

**Efecto de dos porcentajes de leche
descremada en polvo y grasa en las
propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la
crema ácida Zamorano**

Ricardo Antonio Wu Chen

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto de dos porcentajes de leche descremada
en polvo y grasa en las propiedades
fisicoquímicas y sensoriales de la crema ácida
Zamorano**

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

Presentado por

Ricardo Antonio Wu Chen

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

Efecto de dos porcentajes de leche descremada en polvo y grasa en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la crema ácida Zamorano

Presentado por:

Ricardo Antonio Wu Chen

Aprobado:

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Juan A. Ruano, D.Sc.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de dos porcentajes de leche descremada en polvo y grasa en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la crema ácida Zamorano

Ricardo Antonio Wu Chen

Resumen. La crema ácida es un producto ampliamente consumido en Centroamérica y que también se conoce como mantequilla rala o natilla. Es obtenida de acidificación por medio de fermentación controlada de bacterias ácido-lácticas. Normalmente contiene más de 18% de grasa y 1 a 3% de leche descremada en polvo para aumentar los sólidos no grasos y consistencia. El objetivo general fue evaluar el efecto de dos concentraciones de leche descremada en polvo (5 y 6%) y grasa (25 y 30%) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la crema ácida Zamorano. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con arreglo factorial 2×2 y un control, con tres repeticiones y medidas repetidas en el tiempo (1, 15 y 30 días), para un total de 45 unidades experimentales. Se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológico, sensorial y costos. Se realizó un análisis sensorial de aceptación con 12 panelistas no entrenados. También se realizó un análisis sensorial de preferencia con 100 panelistas comparando el control con las dos mejores cremas. Las características fisicoquímicas evaluadas fueron viscosidad, color, grasa, acidez, sólidos totales, humedad y sinéresis. El porcentaje de grasa y LDP influenciaron en las variables fisicoquímicas y sensoriales de la crema. La leche descremada en polvo aumentó la viscosidad, redujo la sinéresis y aumentó los sólidos totales en la crema ácida. El control no fue significativamente diferente a la crema con grasa reducida en las propiedades fisicoquímicas y los panelistas tampoco detectaron diferencias en el análisis sensorial de preferencia. Las cremas con grasa reducida tuvieron un menor costo que las demás.

Palabras clave: Aceptación, costos, reformulación, viscosidad.

Abstract. Sour cream is a widely consumed product in Central America and it is known also as mantequilla rala or natilla. Is obtained from acidification form lactic bacteria controlled fermentation. Normally contains more than 18% of fat and 1 to 3% of skim milk powder to increase the nonfat solids and consistency. The general objective was to evaluate the effect of two concentrations of skim milk powder (5 and 6%) and fat (25 and 30%) in the physicochemical and sensory properties of sour cream Zamorano. A randomized complete blocks experimental design was used with a factorial arrangement 2×2 and a control, with three repetitions and repeated measures over time (1, 15 and 30 days), to get a total of 45 experimental units. Physicochemical, microbiological, sensorial and costs analysis were done. A sensory analysis of acceptance with 12 untrained panelists was done. Also, a sensory analysis of preference was performed with 100 panelists comparing the control with the two best sour creams. The physicochemical properties evaluated were viscosity, color, fat, acidity, total solids, moisture and syneresis. The percentage of fat and skim milk powder influenced on the physicochemical and sensory variables on sour cream. Skim milk powder increased viscosity, reduced syneresis and increased total solids in sour cream. The control was not significantly different from lower fat content sour cream on the physicochemical properties and the panelists detected no differences in the sensory analysis of preference. The sour creams with lower fat content had a lower cost than the others.

Key words: Acceptance, costs, reformulation, viscosity.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4 CONCLUSIONES	20
5 RECOMENDACIONES	21
6 LITERATURA CITADA.....	22
7 ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro		Página
1.	Diseño experimental	3
2.	Viscosidad de la crema ácida.....	9
3.	Índice de blancura.....	9
4.	Porcentaje de grasa	10
5.	ATECAL.....	11
6.	pH	12
7.	Porcentaje de sólidos totales	12
8.	Sinéresis	13
9.	Análisis sensorial del atributo apariencia de la crema ácida	13
10.	Análisis sensorial del atributo aroma de la crema ácida.....	14
11.	Análisis sensorial del atributo textura de la crema ácida.....	14
12.	Análisis sensorial del atributo sabor de la crema ácida	15
13.	Análisis sensorial del atributo acidez de la crema ácida.....	15
14.	Aceptación general de la crema ácida	16
15.	Análisis sensorial de preferencia por ordenamiento de la crema ácida	17
16.	Conteo de coliformes totales en la crema ácida.....	17
17.	Resumen de las significancia estadística para las variables fisicoquímicas	18
18.	Resumen de las significancia estadística para las variables sensoriales.....	18
19.	Costos variables de la crema 25%G,6%LDP	19
Figura		Página
1.	Flujo de proceso para la elaboración de crema ácida	4
2.	Medias acumuladas del análisis sensorial de aceptación	16
Anexo		Página
1.	Hoja de evaluación sensorial de aceptación	25
2.	Hoja de evaluación sensorial de preferencia	26

1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche tiene sus inicios hace 6,000 años atrás o incluso más (Bylund 2003). La leche y sus derivados forman parte de la alimentación básica del ser humano. Desde tiempos remotos el hombre ha desarrollado productos a base de leche y los cuales también tienen mayor valor económico que la leche fluida. Estos productos generalmente derivan de uno de los componentes de la leche (grasa, proteína y carbohidrato).

La grasa de la leche deriva un alto nivel de importancia a las propiedades nutricionales, texturales y sensoriales. De ella deriva una amplia gama de productos lácteos tales como: leche fluida, queso, helado, mantequilla, yogurt y crema. La grasa es el componente en la leche considerado el de mayor valor económico y como resultado, el precio de la leche es determinado por el contenido de grasa de la misma (Huppertz *et al.* 2009).

La crema ácida es un producto que se consume en Centroamérica y que también se conoce como mantequilla rala o natilla. Esta crema es obtenida a partir de crema cruda acidificada por fermentación natural a temperatura ambiente (Revilla 1996). Además se le siembra *Lactococcus lactis* para su maduración, mediante la cual adquiere un aroma y aumenta su viscosidad. La acidez desarrollada confiere una protección contra otros gérmenes potencialmente peligrosos (Alais 1985). Normalmente contiene más de 18% de grasa y 1 a 3% de leche descremada en polvo para aumentar los sólidos no grasos y mejorar su consistencia. El contenido de grasa de la crema está en relación directa con la viscosidad y sabor de la misma (Revilla 1996). Born (2006), dice que para producir una crema ácida de buena calidad se debe aumentar los sólidos no grasos de 9 a 9.5% usando leche descremada condensada de alta proteína o leche descremada en polvo.

La viscosidad es el atributo sensorial más importante en los productos lácteos fermentados (Muir y Hunter 1992) y que además determina la aceptación por el producto. La viscosidad también influye en la calidad que percibe el consumidor ya que un producto más viscoso o con textura más firme, aumenta la aceptación (Moreno 2009).

El contenido de grasa en la crema es uno de los factores más importantes que afecta las propiedades reológicas y texturales y se puede relacionar, la distribución de los glóbulos grasos en la crema (Prentice 1972).

La leche descremada en polvo (LDP) es utilizada en productos lácteos fermentados para aumentar los sólidos totales (Lucey 2002). Este aumento de sólidos no grasos ayuda a la formación de estructura (Lucey 2004) por el contenido de proteínas lácteas desnaturadas que forman una red que retiene agua y grasa (Afonso y Maia 1999) al acercarse el pH al punto isoeléctrico de la caseína (pH 4.6).

La crema ácida Zamorano requiere de grasa láctea para aumentar su viscosidad. Sin embargo, esta grasa tiene un costo elevado. Por lo tanto, se quiere disminuir el porcentaje de grasa en la crema y aumentar el porcentaje de leche descremada en polvo (LDP) la cual también aporta viscosidad y es más barata que la grasa.

Anteriormente en Zamorano se han hecho investigaciones para optimizar el proceso de elaboración de crema ácida. Sin embargo, no se han hecho estudios para mejorar las características fisicoquímicas y sensoriales con niveles diferentes de grasa y leche en polvo. Rivera (2007), evaluó diferentes niveles de homogenización y el uso de cuajo para aumentar la viscosidad de la crema ácida y determinó que el tratamiento con la mejor aceptación fue el de 169 kg/cm² de presión y sin cuajo. Salas (2001), elaboró una formulación de crema ácida pasteurizada producida en condiciones ambientales. Por lo tanto los objetivos del presente estudio fueron:

- Evaluar el efecto de dos porcentajes de leche descremada en polvo y grasa en las características fisicoquímicas y sensoriales de la crema ácida Zamorano.
- Determinar la mejor combinación de leche en polvo y grasa sensorial y económicamente.
- Determinar los costos de producción de crema ácida más conveniente para la Planta de Lácteos de Zamorano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. Parte de este estudio fue realizado en la Planta de Procesamiento de Lácteos de Zamorano donde se elaboró la crema ácida y se hicieron análisis de grasa, acidez, sinéresis y sólidos totales. En el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano se hicieron los análisis de viscosidad y color. En el Laboratorio de Análisis Sensorial se hicieron los análisis sensoriales correspondientes. Todos estos están localizados en el Parque Agroindustrial de Zamorano en el Valle del Yeguaré, 30 km carretera a Danlí, Francisco Morazán, Honduras con una altitud de 800 msnm.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con un arreglo factorial 2×2 con dos porcentajes de grasa (25 y 30%) y dos porcentajes de leche descremada en polvo (4 y 5%) y un control. El control es la crema que se quiere mejorar. Se realizaron 3 repeticiones y medidas repetidas en el tiempo (1, 15 y 30 días) para obtener un total de 45 unidades experimentales (cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño experimental.

LDP ^α	Grasa (G ^γ)	
	25%	30%
4.3%		30%G, 4.3%LDP ^β
5%	25%G, 5%LDP	30%G, 5%LDP
6%	25%G, 6%LDP	30%G, 6%LDP

^α Leche descremada en polvo

^β Control

^γ Grasa

El análisis estadístico del experimento se realizó en el programa SAS 9.4 mediante un análisis de varianza GLM con separación de medias LSmeans y con una significancia de 0.05.

Elaboración de la crema ácida. Para elaborar la crema ácida primero se estandarizó la crema cruda proveniente del descremado al 25 o 30% (según el tratamiento), luego se precalentó a 32 °C en una marmita (NATL BD., 15753 serie 6147-7H-01) y se mezclaron los ingredientes sólidos (LDP, estabilizador UNIESTAB 5000 y sal). Posteriormente se pasteurizó a 85 °C durante 30 minutos, luego de la pasteurización se homogeneizó a 2000 psi en el homogeneizador (APV A3, serie 20052410712). La crema homogeneizada entró al enfriador de placas y salió a 21 °C, posterior a esto, se le adicionó el cultivo láctico CHR Hansen R-704 (*Lactococcus lactis sub. Lactis* y *Lactococcus lactis sub. cremoris*) a

una proporción de 5 g/200 kg. Después se llenaron envases para helado de 1/2 gal con la crema y se incubó a temperatura ambiente hasta llegar a una acidez aproximada de 0.60 ATECAL. Después de la incubación se almacenó en el cuarto frío a 4 °C hasta los días 1, 15 y 30 para realizar los análisis fisicoquímicos y sensoriales (figura 1).

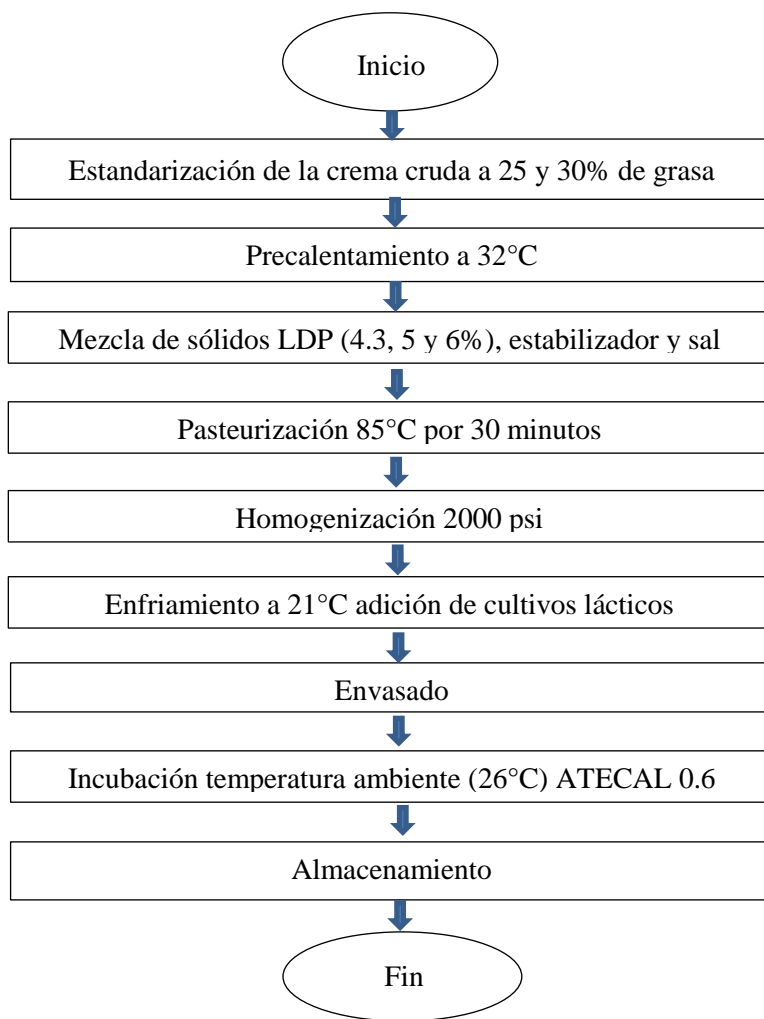


Figura 1. Flujo de proceso de la crema ácida.

Determinación de viscosidad ISO 1652:2004. Se utilizó el reómetro de Brookfield (modelo RVDVII+) con el acople número 64 y 10 RPM midiendo la viscosidad inicial al encender el equipo. La viscosidad se midió en cP expresado como 1 gm/cm-s o 0.001 pascal segundo o dina segundo por centímetro cuadrado. Se utilizó 200 ml de muestra a una temperatura constante de 16 °C, tomando muestras representativas de cada uno de los tratamientos. Este análisis se realizó en el día 1, 15 y 30 de cada tratamiento y repetición.

Determinación de color AN 1018.00. Se midió el color de los diferentes tratamientos con el colorímetro Color Flex Hunter L*a*b (modelo 45/0). Se tomaron muestras representativas de cada uno de los tratamientos. Los resultados fueron expresados con los valores de L, a y b. Donde L corresponde a la claridad en un rango de 0-100, 0 es negro y 100, blanco. El valor a es verde cuando la medición es negativa y rojo cuando es positiva, la escala va de -60 a 60. El valor b va de -60 a 60 donde el negativo es azul y el positivo es amarillo. Este análisis se realizó en el día 1, 15 y 30 de cada tratamiento y repetición.

Los valores de L*a*b obtenidos fueron utilizados para determinar el color de la crema ácida mediante el índice de blancura (IB) o whiteness index (WI). Para convertir los datos de la escala L*a*b a IB se utilizó la ecuación 1. Los valores de IB superiores a 100 representan blancos azulados, mientras que los valores menores a 100 son blancos amarillentos. El blanco ideal está representado en esta escala por el 100 (Puebla 2003).

$$IB = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{0.5} \quad [1]$$

Determinación de grasa Babcock. Para el análisis de grasa se utilizó el método Babcock. Esta prueba está basada en la digestión de la proteína por medio del ácido sulfúrico; esta reacción genera calor que derrite la grasa y reduce la viscosidad de la mezcla, lo cual favorece el ascenso de la grasa hacia la superficie (Revilla 1996). Se pesaron 9 g de crema y se vertieron en cada butirómetro. Se agregaron 10 ml de agua destilada a 72 °C, luego se agregaron 9 ml de ácido sulfúrico y se mezclaron hasta aparecer un color café claro. Se colocó el butirómetro en el agitador por 1 minuto. Luego se centrifugó (centrífuga Garver Electrífuga modelo 224 serie 17563) durante 5 minutos. Se agregó agua destilada a 60 °C hasta 0.6 cm del cuello del butirómetro. Se centrifugó por 2 minutos. Se agregó agua destilada (60 °C) hasta que la columna de grasa quedó en la parte calibrada del cuello del butirómetro. Se centrifugó por 1 minuto y posteriormente se midió la columna de grasa que comprende desde la parte baja del menisco inferior hasta la línea divisoria entre la grasa y el hidrolizado. Este análisis se realizó en el día 1, 15 y 30 de cada tratamiento y repetición.

Determinación de acidez AOAC 920.124-ATECAL AOAC 969.38-pH. Se midió la acidez de los tratamientos haciendo uso de la prueba de ATECAL (acidez titulable expresada como ácido láctico). Se pesaron 9 g de muestra, se agregaron 6 gotas de fenolftaleína y posteriormente se tituló la muestra con NaOH (Hidróxido de sodio) al 0.1N hasta obtener un color rosado y que permaneciera así por lo menos durante 30 s. Este análisis se realizó en el día 1, 15 y 30 de cada tratamiento y repetición. Se utilizó la ecuación 2.

$$ATECAL = \frac{cm^3 \text{ de } 0.1 \text{ N de NaOH} \times 0.009 \times 100}{\text{peso de muestra}} \quad [2]$$

Se midió el pH con un potenciómetro Oyster-10 (Extech Instruments, serie 976567). Se introdujo el electrodo del potenciómetro en la crema y se esperó hasta que se estabilizara la lectura del pH. Este análisis se realizó en el día 1, 15 y 30 de cada tratamiento y repetición.

Determinación de sinéresis. Se pesaron 10 g de muestra esparcida sobre un papel filtro Whatman 42 el cual estaba sobre un embudo buchner y un matraz Erlenmeyer kitasato, se filtró al vacío (bomba de vacío BUCHI Labortechnik AG tipo V-710, serie 1000071126) por 10 minutos por duplicado. El filtrado se conoce como la purga que es la separación del líquido de los componentes sólidos. Esto se realizó a los 1, 15 y 30 días. Los resultados se expresaron en porcentaje de purga y se utilizó la ecuación 3.

$$\% \text{ purga} = \frac{\text{peso del filtrado}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad [3]$$

Determinación de sólidos totales. Para el análisis de sólidos totales se tomaron 10 crisoles de porcelana previamente secados a 105 °C por 24 horas en el horno Fisher Scientific 750 F. A cada crisol se le tomó el peso y se le añadió 3 gramos de muestra, dos muestras por tratamiento. Se metieron al horno (105 °C) por 24 horas. Los sólidos totales en la muestra fueron determinados por la ecuación 4, en porcentaje (g sólidos/100 g de crema ácida):

$$\%ST = \frac{(\text{peso de crisol} + \text{peso de muestra seca}) - (\text{peso de crisol})}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad [4]$$

Determinación de humedad. Para el análisis de humedad se tomaron 10 crisoles de porcelana previamente secados a 105 °C por 24 horas en el horno Fisher Scientific 750 F. A cada crisol se le tomó el peso y se le añadió 3 g de muestra, dos muestras por tratamiento. Se metieron al horno (105 °C) por 24 horas. Los porcentajes de humedad en las muestras fueron determinados por la ecuación 5, en porcentaje (g agua/100 g de crema ácida):

$$\%H = \frac{(p \text{ crisol} + p \text{ muestra}) - (p \text{ crisol} + p \text{ muestra seca})}{p \text{ de la muestra}} \times 100 \quad [5]$$

Donde,
p= peso

Conteo de coliformes totales. Se realizó un conteo de coliformes totales en el día 1 y 30 de los tratamientos. Se prepararon 300 ml de solución de VRBA (Violet Red Bilis Agar) en un Erlenmeyer con una concentración de 41.5g de VRBA por 1000 mL de agua. Se calentó la solución a 85°C por 10 minutos agitándolo constantemente con un agitador magnético. Se prepararon 250 ml de agua peptonada y se esterilizó en la autoclave a

121°C y 15 psi por 15 minutos. Se pesaron 5 g de crema ácida y se mezclaron con 25 ml de agua peptonada en una bolsa aséptica cerca del mechero. Se pipetearon 2 ml y se vertió 1 ml en cada plato Petri para hacer un duplicado. Se vertió el VRBA y mezcló con movimiento rotatorios del plato sobre la mesa, 10 veces en sentido de las manecillas del reloj, 10 veces en sentido contrario, 10 veces de arriba abajo y 10 veces a los lados. Se dejó a temperatura ambiente por 10 minutos y luego se colocó en la incubadora a 32°C por 24 horas. Pasadas las 24 horas se procedió a contar las UFC (Unidades Formadoras de Colonias).

Análisis sensorial de aceptación. Se realizó un análisis sensorial de aceptación en el comedor de empleados de la planta de lácteos de Zamorano. Se utilizó un panel de 12 panelistas no entrenados que regularmente consumen este tipo de producto, los cuales fueron el personal de la planta y estudiantes. Los panelistas analizaron los atributos de: apariencia, aroma, acidez, textura, sabor y aceptación general de la crema ácida. Se utilizó una escala numérica balanceada de 1 a 5 donde 1 representa la característica no deseada y 5 la más deseada. Este análisis se realizó en el día 1, 15 y 30 de cada tratamiento y repetición.

Análisis sensorial de preferencia. Se realizó un análisis sensorial de preferencia por ordenamiento (ranking) con los dos tratamientos que tuvieron la mejor aceptación y el control. Se utilizaron 100 panelistas los cuales ordenaron las muestras de acuerdo a sus preferencias utilizando números del 1 al 3, donde 1 representa el más preferido y 3, el menos preferido. Se usó la prueba Friedman para el análisis estadístico de este análisis sensorial con una significancia de 0.05 y determinar si existieron diferencias significativas. Se utilizó la ecuación 6.

$$x^2 = \left\{ \frac{12}{[K(J)(J + 1)]} \left[\sum_{j=1}^J T_j^2 \right] \right\} - 3K(J + 1) \quad [6]$$

Donde,

J= número de muestras

K= número de panelistas

T_j= ranking total

Grados de libertad para $x^2 = J-1$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viscosidad. Los tratamientos con 30% de grasa y 5, 6% de LDP fueron los más viscosos significativamente ($P \leq 0.05$) (cuadro 2). Esto se debe a la cantidad de sólidos totales que poseen, ya que las proteínas en el momento de la homogeneización recubren los glóbulos de grasa dispersos y forman un complejo caseína-grasa que estabiliza la crema y la vuelve más viscosa (Haylock *et al.* 1995). Además, las cremas con 30% de grasa tienen más glóbulos grasos dispersos en la fase por lo que afecta directamente la viscosidad (Vanderghem *et al.* 2007).

Bolling *et al.* (2005), determinaron que las cremas formuladas con leche descremada y suero de leche contenían más proteínas que la crema cruda, estos resultados confirman los de Scott *et al.* (2003a). Los tratamientos con 5 y 6 % de LDP fueron más viscosos que el control debido a que en el control hay menos proteína disponible para recubrir los glóbulos grasos. Además el contenido de sólidos totales hace que se requiera más fuerza para girar el acople del reómetro, ya que atrapa el agua libre.

Yeganehzad *et al.* (2007), reportaron que el aumento de sólidos en el yogurt aumentó la dureza del mismo. Los tratamientos con 25% de grasa y 5, 6% de LDP no fueron significativamente diferentes al control, debido a que los sólidos que contienen compensan la pérdida de viscosidad ocasionada por la disminución de grasa (Afonso y Maia 1999). Melsen (1987), menciona que la proporción de proteína y grasa es crucial para la estabilidad de la emulsión.

Ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas a través del tiempo, esto confirma los estudios realizados por Scott *et al.* (2003b) en los cuales la viscosidad de las cremas no presentó cambios significativos a través del tiempo. Ellos evaluaron diferentes formulaciones de crema reformuladas con grasa láctea y componentes derivados de la leche.

Cuadro 2. Viscosidad de la crema ácida.

Tratamiento	Media (Pa.s)± Desviación estándar		
	Día 1 ^β	Día 15 ^β	Día 30 ^β
30%G, 4.3%LDP	31.71±11.88 b	33.87±2.409 b	26.84±10.082 b
25%G, 5%LDP	34.68±0.770 b	34.74±4.847 b	32.48±10.807 ab
30%G, 5%LDP	56.83±5.701 a	48.26±4.823 a	46.31±7.049 a
25%G, 6%LDP	34.63±4.368 b	32.54±6.646 b	32.74±8.385 ab
30%G, 6%LDP	54.15±2.868 a	45.88±5.238 a	46.28±6.852 a
CV ^ε (%)	15.25	12.15	23.50

a-b: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^β no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) a través del tiempo.

^ε Coeficiente de variación.

Color. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los días 1 y 30 (cuadro 3). Sin embargo, en el día 15 sí presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). El índice de blancura en todos los tratamientos estuvo debajo de 100, esto quiere decir que la crema ácida tiene un color blanco amarillento, ya que los valores por debajo de 100 son de blanco amarillento (Montoya *et al.* 2012).

El color blanco en la crema se debe a la dispersión de la caseína en toda su matriz. La caseína tiene la capacidad de reflejar la luz por lo que se aprecia el color blanco (Alais 1985). El tono amarillento se puede deber al tratamiento térmico ocasionando caramelización de la lactosa y también reacción de Maillard entre la lactosa y las proteínas. Otro factor que influye es el contenido de grasa, ya que la grasa tiene un color amarillo.

Cuadro 3. Índice de blancura (n.s.).

Tratamiento	Media ± Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	82.40±3.360	83.19±0.362	82.70±0.603
25%G, 5%LDP	83.02±2.464	83.84±0.173	82.92±1.076
30%G, 5%LDP	82.37±2.685	83.22±0.374	82.22±1.234
25%G, 6%LDP	82.83±2.300	83.02±0.740	82.39±1.049
30%G, 6%LDP	82.54±1.964	83.04±0.499	82.16±0.706
CV ^ε (%)	0.66	0.54	0.67

n.s.: no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos ni a través del tiempo.

^ε Coeficiente de variación.

Grasa. Los tratamientos presentaron diferencias significativas entre los porcentajes de grasa ($P \leq 0.05$) debido principalmente a que el porcentaje de grasa fue un factor en el diseño del experimento. No hubo diferencias significativas a través del tiempo en todos los tratamientos (cuadro 4). Hubo una reducción del porcentaje de grasa de la crema cruda estandarizada y el porcentaje final de grasa de la crema ácida, debido a la adición de

ingredientes sólidos que aumenta el volumen de la crema y por ende se reduce el porcentaje de grasa.

En la leche de vaca, más del 98% de la grasa son triglicéridos, pero también se encuentran diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos, esteroides, carotenoides, vitaminas liposolubles y compuestos que dan sabor (Huppertz *et al.* 2009). Los fosfolípidos ayudan a mantener una mejor estabilidad en la emulsión (Elling y Duncan 1996) debido a que son moléculas anfipáticas.

Cuadro 4. Porcentaje de grasa.

Tratamiento	Media (%) \pm Desviación estándar		
	Día 1 ^{β}	Día 15 ^{β}	Día 30 ^{β}
30%G, 4.3%LDP	29.33 \pm 4.041 a	28.67 \pm 4.619 a	26.33 \pm 1.258 b
25%G, 5%LDP	24.50 \pm 0.866 b	24.17 \pm 1.041 b	24.17 \pm 0.577 c
30%G, 5%LDP	28.67 \pm 1.155 a	29.50 \pm 0.500 a	28.50 \pm 1.323 a
25%G, 6%LDP	24.17 \pm 1.443 b	24.83 \pm 0.289 b	23.83 \pm 0.289 c
30%G, 6%LDP	28.83 \pm 1.041 a	28.50 \pm 1.323 a	29.17 \pm 0.764 a
CV ^{ϵ} (%)	5.87	6.90	3.92

a-b: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^{β} no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) a través del tiempo.

^{ϵ} Coeficiente de variación.

ATECAL. Se encontraron diferencias significativas en acidez entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). Los tratamientos con 30% de grasa y 5 y 6% de leche descremada en polvo presentaron valores de acidez más altos que los demás tratamientos (cuadro 5), esto es debido a que hay más lactosa para fermentar por parte de las bacterias ácido-lácticas (Afonso y Maia 1999). Sólo el tratamiento 30%G, 6%LDP presentó diferencias significativas a través del tiempo, esto es debido a su contenido de grasa y LDP lo que favoreció mayor producción de ácido láctico.

La acidez se desarrolla gracias a la acción de las bacterias ácido-lácticas que desdoblan la lactosa en galactosa y glucosa, convierten la galactosa en glucosa para luego fermentar estos azúcares y producir ácido láctico. Este ácido láctico es el que hace que la acidez de la crema aumente.

Cuadro 5. Análisis de ATECAL.

Tratamiento	Media (%)± Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	0.55±0.023 ab x	0.56±0.006 b x	0.56±0.040 c x
25%G, 5%LDP	0.54±0.025 b x	0.56±0.029 b x	0.57±0.015 bc x
30%G, 5%LDP	0.57±0.031 ab x	0.60±0.010 a x	0.60±0.020 ab x
25%G, 6%LDP	0.60±0.020 a x	0.61±0.017 a x	0.61±0.032 a x
30%G, 6%LDP	0.60±0.035 a x	0.61±0.017 a xy	0.63±0.026 a y
CV ^e (%)	3.81	3.21	2.81

a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^e Coeficiente de variación.

pH. Los tratamientos 25%G, 6%LDP y 30%G, 6%LDP fueron diferentes significativamente ($P \leq 0.05$) a los demás tratamientos, tuvieron menor pH en el día 1 (cuadro 6). Esto se debe a que las bacterias fermentadoras produjeron más ácido láctico debido a su mayor contenido de lactosa (Afonso y Maia 1999). Sólo el tratamiento 25%G, 5%LDP presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) a través del tiempo.

El pH es un factor muy importante que afecta directamente a la gelificación de productos lácteos, en este caso la crema ácida (Horne 1999, Lucey 2004). Una vez la crema haya sido inoculada, las bacterias ácido lácticas empiezan a producir ácido láctico, el descenso de pH disminuye la carga neta negativa de las partículas de caseína y el calcio coloidal por lo que enlaza las micelas de caseína (Afonso y Maia 1999).

Estudios realizados por Roefs *et al.* (1985) han mostrado que la caseína se solubiliza ampliamente en pH 4.6 y temperatura < 10 °C. Dalglish y Law (1988) confirmaron que a 4 °C gran cantidad de la caseína micelar era disociada en el suero mientras el pH descendía, aproximadamente 55% era liberada a un pH de 5.2. Sin embargo, a 30 °C ellos demostraron que la disociación de caseína era más baja, menos de 10%. El descenso del pH hace que se disocie la caseína formando una red dentro de la cual quedan atrapados los glóbulos grasos y en los espacios libres se alojan las bacterias ácido lácticas (Afonso y Maia 1999).

En leches tratadas térmicamente, la principal proteína del suero (β -lactoglobulina) tiene un punto isoeléctrico alto (pH 5.3), así que el agregado y gelificación son cambiados a pH más altos y la gelificación empieza cuando haya alcanzado por la producción de ácido láctico por las bacterias (Lucey 2004). La β -lactoglobulina desnaturalizada se asocia con la caseína y forman un complejo.

Cuadro 6. Análisis de pH.

Tratamiento	Media \pm Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	4.35 \pm 0.035 a x	4.32 \pm 0.036 a x	4.41 \pm 0.212 a x
25%G, 5%LDP	4.36 \pm 0.035 a x	4.31 \pm 0.050 a xy	4.16 \pm 0.100 b y
30%G, 5%LDP	4.32 \pm 0.040 a x	4.29 \pm 0.087 a x	4.41 \pm 0.464 a x
25%G, 6%LDP	4.27 \pm 0.046 b x	4.25 \pm 0.023 a x	4.22 \pm 0.145 a x
30%G, 6%LDP	4.26 \pm 0.060 b x	4.25 \pm 0.079 a x	4.22 \pm 0.046 a x
CV ^e (%)	0.88	0.99	4.49

a-b: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^e Coeficiente de variación.

Sólidos totales. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, sin embargo no hubo diferencias significativas a través del tiempo (cuadro 7). El tratamiento con mayor porcentaje de sólidos totales fue el tratamiento con 30% de grasa y 6% de leche descremada en polvo, esto es debido a que la leche descremada en polvo y la grasa son los factores que mayormente determinan el contenido de sólidos en la crema.

Cuadro 7. Porcentaje de sólidos totales.

Tratamiento	Media (%) \pm Desviación estándar		
	Día 1 ^b	Día 15 ^b	Día 30 ^b
30%G, 4.3%LDP	31.48 \pm 0.790 c	32.69 \pm 0.819 b	32.57 \pm 1.914 b
25%G, 5%LDP	30.40 \pm 1.413 d	31.31 \pm 0.383 c	31.43 \pm 0.358 b
30%G, 5%LDP	34.93 \pm 2.225 b	36.76 \pm 0.905 a	36.76 \pm 0.656 a
25%G, 6%LDP	31.86 \pm 1.298 c	32.67 \pm 0.211 b	31.95 \pm 1.024 b
30%G, 6%LDP	36.85 \pm 1.775 a	37.78 \pm 0.231 a	37.76 \pm 0.317 a
CV ^e (%)	1.70	1.85	3.39

a-d: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^b no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) a través del tiempo.

^e Coeficiente de variación.

Sinéresis. Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), pero no hubo diferencias significativas a través del tiempo. Se pudo determinar que la adición de leche descremada en polvo mejoró significativamente el porcentaje de purga de la crema.

Los tratamientos con el menor porcentaje de sinéresis fueron los que tenían 30% de grasa y 5 y 6% de leche descremada en polvo (cuadro 8). Esto es debido a que estos tratamientos tuvieron una mejor emulsión, por lo que el agua ligada está en mayor proporción que los demás tratamientos. Scott *et al.* (2003b), confirman que la emulsión de la crema es afectada durante el almacenamiento, así que las grasas tienden a subir hacia la parte superior y la parte inferior presenta disminución de grasa en la emulsión.

Cuadro 8. Sinéresis.

Tratamiento	Media (%)± Desviación estándar		
	Día 1 ^β	Día 15 ^β	Día 30 ^β
30%G, 4.3%LDP	21.73±2.880 a	23.74±6.390 a	20.34±4.613 a
25%G, 5%LDP	14.88±3.326 b	13.95±2.750 b	10.25±2.511 bc
30%G, 5%LDP	8.23±0.442 c	6.71±0.606 c	5.25±1.969 c
25%G, 6%LDP	11.98±0.887 bc	7.82±1.499 c	12.05±2.906 b
30%G, 6%LDP	6.60±2.154 c	5.95±0.825 c	5.12±1.665 c
CV ^ε (%)	18.09	24.84	25.39

a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^β no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) a través del tiempo.

^ε Coeficiente de variación.

Análisis sensorial del atributo apariencia. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos y a través del tiempo en el atributo sensorial de apariencia (cuadro 9). Los panelistas detectaron diferencias entre los tratamientos. Todos los tratamientos presentaron diferencias a través del tiempo excepto el 25%G, 5%LDP y el 25%G, 6%LDP los cuales conservaron su apariencia durante el tiempo de almacenamiento. Estos tratamientos fueron los que menos grasa tenían en su formulación.

Cuadro 9. Análisis sensorial del atributo apariencia de la crema ácida.

Tratamiento	Media ± Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	3.94±0.674 ab x	3.69±0.951 a x	2.92±1.131 c y
25%G, 5%LDP	3.69±0.889 b x	3.75±0.692 a x	3.81±0.749 b x
30%G, 5%LDP	4.22±0.866 a x	3.81±0.822 a y	3.44±0.969 b y
25%G, 6%LDP	3.92±0.732 ab x	3.75±0.692 a x	3.92±0.770 ab x
30%G, 6%LDP	3.83±0.811 b x	3.97±0.810 a xy	4.22±0.591 a y
CV ^ε (%)	20.4	21.15	23.13

a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^ε Coeficiente de variación.

Análisis sensorial del atributo aroma. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$) en el día 1, sin embargo en los días 15 y 30 se encontraron diferencias (cuadro 10). No hubo diferencias significativas a través del tiempo ($P \leq 0.05$) a excepción del tratamiento 30%G, 5%LDP, esto podría ser debido al enranciamiento de las grasas.

El aroma de la crema ácida está determinado por la combinación de compuestos orgánicos volátiles. En productos lácteos fermentados, los principales compuestos que producen el aroma son acetaldehído, diacetilo, etanol propanona y 2-butanona (Imhof *et al.* 1994) los cuales se producen como producto de la fermentación de la lactosa por bacterias ácido-

lácticas (McSweeney y Sousa 2000). Shepard (2012), detectó 40 compuestos de aroma en cremas ácidas mediante cromatografía de gases.

Cuadro 10. Análisis sensorial del atributo aroma de la crema ácida.

Tratamiento	Media \pm Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	3.83 \pm 0.941 a x	3.33 \pm 1.069 b y	2.81 \pm 1.064 b z
25%G, 5%LDP	3.56 \pm 0.909 a x	3.78 \pm 0.722 ab x	3.78 \pm 0.866 a x
30%G, 5%LDP	3.78 \pm 0.989 a x	3.69 \pm 1.064 ab xy	3.22 \pm 1.333 b y
25%G, 6%LDP	3.53 \pm 1.028 a x	3.50 \pm 0.811 ab x	3.81 \pm 0.749 a x
30%G, 6%LDP	3.86 \pm 0.961 a x	3.83 \pm 1.056 a x	4.00 \pm 0.676 a x
CV ^ε (%)	26.10	26.35	27.12

a-b: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^ε Coeficiente de variación.

Análisis sensorial del atributo textura. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos y a través del tiempo (cuadro 11). Los panelistas detectaron diferencias en la textura de la crema influenciada por la viscosidad de la misma. Los tratamientos con mejor textura fueron los que tenían 30% de grasa con 5 y 6% de leche descremada en polvo. El control junto con los tratamientos 25%G, 5%LDP y 25%G, 6%LDP no fueron significativamente diferentes.

La textura o viscosidad es uno de los principales factores en determinar la aceptación de la crema por parte de los consumidores (Rothwell *et al.* 1989). Los consumidores asocian la viscosidad con la calidad de la crema y el contenido de grasa.

Cuadro 11. Análisis sensorial del atributo textura de la crema ácida.

Tratamiento	Media \pm Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	3.69 \pm 1.091 b x	3.42 \pm 0.996 b x	2.50 \pm 1.028 d y
25%G, 5%LDP	3.39 \pm 1.022 b x	3.50 \pm 0.845 b x	3.83 \pm 0.845 bc y
30%G, 5%LDP	4.22 \pm 0.989 a x	4.00 \pm 0.986 ab x	3.42 \pm 1.251 c y
25%G, 6%LDP	3.44 \pm 1.027 b x	3.78 \pm 0.722 b xy	3.86 \pm 0.833 ab y
30%G, 6%LDP	3.69 \pm 1.009 b x	4.19 \pm 0.710 a y	4.28 \pm 0.659 a y
CV ^ε (%)	27.97	22.89	26.00

a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^ε Coeficiente de variación.

Análisis sensorial del atributo sabor. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos y a través del tiempo (cuadro 12). Born (2006) menciona que el sabor de la crema ácida es estable los primeros 15 días de almacenamiento, sin embargo

después de los 15 días, dependiendo de la temperatura de almacenamiento, las enzimas del cultivo láctico empiezan a producir sabores desagradables. La proteólisis es la principal causa de la aparición del sabor amargo y la lipólisis es responsable del sabor rancio (Smiddy *et al.* 2009; Born 2006; Alais 1985).

Folkenberg y Skriver (2001), determinaron que el tiempo de almacenamiento y el cultivo láctico afectan significativamente las propiedades sensoriales de la crema ácida. El sabor a grasa, olor de diacetilo, sabor acético y acidez pueden ser controlados por el tipo cultivo láctico, sin embargo la sensación de hormigueo en la boca, sabor de diacetilo, sabor de acetaldehído, olor agrio, sabor rancio, sabor a queso y sabor amargo estaban correlacionados con el tiempo de almacenamiento.

Cuadro 12. Análisis sensorial del atributo sabor de la crema ácida.

Tratamiento	Media \pm Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	3.64 \pm 1.125 a x	2.97 \pm 1.158 b y	2.28 \pm 1.111 d z
25%G, 5%LDP	3.42 \pm 1.228 ab x	3.56 \pm 0.877 a x	3.69 \pm 1.009 b x
30%G, 5%LDP	3.67 \pm 1.095 a x	3.64 \pm 1.099 a xy	3.14 \pm 1.222 c y
25%G, 6%LDP	3.08 \pm 1.052 b x	3.67 \pm 0.956 a y	3.64 \pm 0.961 b y
30%G, 6%LDP	3.86 \pm 1.073 a x	3.97 \pm 0.941 a x	4.17 \pm 0.655 a x
CV ^e (%)	31.66	28.57	29.39

a-d: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^e Coeficiente de variación.

Análisis sensorial del atributo acidez. En el día 1 no se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.005$) entre los tratamientos, sin embargo en el día 15 y 30 sí hubo diferencias (cuadro 13). Los panelistas detectaron diferencias en la acidez a través del tiempo en los tratamientos 30%G, 4.3%LDP; 30%G, 5%LDP y 25%G, 6%LDP.

Cuadro 13. Análisis sensorial del atributo acidez de la crema ácida.

Tratamiento	Media \pm Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	3.42 \pm 1.105 a x	3.06 \pm 1.094 b x	2.39 \pm 1.248 d y
25%G, 5%LDP	3.28 \pm 0.974 a x	3.50 \pm 0.910 b x	3.47 \pm 0.910 b x
30%G, 5%LDP	3.56 \pm 1.157 a x	3.72 \pm 1.059 ab x	3.00 \pm 1.146 c y
25%G, 6%LDP	3.33 \pm 1.146 a x	3.61 \pm 0.934 ab xy	3.83 \pm 0.845 ab y
30%G, 6%LDP	3.78 \pm 1.017 a x	3.97 \pm 1.028 a x	4.11 \pm 0.708 a x
CV ^e (%)	31.29	28.36	29.18

a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-y: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^e Coeficiente de variación.

Aceptación general. En el día 1 los tratamientos más aceptados fueron los que tenían 30% de grasa y 25%g grasa con 5% LDP (cuadro 14). Sin embargo, al día 15 todos los tratamientos tuvieron la misma aceptación excepto el 30%G, 4.3%LDP esto se debe a cambios en el sabor influenciados por el tiempo. En el día 30 los tratamiento más aceptados fueron 25%G, 6%LDP y 30%G, 6%LDP. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Shepard *et al.* (2013). Ellos determinaron que las cremas ácidas con mayor contenido de grasa recibieron puntajes más altos que la crema baja en grasa y libre de grasa.

Cuadro 14. Aceptación general de la crema ácida.

Tratamiento	Media \pm Desviación estándar		
	Día 1	Día 15	Día 30
30%G, 4.3%LDP	3.72 \pm 0.974 ab x	3.11 \pm 1.090 b y	2.44 \pm 1.027 c z
25%G, 5%LDP	3.44 \pm 0.939 ab x	3.58 \pm 0.770 a x	3.64 \pm 0.931 b x
30%G, 5%LDP	3.86 \pm 0.990 a x	3.72 \pm 1.059 a x	3.22 \pm 1.245 b y
25%G, 6%LDP	3.31 \pm 0.951 b x	3.64 \pm 0.867 a xy	3.81 \pm 0.822 ab y
30%G, 6%LDP	3.86 \pm 0.961 a x	4.00 \pm 0.956 a x	4.17 \pm 0.609 a x
CV ^e (%)	26.59	26.61	26.99

a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

x-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

^e Coeficiente de variación.

Resumen del análisis sensorial de aceptación. Los tratamiento que mayor puntuación recibieron por parte de los panelistas fueron los tratamientos 30%G, 5%LDP y 25%G, 6%LDP (figura 2). Estos tratamientos con el control (30%G, 4.3%LDP) fueron seleccionados para realizar el análisis sensorial de preferencia por ordenamiento (ranking). Además se pudo observar que el control fue el que menor puntuación recibió de los panelistas. No se escogió en tratamiento 30%G, 6%LDP debido a que es el tratamiento con el costo más elevado.

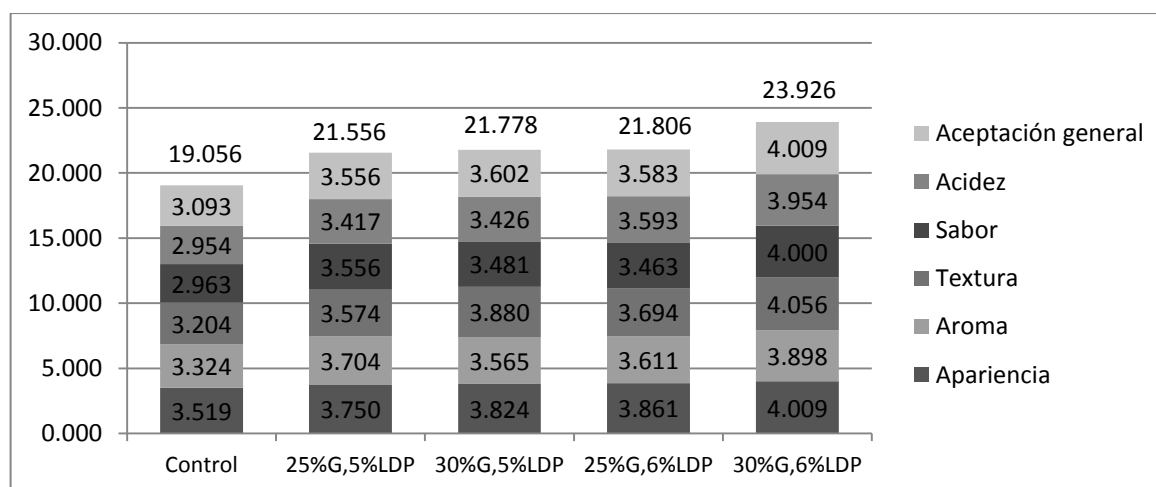


Figura 2. Medias acumuladas del análisis sensorial de aceptación.

Análisis sensorial de preferencia. El análisis de preferencia se realizó con los tratamientos 30%G, 5%LDP; 25%G, 6%LDP y el control (30%G, 4.3%LDP). No se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (cuadro 15). El valor de χ^2 calculado fue de 2.42. El valor crítico de χ^2 para $\alpha=0.05$ y 2 grados de libertad es 5.99. Para que existan diferencias significativas el valor de χ^2 calculado debe ser mayor al valor crítico de χ^2 (Lawless y Heymann 2010). Por lo tanto, el ordenamiento por ranking para estos tratamientos no fue significativamente diferente.

Cuadro 15. Análisis sensorial de preferencia por ordenamiento de la crema ácida.

Tratamiento	Suma de ordenamientos
30%G, 4.3%LDP	200 [‡]
30%G, 5%LDP	189
25%G, 6%LDP	211

[‡] Valores no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Conteo de coliformes totales. No hubo presencia de UFC en el conteo de las placas en el día 1 ni en el día 30, por lo que se reporta que la población de coliformes totales en todos los tratamientos fue de <10 UFC/g (cuadro 16). Estos resultados cumplieron con los parámetros de calidad microbiológica. ICAITI (2002), establece que los productos lácteos y derivados deben tener como límite máximo 10 UFC/g. El conteo de coliformes totales se va reduciendo a través del tiempo (Revilla 1996) y se debe principalmente al aumento de la acidez en la crema que inhibe el crecimiento de estos microorganismos.

Cuadro 16. Conteo de coliformes totales en la crema ácida.

Tratamiento	UFC/g	
	Día 1	Día 30
30%G, 4.3%LDP	<10	<10
25%G, 5%LDP	<10	<10
30%G, 5%LDP	<10	<10
25%G, 6%LDP	<10	<10
30%G, 6%LDP	<10	<10

Interacciones de los factores para las variables fisicoquímicas. El factor grasa tuvo influencia significativa ($P \leq 0.05$) para las variables grasa, viscosidad y sólidos totales (cuadro 17). El factor LDP tuvo influencia significativa en la ATECAL, viscosidad, sinéresis y sólidos totales. El tiempo influyó en las variables ATECAL y sólidos totales. Los demás factores no afectaron las variables. La LDP influyó a las variables más que la grasa.

Interacciones de los factores para las variables sensoriales. La LDP tuvo influencia significativa ($P \leq 0.05$) en todas las variables sensoriales: apariencia, aroma, textura, sabor,

acidez y aceptación general (cuadro 18). El tiempo sólo influyó en la apariencia. Hubo interacción de los factores grasa*LDP en las variables aroma, sabor y aceptación general. Los factores grasa*día y LDP*día interactuaron en todas las variables sensoriales. Los factores grasa*LDP*día interactuaron en las variables apariencia y textura. La LDP influyó en todas las variables mientras que la grasa no influyó en ninguna.

Cuadro 17. Resumen de la significancia estadística para las variables fisicoquímicas de la crema ácida y sus interacciones.

Factores	Variables fisicoquímicas [‡]						
	%Grasa	ATECAL	pH	Viscosidad	Sinéresis	Sólidos	IB
Grasa	<0.0001	0.8035	0.2533	<0.0001	0.7269	<0.0001	0.7853
LDP	0.5319	<0.0001	0.2275	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1467
BLK	0.0116	0.0103	0.1963	0.5212	0.4455	0.1017	0.0024
Día	0.3870	0.0165	0.8432	0.1136	0.1518	0.0156	0.1782
Grasa*LDP	0.9593	0.1197	0.4688	0.8251	0.4152	0.7877	0.7569
Grasa*Día	0.8773	0.9701	0.2690	0.5395	0.4515	0.6751	0.9383
LDP*Día	0.4371	0.8048	0.9972	0.6453	0.3210	0.8824	0.5916
Grasa*LDP*Día	0.5690	0.7576	0.4214	0.9710	0.3009	0.8671	0.9631

[‡] Valores <0.05 influyen significativamente ($P \leq 0.05$) las variables.

Cuadro 18. Resumen de la significancia estadística para las variables sensoriales de la crema ácida y sus interacciones.

Factores	Variables sensoriales [‡]					
	Apariencia	Aroma	Textura	Sabor	Acidez	Aceptación general
Grasa	0.7646	0.4662	0.3451	0.7625	0.5047	0.9853
LDP	<0.0001	0.0008	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Día	0.0110	0.1772	0.1350	0.2229	0.1498	0.1469
BLK	0.4754	0.5330	0.7062	0.1767	0.1655	0.2163
Grasa*LDP	0.6394	0.0221	0.7609	0.0025	0.0755	0.0395
Grasa*Día	0.0078	0.0020	<0.0001	0.0002	0.0021	0.0001
LDP*Día	0.0002	0.0096	<0.0001	0.0002	0.0019	<0.0001
Grasa*LDP*Día	0.0042	0.3725	0.0060	0.2093	0.3623	0.3053

[‡] Valores <0.05 influyen significativamente ($P \leq 0.05$) las variables.

Análisis de costos. El cuadro 19 muestra los costos variables del tratamiento 25%G, 6%LDP, el cual fue el tratamiento más conveniente para la Planta de Lácteos de Zamorano tomando en cuenta los aspectos sensoriales y económicos. No incluye el costo de mano de obra y servicio públicos (agua, energía eléctrica). Estos costos están en base a una formulación de 100kg de crema cruda estandarizada. Los precios reflejados fueron actualizados hasta octubre de 2014. Los tratamientos con menos grasa tuvieron un costo más bajo que el control. El costo unitario fue de L. 11.88 por cada bolsa de 440 g.

Cuadro 19. Costos variables de la crema 25%G,6%LDP.

Ingredientes	Unidad	Cantidad	Lempiras (L.)	
			Precio	Total
Crema cruda 45% grasa	kg	55.6	38.65	2148.94
Agua	kg	44.4	0	0
Leche descremada en polvo	kg	6	67.47	404.82
Estabilizador de crema ácida	kg	0.6	284.96	170.976
Cultivo láctico	g	1.5	23.25	34.875
Sal	kg	1	7.48	7.48
Costo total de materia prima		109.1		2767.09
Costo del empaque				
Película para crema	unidad	248	0.72	178.53
Total de costos				2945.62
Costo unitario				11.88

4. CONCLUSIONES

- La leche descremada en polvo aumentó la viscosidad, redujo el porcentaje de sinéresis y aumentó los sólidos totales en la crema ácida.
- Los panelistas no detectaron diferencias en el análisis sensorial de preferencia entre el control y la crema con 25% de grasa y 6% de leche descremada en polvo.
- Se logró reducir los costos variables de producción de la crema en un 10.94% sin cambiar sus características fisicoquímicas y sensoriales.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis sensorial de preferencia en supermercados de Tegucigalpa.
- Realizar una prueba de triángulo para determinar si existen diferencias por el cambio de la formulación.

6. LITERATURA CITADA

Afonso, I.M. y J.M. Maia. 1999. Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yogurt. *Journal of Food Engineering* 42:183-190.

Alais, Ch. 1985. *Ciencia de la leche*. Trad. por Antonio Lacasa Godina. 4 ed. Barcelona, España, Editorial Reverté, S.A. 871 p.

Bolling, J.C., S.E. Duncan, W.N. Elgel y K.M. Waterman. 2005. Processing effects on physicochemical properties of creams formulated with modified milk fat. *Journal of Dairy Science*. 88:1342-1351.

Born, B. 2006. Cultured/sour cream. *In*: Chandan, R.C, C.H. White, A. Kilara y Y.H. Hui (ed) *Manufacturing yogurt and fermented milks*. 1era ed. Blackwell Publishing Ltd. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, United Kingdom. p. 285-293.

Bylund, Gosta. 2003. *Dairy processing handbook*. 2 ed. Revisada. Tetra Pak Processing Systems AB. Lund, Suecia. 452p.

Dalgleish, D.G., y A.J.R. Law. 1988. pH-Induced dissociation of bovine casein micelles. 1. Analysis of liberated caseins. *Journal of Dairy Research*. 55:529-538.

Elling, J.L. y S.E. Duncan. 1996. Physical properties of 20% milk fat reformulated creams manufactured from cholesterol-reduced butter oil. *Journal of Food Science*. 61:375-378.

Folkenberg, D.M. y A. Skriver. 2001. Sensory properties of sour cream as affected by fermentation culture and storage time. *Milchwissenschaft* 56(5): 261-264

Haylock, S.J., C. Towler y S.A. Hewitt. 1995. Dairy components interactions in food products. *In*: Gaonkar, A.G. (ed) *Ingredient Interactions: Effects On Food Quality*. Technology Center Kraft Foods, Inc. Glenview, Illinois. 587 p.

Horne, D.S. 1999. Formation and structure of acidified milk gels. *International Dairy Journal*. 9:261-268.

Huppertz, T., A.L. Kelly y P.F. Fox. 2009. Milk lipids- Composition, origin and properties. *In*: Tamime, A.Y. (ed) *Dairy fats and related products*. Blackwell Publishing Ltd. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, United Kingdom. p 1-27.

Imhof, R., H. Glattli, y J.O. Bosset. 1994. Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie - Food science and technology*. 27:442-449.

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

Lawless, H.T. y H. Heymann. 2010. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. 2 ed. Springer Science+Business Media, LLC. 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA. 596 p.

Lucey, J.A. 2002. Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*. 85:281-294.

Lucey, J.A. 2004. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*. 57(2/3):77-84.

McSweeney, P.L.H., y M.J. Sousa. 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening: A review. *Lait* 80:293-324.

Melsen, J.P. 1987. The stability of recombined milk fat globules. Tesis Doctoral. Agricultural University, Weningen. 146 p.

Montoya López, J., G.A. Giraldo Giraldo, J.C. Lucas Aguirre. 2012. Determinación del Índice de Blancura en Harina de Trigo Comercial. *Vitae* 19:415-416.

Moreno V., C.A. 2009. Evaluación de dos porcentajes de grasa y dos estabilizadores en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso Zamodelfia. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 39 p.

Muir, D.D. y E.A. Hunter. 1992. Sensory evaluation of fermented milks: vocabulary development and the relations between sensory properties and composition and between acceptability and sensory properties. *Journal of the Society of Dairy Technologists*. 45:119-122.

Prentice, J. 1972. Rheology and texture of dairy products. *Journal of Texture Studies*. 3:415-458.

Puebla, C. 2003. Whiteness Assesment: A Primer. Axiphos GmbH. Germany. PDF. 64 p.

Revilla, A. 1996. *Tecnología de la leche*. 3 ed. revisada. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 396p.

Rivera V., V.F. 2007 Efecto de la presión de homogenización y uso de cuajo en las propiedades físico-químicas y sensoriales de la crema ácida. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 26p.

Roefs, S.P.F.M., P. Walstra, D.G. Dalgleish y D.S. Horne. 1985. Preliminary note on the change in casein micelles caused by acidification. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 39:119-122.

Rothwell, J., A.C. Jackson y B. Faulks. 1989. Modification and control of cream viscosity. *In: Rothwell, J. (ed) Cream Processing Manual 2da ed. The Society of Dairy Technology, Cambridge. p. 83-87.*

Salas Neacato, S.E. 2001. Producción de crema ácida pasteurizada para condiciones artesanales en Honduras. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras 38 p.

Scott, L.L., S.E. Duncan, S.S. Sumner y K.M. Waterman. 2003b. Physical properties of cream reformulated with fractioned milk fat and milk-derived components. *Journal of Dairy Science*. 86:3395-3404.

Scott, L.L., S.E. Duncan, S.S. Sumner, K.M. Waterman y K.E. Kaylegian. 2003a. Influence of emulsifying component composition on creams formulated with fractionated milkfat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:5933-5940.

Shepard, L. 2012. Relating sensory and chemical properties to consumer acceptance of sour cream. Tesis M.sc. Ciencia de Alimentos. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, EEUU. 106 p.

Shepard, L., R.E. Miracle, P. Leksrisonpong y M.A. Drake. 2013. Relating sensory and chemical properties of sour cream to consumer acceptance. *Journal of Dairy Science*. 96(9):5435-5454.

Smiddy, M.A., A.L. Kelly y T. Huppertz. 2009. Cream and related products. *In: Tamime, A.Y. (ed) Dairy fats and related products. Blackwell Publishing Ltd. 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, United Kingdom. p 61-85.*

Vanderghem, C., S. Danthine, C. Blecker y C. Deroanne. 2007. Effect of proteose-peptone addition on some physic-chemical characteristics of recombined dairy creams. *International Dairy Journal*. 17:889-895.

Yeganehzad, S., M. Mazaheri-Tehrani y F. Shahidi. 2007. Studying microbial, physiochemical and sensory properties of directly concentrated probiotic yoghurt. *African Journal of Agricultural Research*. 2(8):366-369.

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial de aceptación.

Hoja de Evaluación Sensorial Crema ácida Zamorano

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones:

Tome un sorbo de agua y un mordisco de galleta antes y/o después de cada muestra. Evalúe la apariencia antes de probar cada muestra. Marque con una X el cuadro indicando su grado de aceptación.

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

Muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5
Apariencia					
Aroma					
Textura					
Sabor					
Acidez					
Aceptación General					

Muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5
Apariencia					
Aroma					
Textura					
Sabor					
Acidez					
Aceptación General					

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial de preferencia.

**Hoja de Evaluación Sensorial
Crema ácida Zamorano**

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Instrucciones:

Tome un sorbo de agua y un mordisco de galleta antes y/o después de cada muestra. Ordene las muestras de acuerdo a su preferencia utilizando números del 1 al 3, donde 1=más preferido y 3= menos preferido. No se permiten empates. Cualquier comentario es bienvenido.

<u>Ranking</u>	<u>código de muestra</u>
1 (más preferido)	_____
2	_____
3 (menos preferida)	_____

Comentarios: _____

¡Muchas gracias!