y cuando se usen en cantidades que establece la manufactura. Dentro de los estabilizantes que se mencionan se puede mencionar a la carragenina, goma de algarrobo, xhantan, entre otras. Las cantidades autorizadas de estabilizantes máximo en natas está entre 0.2% sólo y hasta un 0.3% combinadas cuando los estabilizantes son químicos y hasta un 0.5% solo o combinados cuando provienen de fuentes naturales (Agroinformación, 2004).

2.1.1. Carrageninas

Las carrageninas son extractos de las algas marinas rojas. En su forma primaria son polímeros sulfatados de unidades de galactosa unidos por enlaces alternos α -(1-3) y β -(1-4), el grado de sulfatación y la posición de los carbonos sustituidos por ésteres sulfatados dan lugar a los tres tipos básicos de carrageninas: kappa, iota y lambda (Quiroga y López, 2005).

Este hidrocoloide se considera multifuncional y lo que lo diferencia de otros hidrocoloides es porque forma geles en leche y reacciona con las proteínas de la misma. Por las propiedades de cada tipo de carragenatos, los más usados en la industria láctea para proveer texturas suaves son los del tipo kappa e iota (Cubero *et al.*, 2002).

El tipo kappa carragenato forma geles firmes y elásticos en agua y leche, tiene alta reactividad con leche y su rango de solubilidad se da a temperaturas entre 80 y 85°C. El iota carragenato forma geles elásticos en agua y leche con baja sinéresis, tiene buena estabilidad a ciclos de congelación-descongelación y es soluble en caliente sobre los 55°C. Los productos de la industria alimentaria donde se puede encontrar este tipo de

hidrocoloide son: postres tipo gelatina, postres de geles en leche (flan), suspensión y preparados con leche (batidos), emulsiones lácteas, productos lácteos fermentados, entre otros (Cubero *et al.*, 2002).

2.1.2. UNIESTAB 5000 EN

UNIESTAB 5000 EN es un producto comercial considerado como estabilizador y espesante para cremas lácteas. Contiene goma guar, carragenina, goma de algarrobo, alginato, carboximetilcelulosa de sodio, fosfatos, monoestearato de glicerilo y maltodextrinas. Los porcentajes no están disponibles, son derechos de la empresa. Actúan independientes de la formulación de la crema o fuente de sólidos lácteos y grasos, ya sean vegetales o butíricos generando viscosidad de acuerdo a la cantidad utilizada. Imparten cuerpo, brillo y retardan sinéresis durante la vida de anaquel (Universal Química, 2006).

2.2. EMULSIONANTES O EMULGENTES

La crema ácida es una emulsión del tipo Aceite/Agua, por lo que es necesario el uso de un emulsionante. Cubero *et al.* (2002) considera un rango para el valor HLB entre 8 y 18 para las emulsiones de este tipo, por lo que se probó Tween 40 y Span 20 que se encuentran dentro del rango. El Tween 40 se considera un surfactante hidrofílico y el Span 20 se considera un surfactante lipofílico. La ingesta permitida para estos aditivos es de 25mg/kg de peso corporal (Aditivos alimentarios, s.f.). Los emulsionantes se utilizaron en la crema ácida para:

- Controlar la cristalización de la parte grasa para proporcionar características de textura ideales en el producto debido a las temperaturas en las que se procesa y almacena, el contenido de grasa y las fuentes de grasa utilizadas.
- Controlar la viscosidad, debido al contenido graso en la crema ácida cuando esta se almacena aumenta su viscosidad, efecto que se consigue también por el efecto de acidificación del cultivo láctico.

2.2.1. Tween 40

Se denomina Tween40 al monopalmitato de sorbitán polioxietileno o polisorbato 40. Es un surfactante hidrofílico con un valor HLB de 15.6. Su apariencia es líquida viscosa de color ámbar. Se produce a partir del óxido de etileno con sorbitol y ácido palmítico (Resikem, 2006). Sus funciones en alimento es que actúa como emulsionante y facilita las emulsiones del tipo Aceite/Agua (Sigma-Aldrich, 2008).

2.2.1. Span 20

Se denomina Span 20 al monolaurato de sorbitán. Es un emulsionante lipofílico de apariencia líquida viscosa de color ámbar o perlas de color crema con un valor HLB de 8.6 (Aditivos alimentarios, s.f.). Según Cubero *et al.* (2002), el sorbitán es un derivado del sorbitol en el que se ha transformado un puente de oxígeno entre los carbonos C₃ y C₆. Los ésteres de sorbitán se obtienen por esterificación con algunos ácidos grasos, como el ácido láurico. Se considera más hidrófilico que los monoglicéridos, sin embargo facilita la formación de emulsiones tipo Agua/Aceite.

2.3. ACEITE VEGETAL DE PALMA

El aceite vegetal se emplea como aceite de cocina y para la elaboración de una amplia gama de productos alimenticios en las que se incluyen las cremas no lácteas. Por el contenido de sólidos grasos, el aceite de palma le da a algunos productos como margarinas y mantecas una consistencia sólida/semisólida sin necesidad de hidrogenación, ya que este proceso genera ácidos grasos trans nocivos para la salud³.

La producción mundial de aceite de palma, para el ciclo 2007/2008, se proyectó en 41.73 millones de toneladas (Figura 1), un 11.6% superior al ciclo anterior, ocupa el primer lugar tanto por volumen producido como por cantidad comercializada y consumida en el mundo. La participación en la producción mundial de aceites en el mundo corresponde al 35%. El consumo de aceites vegetales ha crecido en el tiempo, y se estima que esta tendencia continúe. El crecimiento económico de China y países del Sudeste Asiático contribuyeron a esta tendencia. Además los cambios en los hábitos alimenticios de consumir menos cantidad de grasas saturadas han generado un aumento en el consumo de aceites vegetales en detrimento de las grasas animales. Algunas aplicaciones fuera de la industria alimenticia incluyen la elaboración de jabones y uso como fuente de biocombustibles/biodiesel⁴.

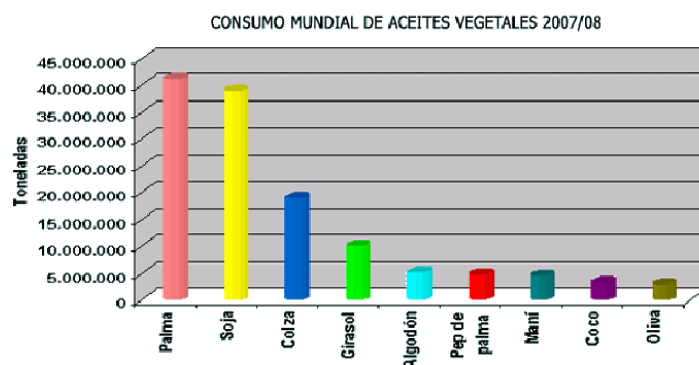


Figura 1. Consumo mundial de aceites vegetales.

Fuente: DMA, 2008

³ Corporación Dinant. 2008. Productos Agrícolas: palma africana y productos (publicación).

⁴ Dirección de Mercados Agroalimentarios, DMA. 2008. Perfil del mercado del aceite de palma (informe).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizada en el Valle de Yeguaré a 30 km al este de la ciudad de Tegucigalpa, Municipio de San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, C.A.

La elaboración de los tratamientos se realizó en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID). Los análisis físicos de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ). Los análisis químicos y microbiológicos se realizaron en la Planta de Lácteos Zamorano. El análisis sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Carrera de Agroindustria.

3.2. MATERIALES UTILIZADOS

3.2.1. Materias primas

- Crema cruda (55% de grasa).
- Leche descremada pasteurizada (0.5% de grasa).
- Leche en polvo descremada, marca Dilac, México.
- Aceite vegetal de palma, marca Clover Brand®.
- Cultivo láctico, marca Danisco Choozit RA 22 LYO 250 DCJ®.
- Sal refinada, marca Morton®.
- Estabilizador para crema ácida: UNIESTAB 5000 EN, marca Universal Química ®.
- Carragenina, marca Sabores de Centroamérica.
- Emulsionantes: Span 20 (S7010), Tween 40 (P1504), marca Sigma Aldrich ®.
- Envases de helado de medio galón.
- Hidróxido de Sodio al 0.1N.
- Acido sulfúrico.
- Agar VRBA, marca Difco™.
- Fenolftaleína al 1% en alcohol etílico al 95%.

3.2.2. Equipos

- Pasteurizador por tandas, marca Vulcan No. 10322 (cap. 625 lb).
- Homogenizador, marca NIRO-SOAVI Type NS1001L2K S.N.: 6695 (máx. presión: 150 MPa, flujo máx.: 10 dm³/h (APV A3, serie 20052410712).
- Balanza analítica, marca Adventurer OHAUS Corp. (cap. 210g ± 0.001).
- Balanza analítica, marca Acculab Sartorius Group, modelo PP-201 (cap. 200g±0.1).
- Termómetro analítico, marca Taylor® modelo 9878.
- Color Flex Hunter L*a*b*, modelo número 45/0.
- Viscosímetro de Brookfield, modelo RVDVII+.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Pruebas preliminares

Previo a la realización de este estudio se realizó pruebas preliminares, con la finalidad de obtener una formulación base que fuera estable y con características sensoriales aceptables.

Para estas pruebas se utilizaron como variables el aceite vegetal de palma a 7, 4 y 3%, UNIESTAB, carragenina y LBG, solos y en mezclas, como estabilizadores, hasta un 0.5% máximo. Como emulsionantes se utilizó Tween 40, 60 y 65 así como Span 20, 40 y 85 en porcentajes de 0.1 y 0.12%; de los cuales se obtuvo mejores características con el Tween 40 y Span 20 por lo que fueron utilizados para los tratamientos del estudio. Se utilizó también leche en polvo descremada a 3, 3.3 y 5%. Una vez que se obtuvo una crema estables y con características sensoriales aceptables se determinaron los tratamientos y las variables a usar para el estudio.

3.3.2. Formulación de los tratamientos de crema ácida económica

Se determinaron cuatro tratamientos, en los que las variables principales son el aceite vegetal de palma, los estabilizadores y los emulsionantes. Las formulaciones se detallan en los cuadros 1 a 4.

Cuadro 1. Formulación del tratamiento 1.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Leche descremada pasteurizada (0.5% de grasa)	62.00
Crema cruda (55% de grasa)	30.00
Leche descremada en polvo	3.00
Aceite vegetal de palma	3.50
Sal refinada	1.00
Carragenina	0.15
UNIESTAB 5000 EN	0.25
Tween 40	0.10

Cuadro 2. Formulación del tratamiento 2.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Leche descremada pasteurizada (0.5% de grasa)	62.00
Crema cruda (55% de grasa)	29.90
Leche descremada en polvo	3.00
Aceite vegetal de palma	3.50
Sal refinada	1.00
Carragenina	0.10
UNIESTAB 5000 EN	0.40
Span 20	0.10

Cuadro 3. Formulación del tratamiento 3.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Leche descremada pasteurizada (0.5% de grasa)	62.00
Crema cruda (55% de grasa)	30.50
Leche descremada en polvo	3.00
Aceite vegetal de palma	3.00
Sal refinada	1.00
Carragenina	0.15
UNIESTAB 5000 EN	0.25
Tween 40	0.10

Cuadro 4. Formulación del tratamiento 4.

Ingrediente	Porcentaje (%)
Leche descremada pasteurizada (0.5% de grasa)	62.00
Crema cruda (55% de grasa)	30.40
Leche descremada en polvo	3.00
Aceite vegetal de palma	3.00
Sal refinada	1.00
Carragenina	0.10
UNIESTAB 5000 EN	0.40
Span 20	0.10

Después de elaborado cada tratamiento se utilizó para inocular 8g de cultivo láctico por cada 600 kg de crema.

3.3.3. Proceso de elaboración de crema ácida económica

Para la elaboración de crema ácida económica se utilizó como base el proceso de elaboración de la crema ácida Zamorano, que es un proceso semitecnificado debido al uso del recurso humano dentro del mismo, sin embargo, el equipo y los métodos utilizados son los necesarios para la obtención de un producto de calidad. Los pasos se describen a continuación:

- Obtención de la crema: se usó crema cruda que se obtuvo en la planta de lácteos directamente de la descremadora. Antes de empezar con la elaboración de los diferentes tratamientos se midió el porcentaje de grasa por el método AOAC 995.18, método de Babcock, oficial para medir grasa en crema.
- Mezcla de ingredientes lácteos líquidos: se precalentó en el pasteurizador la leche descremada y la crema cruda hasta que la mezcla alcanzó una temperatura de 35°C, con la finalidad de lograr una mejor mezcla de los ingredientes sólidos.
- Mezcla de ingredientes sólidos: se agregó a la mezcla líquida los sólidos como la sal, leche en polvo descremada y los estabilizadores (gomas), que tienen la capacidad de aumentar el contenido de sólidos totales no grasos y brindar al producto final mejores características de viscosidad y sabor. Se llevó la mezcla a 55°C, para poder agregar los últimos ingredientes.
- Mezcla final: se agregó a la mezcla el aceite vegetal y el emulsionante, éstos últimos para evitar una separación de fases debido a la diferencia en el origen de la materia grasa del producto.
- Pasteurización: la mezcla de crema fue pasteurizada en la unidad por tandas a 85°C por 30 min, con el objetivo de eliminar bacterias patógenas en el producto final y

que afectan a la salud del consumidor o el crecimiento del cultivo láctico con el que se inocula la crema después de terminada.

- Homogenización: una vez pasteurizada la crema, se disminuyó la temperatura de la mezcla a 75°C y se homogeniza a presión de 1500 psig, con la finalidad de prevenir el desnatado y aumentar la viscosidad.
- Enfriamiento: se llevó la crema a una temperatura entre 30 y 35°C para poder inocular.
- Inoculación: se inoculó con cultivo láctico de la marca Danisco Choozit RA 22 LYO 250 DCJ®, en una proporción de 15g de cultivo láctico por cada 550kg de crema ácida, los cultivos utilizados fueron *Lactococcus lactis ssp. lactis* y *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, buenos productores de ácido láctico y para desarrollar el aroma *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis* y *Leuconostoc citrovorum*.
- Maduración: se dejó madurar la crema a temperatura ambiente (25°C aproximadamente) hasta que alcanzó una acidez titulable entre 0.40 y 0.45, acidez obtenida por método AOAC 947.05 método oficial para medir acidez como ácido láctico en crema.
- Enfriamiento y reposo: una vez que la crema alcanzó la acidez deseada se obtuvo la crema ácida y se llevó a un cuarto frío para su almacenamiento.
- Análisis de la crema ácida económica: después de alcanzada la acidez se realizaron los análisis físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales a los tratamientos a los días 0, 10 y 20, para determinar diferencias del producto en el tiempo.
- Análisis estadístico: los datos obtenidos se analizaron con el programa SAS®, versión 9.1 para posterior discusión de resultados entre los tratamientos y sus cambios a través del tiempo.

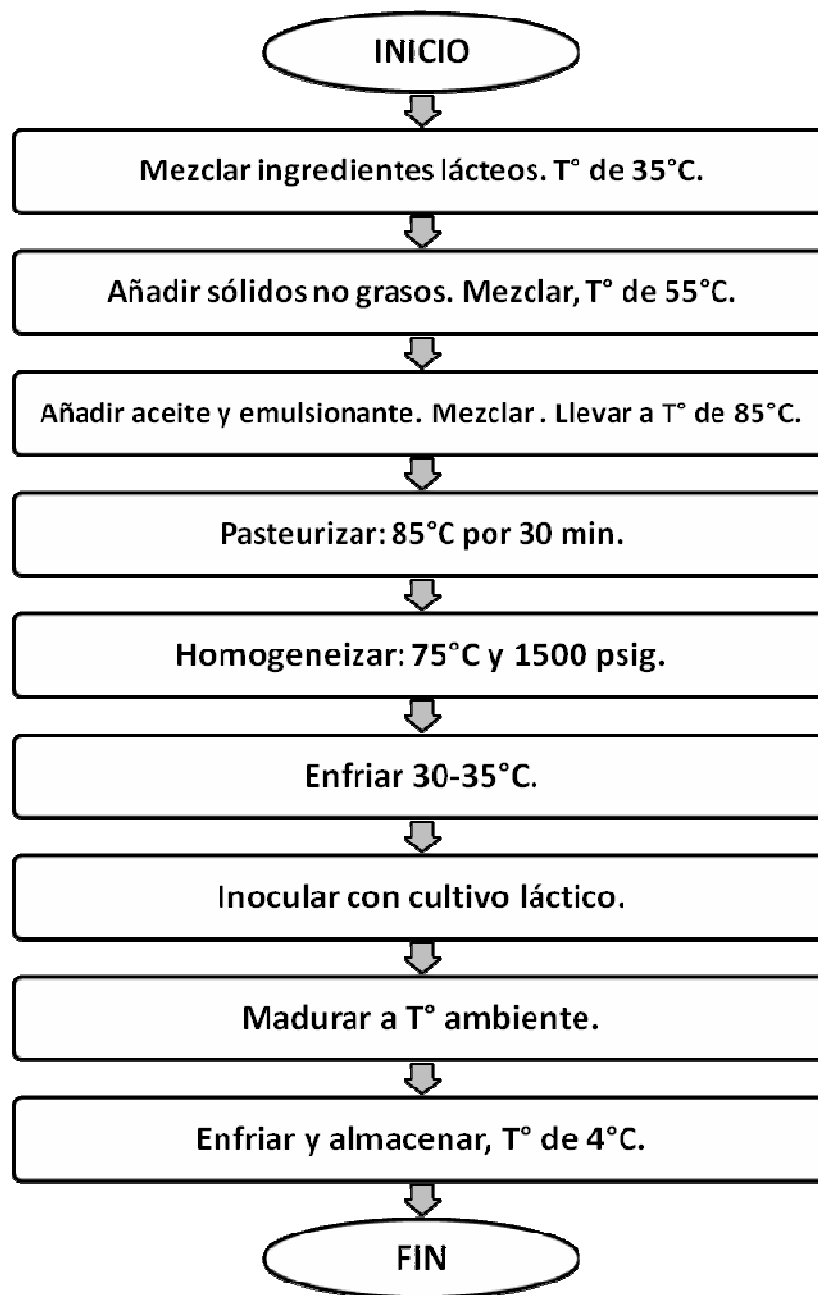


Figura 2. Flujo de proceso para la elaboración de crema ácida económica.

3.4. ANÁLISIS SENSORIAL EXPLORATORIO

Las evaluaciones sensoriales se realizaron en Laboratorio de Análisis Sensorial de la Carrera de Agroindustria, Zamorano. Los tratamientos fueron analizados con ayuda de un panel sensorial no capacitado de 12 personas que evalúan productos lácteos con frecuencia. La finalidad del panel fue determinar mediante prueba de aceptación los siguientes atributos: apariencia, aroma, viscosidad, acidez, sabor y aceptación general en la crema ácida económica.

Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, donde 1 representó la característica como la menos deseada y 5 la más deseada (Anexo 1). Se codificó las muestras con tres números al azar para evitar sesgo y cualquier tipo de influencia en los panelistas. Se hicieron medidas repetidas en el tiempo a los días 0, 10 y 20.

3.5. ANÁLISIS FÍSICOS

Los análisis físicos de viscosidad y color se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano, con el equipo necesario para cuantificar estos parámetros.

3.5.1. Viscosidad

Se utilizó el Viscosímetro de Brookfield (modelo RVDVII+), con el acople número 6 y 30 RPM midiendo la viscosidad inicial al encender el equipo, para todos los tratamientos. La viscosidad fue medida en Pa.s. Se utilizó muestras representativas de 200 ml de muestra a una temperatura constante de 10°C.

3.5.2. Color

Se midió el color con el Color Flex Hunter L*a*b*, modelo número 45/0, los valores L* (luminosidad, intensidad entre blanco y negro), a* (colores magenta y verde) y b* (colores amarillo y azul). Se tomó tres lecturas para cada tratamiento y repetición, y se reportó el promedio de las mismas. Se tomaron muestras representativas para cada lectura en cada uno de los tratamientos durante el almacenamiento a los días 0, 10 y 20.

3.6. ANÁLISIS QUÍMICOS

3.6.1. Acidez

Para medir la acidez de los tratamientos, se hizo mediante prueba de acidez, ATECAL acidez titulable como ácido láctico, más usada en productos lácteos, método oficial para medir acidez como ácido láctico en crema AOAC 947.05. El procedimiento se describe a continuación:

- Pesar de 9g de muestra.
- Agregar de 3 gotas de Fenolftaleína.
- Titular la muestra con hidróxido de sodio, hasta que se vuelve de color rosado tenue.
- Registrar los resultados.

3.6.2. Grasa

Se utilizó el método oficial AOAC 995.18, método de Babcock para medir grasa en crema. El resultado se expresó en porcentaje. El procedimiento se describe a continuación:

- Pesar en un butirómetro (capacidad 50% para 9g de muestra) 9 g de crema a T° de 20 a 22°C.
- Añadir 9 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄).
- Agitar a velocidad media con un agitador hasta que no hayan rastros de crema en el ácido.
- Añadir 6 ml de agua destilada a T° entre 56.5 y 61°C.
- Agitar por un minuto hasta homogeneizar el contenido del butirómetro.
- Centrifugar por 5 minutos.
- Añadir agua destilada (T° 56.5-61°C) hasta el cuello del butirómetro, y centrifugar por 2 minutos.
- Añadir agua destilada (T° 56.5-61°C) hasta la línea marcada de porcentaje entre 45 y 50% y centrifugar 1 minuto.
- Transferir el butirómetro a baño maría, y medir el porcentaje de grasa con dos puntos en el butirómetro.
- Registrar los resultados.

3.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico se realizó en la Planta de Lácteos Zamorano. Para éste análisis se hicieron conteos de coliformes totales, con el objetivo de asegurar la inocuidad de la crema ácida, sin que exceda la carga máxima legal permitida. Se usó Agar VRBA, Violet Red Bille Agar, marca Difco™ por el método de vertido. El resultado se reportó en UFC/ml. El procedimiento se describe a continuación:

- Limpieza con Alcohol etílico al 75% el área donde se realiza el análisis.
- Pesado de 10g de crema ácida en una bolsa de homogenización y 90 ml de agua peptonada.
- Homogenización en el Stomacher.
- Adición de 1ml de muestra al plato petri.
- Adición de 10 a 15ml de Agar VRBA al plato petri.
- Incubación a 37°C por un período de 24 horas.

El resultado de coliformes totales según las normas ICAITI (2002), debe ser menor a 10 UFC/ml para productos lácteos y derivados.

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para este estudio se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo. Se evaluó 4 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 5).

Como variables del estudio se evaluó dos porcentajes de aceite vegetal de palma (3 y 3.5%), dos emulsionantes (Tween 40 y Span 20) y una mezcla de estabilizantes (UNIESTAB y carragenina). La presión de homogeneización fue de 1500 psi.

Cuadro 5. Tratamientos.

Ingredientes	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Aceite vegetal (%)	3.00	3.00	3.50	3.50
Carragenina (%)	0.15	0.10	0.15	0.10
UNIESTAB (%)	0.25	0.40	0.25	0.40
Tween 40 (%)	0.10	-	0.10	-
Span 20 (%)	-	0.10	-	0.10

Cuadro 6. Diseño experimental.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Repetición 1	T1	T2	T3	T4
Repetición 2	T2	T4	T1	T3
Repetición 3	T4	T3	T2	T1

Los resultados de los análisis sensoriales, físicos y químicos se analizaron estadísticamente con el programa SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.1, mediante un ANDEVA y separación de medias Tukey ($P < 0.05$).

3.9. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para este análisis se determinó los costos variables en la producción de cada tratamiento del estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS SENSORIAL EXPLORATORIO

4.1.1. Análisis de apariencia

Como se observa en el Cuadro 7, la crema ácida económica no mostró diferencias significativas por los panelistas a los días 0, 10 y 20, no existe diferencia en apariencia entre los tratamientos. Los panelistas no detectaron diferencias para cada tratamiento en el tiempo, la apariencia permaneció constante durante los 20 días en los que se evaluó la crema ácida económica.

Cuadro 7. Análisis de apariencia en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Apariencia*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	3.81±0.89 ^{a(x)}	3.97±0.65 ^{a(x)}	4.11±0.82 ^{a(x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	3.92±0.73 ^{a(x)}	4.17±0.77 ^{a(x)}	4.03±0.81 ^{a(x)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	3.72±0.78 ^{a(x)}	3.81±0.82 ^{a(x)}	4.06±0.86 ^{a(x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	3.92±0.94 ^{a(x)}	4.14±0.83 ^{a(x)}	4.33±0.63 ^{a(x)}

* Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

* Letras iguales entre paréntesis no indican diferencias significativas en el tiempo (P>0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.1.2. Análisis de aroma

El Cuadro 8 muestra que la crema ácida económica no mostró diferencias significativas por los panelistas a los días 0 y 10, no existe diferencia en aroma entre los tratamientos. El tratamiento 4 (3.5AV, 0.1C, 0.4U, S) tiene mejor aroma para los panelistas el día 20.

Los tratamientos 1 y 3 de crema ácida económica no mostraron diferencias en el tiempo para el aroma. Los tratamientos 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) y 4 (3.5AV, 0.1C, 0.4U, S) fueron menos aceptados en el día 20.

Cuadro 8. Análisis de aroma en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Aroma*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	3.72±0.88 ^{a (x)}	3.64±0.68 ^{a (x)}	3.33±0.76 ^{b (x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	3.75±0.65 ^{a (x)}	3.78±0.68 ^{a (x)}	3.28±0.97 ^{b (y)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	3.72±0.78 ^{a (x)}	3.56±0.69 ^{a (x)}	3.47±1.13 ^{b (x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	4.14±0.79 ^{a (x)}	3.81±0.75 ^{a (xy)}	3.67±0.72 ^{a (y)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.1.3. Análisis de viscosidad

El Cuadro 9 muestra que la crema ácida económica no mostró diferencias significativas por los panelistas a los días 0 y 10, no existe diferencia en viscosidad entre los tratamientos. Los tratamientos 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) y 3 (3.5AV, 0.15C, 0.25U, T) tienen mejor viscosidad para los panelistas en el día 20, sin embargo el tratamiento 3 no fue significativamente diferente de los tratamientos 1 y 4 que fueron los menos aceptados.

Los tratamientos 1, 3 y 4 de crema ácida económica no mostraron diferencias en el tiempo para la viscosidad, sin embargo el tratamiento 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) fue más aceptado en viscosidad por los panelistas en el día 20.

Cuadro 9. Análisis de viscosidad en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Viscosidad*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	3.58±1.02 ^{a (x)}	3.92±0.63 ^{a (x)}	3.64±0.72 ^{b (x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	3.86±0.76 ^{a (x)}	4.06±0.67 ^{a (xy)}	4.34±0.71 ^{a (y)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	3.53±1.03 ^{a (x)}	3.67±1.01 ^{a (x)}	3.97±0.88 ^{ab (x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	3.81±0.92 ^{a (x)}	3.97±0.77 ^{a (x)}	3.81±0.62 ^{b (x)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.1.4. Análisis de acidez

Como se observa en el Cuadro 10, la crema ácida económica no mostró diferencias significativas por los panelistas a los días 0, 10 y 20, no existe diferencia en acidez entre los tratamientos. Los panelistas no detectaron diferencias para cada tratamiento en el tiempo, es decir la acidez permaneció constante durante los 20 días en los que se evaluó la crema ácida económica.

Cuadro 10. Análisis de acidez en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Acidez*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	3.83±0.97 ^{a (x)}	3.78±0.76 ^{a (x)}	3.83±1.03 ^{a (x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	3.69±0.92 ^{a (x)}	3.97±0.84 ^{a (x)}	3.72±0.97 ^{a (x)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	3.53±0.99 ^{a (x)}	3.75±1.02 ^{a (x)}	3.81±0.82 ^{a (x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	3.64±0.99 ^{a (x)}	4.00±0.96 ^{a (x)}	3.72±0.88 ^{a (x)}

* Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

* Letras iguales entre paréntesis no indican diferencias significativas en el tiempo (P>0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.1.5. Análisis de sabor

El Cuadro 11 muestra que la crema ácida económica no mostró diferencias significativas por los panelistas a los días 0, 10 y 20, no existe diferencia en sabor entre los tratamientos.

Los tratamientos 1, 3 y 4 de crema ácida económica no mostraron diferencias en el tiempo para el sabor, mientras que el tratamiento 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) fue menos aceptado en el día 20, que no fue significativamente diferente en el día 10 pero si en el día 0.

Cuadro 11. Análisis de sabor en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Sabor*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	3.64±1.15 ^{a (x)}	3.89±0.89 ^{a (x)}	3.75±0.73 ^{a (x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	4.11±0.71 ^{a (x)}	3.92±0.91 ^{a(xy)}	3.53±0.99 ^{a (y)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	3.64±1.07 ^{a (x)}	3.61±1.02 ^{a (x)}	3.86±0.93 ^{a (x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	3.67±0.99 ^{a (x)}	3.83±1.00 ^{a (x)}	3.69±0.98 ^{a (x)}

* Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.1.6. Análisis de aceptación general

El Cuadro 12 muestra que el día 0, en la crema ácida de los tratamientos 1 (3AV, 0.15C, 0.25U, T), 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) y 4 (3.5AV, 0.1C, 0.4U, S) fueron más aceptados por los panelistas. El día 10, los tratamientos 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S), 3 (3.5AV, 0.15C, 0.25U, T) y 4 (3.5AV, 0.1C, 0.4U, S) fueron más aceptados por los panelistas, sin embargo los tratamientos 2 y 3 no fueron significativamente diferentes del tratamiento 1 que fue menos aceptado. El día 20 no se mostró diferencias significativas entre los tratamientos, es decir no hubo un tratamiento más aceptado.

Cuadro 12. Análisis de aceptación general para crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Aceptación general*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	4.58±0.65 ^{a (x)}	3.83±0.56 ^{b (y)}	3.67±0.96 ^{a (y)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	4.50±0.51 ^{a (x)}	4.17±0.81 ^{ab (y)}	3.75±0.73 ^{a (z)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	4.08±0.77 ^{b (x)}	3.92±0.65 ^{ab(xy)}	3.58±0.97 ^{a (y)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	4.50±0.65 ^{a (x)}	4.25±0.84 ^{a (xy)}	3.92±1.05 ^{a (y)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis en cada fila indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.1.7. Relación entre el análisis sensorial, físico y químico

Si se comparan los datos de color con los obtenidos con el análisis sensorial de apariencia, los panelistas no detectaron la diferencia entre los tratamientos el día 20 para el valor L*, así como la diferencia en el tiempo para los tratamientos 1 y 3 en L, el tratamiento 4 en a* y el tratamiento 1 en b*, por lo tanto los panelistas observaron como iguales la claridad, neutralidad entre verde y rojo, y amarillo entre los tratamientos y cada tratamiento en el tiempo.

Comparando los datos de acidez con los del aroma, obtenidos del análisis sensorial, no existen diferencias significativas a los días 0 y 10, sin embargo los panelistas detectaron una diferencia en el aroma, siendo el tratamiento 4 el más aceptado al día 20, en el análisis químico no existió esta diferencia entre tratamientos, pero en el tiempo al día 20 todos los tratamientos fueron más ácidos. Hubo diferencias en el tiempo para todos los tratamientos. La acidez de los tratamientos 2 y 4 fue menos aceptada en el día 20. La diferencia en el tiempo se relaciona con la diferencia en la acidez, ATECAL, de cada tratamiento pero que solo se detectó para los tratamientos 2 y 4.

Si se comparan los datos de viscosidad con los obtenidos con el análisis sensorial, los panelistas no detectaron la diferencia en viscosidad en el día 0, en el que el tratamiento 4 tuvo la mayor viscosidad. El día 20 los panelistas encontraron diferencias, siendo el tratamiento 2 más aceptado, el análisis físico mostró que este tratamiento presentó la segunda viscosidad más alta en este día (2.947 Pa.s) que no fue significativamente diferente con relación a los demás tratamientos. Con respecto al tratamiento 3 que tuvo mayor viscosidad del día 10 al 20, los panelistas no detectaron el cambio en la viscosidad de este tratamiento, pero señalaron que el tratamiento 2 si presentaba este cambio, que en el análisis físico no fue significativamente diferente.

Si se comparan los datos obtenidos para el sabor del análisis sensorial con los de la acidez y grasa, el tratamiento 2 fue menos aceptado en el día 20 en el cual tuvo la acidez más baja y un contenido de grasa menor entre los tratamientos. La grasa no influyó en el sabor de los tratamientos de crema ácida por lo que al día 0 no se encontraron diferencias en sabor.

Se puede observar que existió una relación inversa entre el contenido de grasa y la viscosidad de los tratamientos. El día 0 se puede observar que a menor contenido de grasa en los tratamientos 2 y 4 se obtuvieron viscosidades más altas para estos tratamientos, 1.733 y 2.106 Pa.s respectivamente, que fueron significativamente diferentes.

En cuanto a los datos de acidez de los análisis sensorial y químico, a los días 0, 10 y 20 no existieron diferencias significativas en ambos análisis, pero en el tiempo los panelistas no detectaron la diferencia que existió en la acidez para cada tratamiento.

Se compararon los datos de acidez del análisis químico con los del sensorial para aroma, sabor y acidez ya que se desarrollan como efecto de la acidez por acción del cultivo láctico en la elaboración de la crema ácida económica y que se expresan como atributos sensoriales.

Con los datos de aceptación general para los tratamientos de crema ácida económica, Cuadro 12, se puede observar que el tratamiento 4 fue el más aceptado el día 0 al igual que los tratamientos 1 y 2, el día 10 igual que los tratamientos 2 y 3, que con el tratamiento 1 (menos aceptado) no fueron significativamente diferentes y el día 20 todos fueron aceptados por igual, lo que nos indica mayor aceptación por el tratamiento 4. Este tratamiento tenía en su formulación 3.5% de aceite vegetal, 0.4% UNIESTAB, 0.1% carrageninas y 0.1% de Span 20. Este tratamiento tuvo la media más alta de viscosidad a los días 0, 10 y 20, que no fue significativamente diferente con los demás tratamientos.

4.2. ANÁLISIS FÍSICOS

4.2.1. Análisis de viscosidad

El Cuadro 13 muestra que el día 0 la crema ácida económica tuvo mayor viscosidad para los tratamientos 1 (3AV, 0.15C, 0.25U, T), 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) y 4 (3.5AV, 0.1C, 0.4U, S), sin embargo los tratamientos 1 y 2 no fueron significativamente diferentes con el tratamiento 3 que fue el menos viscoso. La crema ácida económica no tuvo diferencias en la viscosidad a los días 10 y 20, siendo la viscosidad similar entre los tratamientos a estos días. Sin embargo se observa que las viscosidades más altas son las de los tratamientos 2 (3AV, 0.1C, 0.4U, S) y 4 (3.5AV, 0.1C, 0.4U, S) a pesar de que no representan diferencias significativas con los demás tratamientos.

Los tratamientos 1, 2 y 4 de crema ácida económica no mostraron diferencias en el tiempo para la viscosidad, sin embargo el tratamiento 3 (3.5AV, 0.15C, 0.25U, T) fue diferente desde el día 10.

Cuadro 13. Análisis de viscosidad en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Viscosidad (Pa.s)*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	1.54±0.27 ^{ab(x)}	2.50±0.12 ^{a(x)}	2.38±0.43 ^{a(x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	1.73±0.41 ^{ab(x)}	2.73±0.44 ^{a(x)}	2.95±0.22 ^{a(x)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	1.28±0.27 ^{b(x)}	2.40±0.42 ^{a(y)}	2.65±0.04 ^{a(y)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	2.11±0.41 ^{a(x)}	2.78±0.32 ^{a(x)}	3.57±1.15 ^{a(x)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.2.2. Análisis de color

Con los datos obtenidos del colorímetro para el valor L*, Cuadro 14, los tratamientos de crema ácida económica no fueron significativamente diferentes los días 0 y 10. Los tratamientos 1 y 3 presentaron más claridad (mayor intensidad de blanco) entre los tratamientos el día 20, sin embargo el tratamiento 3 no fue significativamente diferente con el tratamiento 2 que tuvo menor claridad.

Los tratamientos 2 y 4 de crema ácida económica no mostraron diferencias en el valor L* durante los días de estudio, mientras que los tratamientos 1 y 3 fueron menos claros en el día 20.

Cuadro 14. Análisis del valor L* en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Color L*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	90.27±0.25 ^{a(x)}	90.36±0.12 ^{a(x)}	91.56±0.25 ^{a(y)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	90.44±0.48 ^{a(x)}	90.49±0.32 ^{a(x)}	90.96±0.37 ^{bc(x)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	90.29±0.48 ^{a(x)}	90.47±0.16 ^{a(x)}	91.46±0.09 ^{ab(y)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	90.43±0.63 ^{a(x)}	90.55±0.21 ^{a(x)}	90.67±0.46 ^{c(x)}

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

El Cuadro 15 muestra que la crema ácida económica no tuvo diferencias significativas en el valor a* a los días 0, 10 y 20, es decir todos los tratamientos presentan neutralidad entre el color rojo y verde.

Los tratamientos 1, 2 y 3 de crema ácida económica no fueron diferentes en el tiempo para el valor a*. El tratamiento 4 sufrió un cambio en el valor a*, cuya tonalidad de rojo fue menor en el día 20.

Cuadro 15. Análisis del valor a* en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Color a*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	-0.150±0.070 ^{a (x)}	0.096±0.329 ^{a (x)}	0.226±0.207 ^{a (x)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	0.053±0.161 ^{a (x)}	-0.003±0.265 ^{a (x)}	0.250±0.128 ^{a (x)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	0.026±0.388 ^{a (x)}	0.206±0.101 ^{a (x)}	0.160±0.115 ^{a (x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	-0.086±0.015 ^{a (x)}	0.220±0.108 ^{a(xy)}	0.270±0.209 ^{a (y)}

* Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

El Cuadro 16 muestra que la crema ácida económica no tuvo diferencias significativas en el valor b* a los días 0, 10 y 20, es decir todos los tratamientos tuvieron la misma intensidad de amarillo.

Los tratamientos 2, 3 y 4 no fueron diferentes en el tiempo para el valor b*. El tratamiento 1 presentó diferencias al día 20, siendo este menos amarillo que hasta el día 10.

Cuadro 16. Análisis del valor b* en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Color b*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	16.47±0.39 ^{a (x)}	16.43±0.37 ^{a (x)}	16.16±0.39 ^{a (y)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	17.27±0.64 ^{a (x)}	16.39±0.38 ^{a (x)}	16.89±0.27 ^{a (x)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	16.57±0.56 ^{a (x)}	16.54±0.23 ^{a (x)}	16.54±0.50 ^{a (x)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	17.43±0.79 ^{a (x)}	17.02±1.04 ^{a (x)}	17.43±0.09 ^{a (x)}

* Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.3. ANÁLISIS QUÍMICOS

4.3.1. Análisis de acidez

El Cuadro 17 muestra que no hubo diferencias en la acidez para los tratamientos de crema ácida a los días 0, 10 y 20. Sin embargo los tratamientos fueron diferentes en el tiempo, todos presentaron mayor acidez en el día 20. El cambio de acidez producido se debió al efecto en el crecimiento de las bacterias con las que se inoculó los tratamientos para producir ácido láctico.

Cuadro 17. Análisis de la acidez en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Acidez (ATECAL)*		
		Día 0	Día 10	Día 20
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	0.43±0.01 ^{a(x)}	0.46±0.02 ^{a(x)}	0.51±0.02 ^{a(y)}
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	0.42±0.01 ^{a(x)}	0.45±0.00 ^{a(y)}	0.48±0.01 ^{a(y)}
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	0.42±0.01 ^{a(x)}	0.45±0.01 ^{a(y)}	0.49±0.01 ^{a(z)}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	0.44±0.01 ^{a(x)}	0.47±0.01 ^{a(y)}	0.51±0.01 ^{a(z)}

* Medias seguidas con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

* Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

+ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.3.2. Análisis de grasa

En el Cuadro 18 se observa que el contenido de grasa entre tratamientos de crema ácida fue significativamente diferente, los tratamientos 1 y 3 tuvieron más contenido de grasa, sin embargo el tratamiento 3 no fue significativamente diferente con los tratamientos 2 y 4 que tuvieron menor contenido de grasa total, 21.0 y 21.17% respectivamente.

Cuadro 18. Análisis del contenido de grasa en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Grasa total (%)*
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	23.50±0.500 ^a
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	21.00±1.000 ^b
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	22.17±0.764 ^{ab}
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	21.17±0.289 ^b

* Medias seguidas con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

+ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

Con el Cuadro 18 se observa que los porcentajes de grasa obtenidos en los tratamientos están dentro de los parámetros para este tipo de cremas, que según el Departamento de Alimentos y Agricultura de California (2005), la crema ácida regular no debe tener un contenido menor a 18% de grasa.

4.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El Cuadro 19 muestra que los resultados obtenidos en el conteo microbiológico para coliformes totales, están por debajo del límite máximo permitido, que establecen las normas para productos lácteos y derivados según ICAITI (2002), por lo que se puede concluir que estos productos son aptos para el consumo humano.

Cuadro 19. Resultados microbiológicos en la crema ácida económica.

TRT	Descripción ⁺	Análisis de Coliformes Totales	
		Resultados UFC/g	Valor máximo permitido UFC/g
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	1	<10
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	3	<10
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	2	<10
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	1	<10

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

4.5. ANÁLISIS DE COSTOS VARIABLES

El costo para la elaboración de la formulación del tratamiento 1 fue de L. 25.02/kg de crema ácida, como se muestra en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Costos para la formulación del tratamiento 1.

Ingrediente	Unidad	Cantidad	Costo L./kg	Costo L./100 kg
Leche descremada	kg	62.00	11.53	714.86
Crema cruda	kg	30.00	35.20	1,056.00
Leche descremada en polvo	kg	3.00	87.78	263.34
Aceite vegetal de palma	kg	3.50	48.50	169.75
Sal refinada	kg	1.00	14.29	14.29
Carragenina	kg	0.15	256.50	38.48
UNIESTAB 5000 EN	kg	0.25	207.84	51.96
Tween 40	kg	0.10	1,037.00	103.70
Cultivo láctico	g	1.33	19.00	25.27
Película	Unidad	277.00	0.23	64.54
			Total	2,502.19
			por kg	25.02

El Cuadro 21 muestra que el costo para la elaboración de la formulación del tratamiento 2 fue de L. 25.13/kg de crema ácida.

Cuadro 21. Costos para la formulación del tratamiento 2.

Ingrediente	Unidad	Cantidad	Costo L./kg	Costo L./100 kg
Leche descremada	kg	62.00	11.53	714.86
Crema cruda	kg	29.90	35.20	1,052.48
Leche descremada en polvo	kg	3.00	87.78	263.34
Aceite vegetal de palma	kg	3.50	48.50	169.75
Sal refinada	kg	1.00	14.29	14.29
Carragenina	kg	0.10	256.50	25.65
UNIESTAB 5000 EN	kg	0.40	207.84	83.14
Span 20	kg	0.10	999.40	99.94
Cultivo láctico	g	1.33	19.00	25.27
Película	Unidad	277.00	0.23	64.54
			Total	2,513.26
			por kg	25.13

El Cuadro 22 muestra que el costo para la elaboración de la formulación del tratamiento 3 fue de L. 24.96/kg de crema ácida.

Cuadro 22. Costos para la formulación del tratamiento 3.

Ingrediente	Unidad	Cantidad	Costo L./kg	Costo L./100 kg
Leche descremada	kg	62.00	11.53	714.86
Crema cruda	kg	30.50	35.20	1,073.60
Leche descremada en polvo	kg	3.00	87.78	263.34
Aceite vegetal de palma	kg	3.00	48.50	145.50
Sal refinada	kg	1.00	14.29	14.29
Carragenina	kg	0.15	256.50	38.48
UNIESTAB 5000 EN	kg	0.25	207.84	51.96
Tween 40	kg	0.10	1,037.00	103.70
Cultivo láctico	g	1.33	19.00	25.27
Película	Unidad	277.00	0.23	64.54
			Total	2,495.54
			por kg	24.96

El Cuadro 23 muestra que el costo para la elaboración de la formulación del tratamiento 4 fue de L. 25.07/kg de crema ácida.

Cuadro 23. Costos para la formulación del tratamiento 4.

Ingrediente	Unidad	Cantidad	Costo L./kg	Costo L./100 kg
Leche descremada	kg	62.00	11.53	714.86
Crema cruda	kg	30.40	35.20	1,070.08
Leche descremada en polvo	kg	3.00	87.78	263.34
Aceite vegetal de palma	kg	3.00	48.50	145.50
Sal refinada	kg	1.00	14.29	14.29
Carragenina	kg	0.10	256.50	25.65
UNIESTAB 5000 EN	kg	0.40	207.84	83.14
Span 20	kg	0.10	999.40	99.94
Cultivo láctico	g	1.33	19.00	25.27
Película	Unidad	277.00	0.23	64.54
			Total	2,506.61
			por kg	25.07

Al no existir mayor aceptación general de un solo tratamiento, en el Cuadro 24 se comparan los tratamientos, siendo el 1 y 3 los que tuvieron menor costo total variable.

Cuadro 24. Cuadro comparativo de costos variables en los tratamientos de crema ácida.

TRT	Descripción⁺	Costo L./100kg	Costo L./kg
T1	3AV, 0.15C, 0.25U, T	2,502.19	25.02
T2	3AV, 0.1C, 0.4U, S	2,513.26	25.13
T3	3.5AV, 0.15C, 0.25U, T	2,495.54	24.96
T4	3.5AV, 0.1C, 0.4U, S	2,506.61	25.07

⁺ AV= aceite vegetal, C= carragenina, U= UNIESTAB, T= Tween 40, S= Span 20

5. CONCLUSIONES

- Como efectos de añadir aceite vegetal, estabilizantes y emulsionantes en una crema ácida, la viscosidad y el contenido de grasa mostraron una relación inversa.
- No se detectaron diferencias en el análisis sensorial entre los tratamientos de crema ácida a los días 0 y 10. El día 20 se encontró diferencias en aroma para el tratamiento 4, y en viscosidad para los tratamientos 2 y 3, siendo más aceptados.
- Las diferencias en el tiempo de la acidez de los tratamientos no fueron detectadas por los panelistas.
- Con la adición de aceite vegetal, estabilizantes y emulsionantes se logró disminuir el porcentaje de grasa hasta un 21% en el tratamiento 2 (3% AV, 0.1% C, 0.4% U, S).
- El costo variable total más bajo corresponde al tratamiento 3 (3.5% AV, 0.15% C, 0.25% U, T) con un costo de producción de L. 24.96/kg de crema ácida producida.
- El conteo de coliformes totales de los tratamientos al día 0 fue menor a 10 UFC/g (límite máximo permitido).

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de vida de anaquel completo para el tratamiento que tuvo menor costo total variable.
- Realizar un estudio utilizando diferentes cantidades de cultivo láctico para determinar el mínimo requerido y el tiempo de acidificación ideal en crema ácida.
- Capacitar un grupo de panelistas para la realización de análisis sensoriales y obtener mejores resultados en estudios futuros.
- Determinar el contenido y tipo de grasas mediante la obtención de un perfil de ácidos grasos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aditivos Alimentarios. S.f. 493 – Monolaurato de sorbitán (en línea). Consultado el 16 de septiembre, 2008. Disponible en: <http://www.aditivosalimentarios.com/index.php/codigo/493/monolaurato-de-sorbitAn>

Agroinformación. 2004. Nata (en línea). Consultado el 2 de marzo, 2008. Disponible en: <http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=517>

AOAC Internacional. 1997. Official Methods of Analysis of AOAC International. Chapter 33. Dairy Products. 26th edition. Vol. II. Pág. 51-52.

Codex Alimentarius. 2003. Norma del Codex para las natas (cremas) y las natas (cremas) preparadas Codex Stan A-9-1976, Rev. 1-2003 (en línea). Consultado el 2 de marzo, 2008. Disponible en: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/180/CXS_A09s.pdf

Corporación Dinant. 2008. Productos agrícolas: palma africana, productos (en línea). Consultado el 16 de septiembre, 2008. Disponible en: http://www.dinant.com/productos_agricolas.php?pagp_id=52&orden_id=8

Cubero, N. Monteferrer, A. Villalta, J. 2002. Aditivos Alimentarios: Hidrocoloides. Emulsionantes: ésteres de sorbitán; ésteres de sorbitán polioxietilenados. Ediciones Mundi-Prensa. 240 p.

Departamento de Alimentos y Agricultura de California. 2005. Sour Cream (en línea). Consultado el 8 de agosto, 2008. Disponible en: <http://californiadairyroom.com/pdfs/SourCream.pdf>

Dirección de Mercados Agroalimentarios, DMA. 2008. Perfil del mercado del aceite de palma (en línea). Consultado el 19 de septiembre, 2008. Disponible en: http://www.a-campo.com.ar/espanol/gest_tec/Perfil%20Mercado%20Mundial%20Aceite%20de%20Palma.htm

Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). 2002. Normas Centroamericanas, Guatemala, C.A.

INE. 2003. Encuesta Agropecuaria básica – mayo 2003 (en línea). Consultado el 28 de septiembre, 2008. Disponible en:

<http://www.ine-hn.org/enconomica/estadisticas%20economicas/granos%20basicos/postrera2003/EABVersionlargaMayo03.doc>

Pomareda, C. 2001. Políticas para la competitividad del sector lácteo en Honduras (en línea). Consultado el 7 de octubre, 2008. Disponible en: http://pdf.dec.org/pdf_docs/Pnacw329.pdf

Quiroga, G. y López, J. 2005. Hidrocoloides: Uso de Almidones Alimenticios en productos Cárnicos (en línea). Consultado el 26 de febrero, 2008. Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/lecciones/cap03/cap03_09.html

Resikem. 2006. Tween 40 (en línea). Consultado el 16 de septiembre, 2008. Disponible en: <http://www.resikem.com.ar/productoficha.php?id=76&mercado=22>

Senties, A. 2005. Gomas naturales (en línea). Consultado el 26 de febrero, 2008. Disponible en: <http://www.alfaeditores.com/alimentaria/Noviembre%20Diciembre%2005/ENTREVISTA%20Gomas.htm>

Sigma-Aldrich. 2008. Tween 40. 40 (en línea). Consultado el 16 de septiembre, 2008. Disponible en: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search/ProductDetail/SIGMA/P1504>

Universal Química. 2006. Productos UNIESTAB (en línea). Consultado el 19 de septiembre, 2008. Disponible en: http://www.universalquimica.com/qu_uniestab2.htm

8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial.

ZAMORANO ANÁLISIS SENSORIAL DE CREMA ÁCIDA ECONÓMICA



Instrucciones:

Usted evaluará cuatro muestras de crema ácida con aceite vegetal, por favor califique cada descriptor usando la siguiente escala:

- 1 Me disgusta mucho
- 2 No me gusta
- 3 No me gusta ni me disgusta
- 4 Me gusta poco
- 5 Me gusta mucho

Muestra _____

Apariencia	1	2	3	4	5
Aroma	1	2	3	4	5
Viscosidad	1	2	3	4	5
Acidez	1	2	3	4	5
Sabor	1	2	3	4	5
Aceptación General	1	2	3	4	5

Muestra _____

Apariencia	1	2	3	4	5
Aroma	1	2	3	4	5
Viscosidad	1	2	3	4	5
Acidez	1	2	3	4	5
Sabor	1	2	3	4	5
Aceptación General	1	2	3	4	5

Muestra _____

Apariencia	1	2	3	4	5
Aroma	1	2	3	4	5
Viscosidad	1	2	3	4	5
Acidez	1	2	3	4	5
Sabor	1	2	3	4	5
Aceptación General	1	2	3	4	5

Muestra _____

Apariencia	1	2	3	4	5
Aroma	1	2	3	4	5
Viscosidad	1	2	3	4	5
Acidez	1	2	3	4	5
Sabor	1	2	3	4	5
Aceptación General	1	2	3	4	5

Anexo 2. Cuadro resumen del SAS para el análisis físico.

	Día	R ²	Coef. Var	Raiz MSE	Media	Modelo	TRT	Bloque	A	AB	B	BC	C
Viscosidad		0.8143	15.0912	0.2514	1.6667	0.0335	0.0348	0.0599	T4	T1, T2	T3		
*L	0	0.8293	0.2582	0.2333	90.3592	0.0266	0.7513	0.0055	T1, T2, T3, T4				
*a		0.6765	-415.8037	0.1629	-0.0392	0.1468	0.4421	0.0586	T1, T2, T3, T4				
*b		0.7268	2.8711	0.4862	16.9325	0.0950	0.1167	0.0995	T1, T2, T3, T4				
Viscosidad		0.3488	14.3306	0.0373	2.6040	0.6768	0.5735	0.6203	T1, T2, T3, T4				
*L	1	0.4784	0.2146	0.1942	90.4675	0.4469	0.6888	0.2181	T1, T2, T3, T4				
*a	0	0.3306	201.4616	0.2619	0.1300	0.7088	0.5697	0.6969	T1, T2, T3, T4				
*b		0.4115	3.8273	0.6327	16.5300	0.5670	0.4596	0.5707	T1, T2, T3, T4				
Viscosidad		0.5232	22.7799	0.6574	2.8858	0.3691	0.2440	0.5970	T1, T2, T3, T4				
*L	2	0.8915	0.2307	0.2103	91.1617	0.0074	0.0060	0.0304	T1	T3		T2	T4
*a	0	0.8615	30.2903	0.0649	0.2142	0.0148	0.4374	0.0033	T1, T2, T3, T4				
*b		0.7230	2.1236	16.8250	0.3573	0.0986	0.0506	0.5169	T1, T2, T3, T4				

Anexo 3. Cuadro resumen del SAS para el análisis químico.

	Día	R ²	Coef. Var	Raiz MSE	Media	Modelo	TRT	Bloque	A	AB	B
Acidez	0	0.7169	2.1456	0.0093	0.4325	0.1043	0.0562	0.4655	T1, T2, T3, T4		
Grasa		0.8305	3.0361	0.6667	21.9583	0.0261	0.0125	0.3366	T1	T3	T2, T4
Acidez	1	0.4368	3.7343	0.0172	0.4617	0.5213	0.2998	0.9725	T1, T2, T3, T4		
Grasa	0	0.8305	3.0361	0.6667	21.9583	0.0261	0.0125	0.3366	T1	T3	T2, T4
Acidez	2	0.4518	3.7268	0.0186	0.5000	0.4944	0.2853	0.9313	T1, T2, T3, T4		
Grasa	0	0.8305	3.0361	0.6667	21.9583	0.0261	0.0125	0.3366	T1	T3	T2, T4

Anexo 4. Cuadro resumen del SAS para el análisis sensorial.

		R ²	Coef. Var	Raiz MSE	Media	Modelo	TRT	Bloque	Persona	A	AB	B
Apariencia		0.2179	20.3663	0.7821	3.8403	0.0077	0.6652	0.2104	0.0028	T1, T2, T3, T4		
Aroma		0.2266	18.9417	0.7037	3.7153	0.0048	0.9661	0.0162	0.0054	T1, T2, T3, T4		
Sabor	0	0.1768	27.7921	1.0055	3.6181	0.0535	0.9390	0.0023	0.2429	T1, T2, T3, T4		
Viscosidad		0.1949	24.2445	0.8957	3.6944	0.0239	0.3125	0.0173	0.079	T1, T2, T3, T4		
Acidez		0.0913	26.6199	0.9779	3.6736	0.6875	0.6113	0.2903	0.6714	T1, T2, T3, T4		
Acep. Gral.		0.4385	12.1381	0.5361	4.4167	<0.0001	0.0005	1.0000	<0.0001	T1, T2, T4		T3
Apariencia		0.2511	17.8068	0.7160	4.0208	0.0012	0.1227	0.7529	0.0005	T1, T2, T3, T4		
Aroma		0.2325	17.6750	0.6530	3.6944	0.0035	0.3229	0.4525	0.0013	T1, T2, T3, T4		
Sabor	1	0.1805	22.9068	0.8845	3.8611	0.0458	0.1263	0.6835	0.0396	T1, T2, T3, T4		
Viscosidad	0	0.2070	19.0623	0.7440	3.9028	0.0133	0.1462	0.8497	0.0074	T1, T2, T3, T4		
Acidez		0.1866	22.2200	0.8610	3.8750	0.0350	0.4896	0.3565	0.0161	T1, T2, T3, T4		
Acep. Gral.		0.3794	15.2506	0.6164	4.0417	<0.0001	0.0131	1.0000	<0.0001	T4	T2, T3	T1
Apariencia		0.2891	17.0335	0.7038	4.1319	0.0001	0.2467	0.0001	0.006	T1, T2, T3, T4		
Aroma		0.3226	24.0909	0.8566	3.5556	<0.0001	<0.0001	0.0011	0.0269	T4		T1, T2, T3
Sabor	2	0.1782	22.4260	0.8534	3.8056	0.0505	0.6771	0.0014	0.3592	T1, T2, T3, T4		
Viscosidad	0	0.2792	17.7024	0.6958	3.9306	0.0002	0.0007	0.3252	0.0048	T2	T3	T1, T4
Acidez		0.1153	24.3915	0.9198	3.7708	0.4257	0.9362	0.3499	0.2468	T1, T2, T3, T4		
Acep. Gral.		0.4812	19.1195	0.7130	3.7292	<0.0001	0.2359	1.0000	<0.0001	T1, T2, T3, T4		