

# **Efecto de tres concentraciones de grasa y dos niveles de acidez en un yogur estilo griego**

**Vivian Julissa Moreno Castillo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Honduras**  
Noviembre, 2013



ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Efecto de tres concentraciones de grasa y dos niveles de acidez en un yogur estilo griego**

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

Presentado por

**Vivian Julissa Moreno Castillo**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2013

# **Efecto de tres concentraciones de grasa y dos niveles de acidez en un yogur estilo griego**

Presentado por:

Vivian Julissa Moreno Castillo

Aprobado:

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor principal

---

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

---

Elsy Paola Carrillo, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Flor Núñez Rueda, M.Sc.  
Asesora

## **Efecto de tres concentraciones de grasa y dos niveles de acidez en un yogur estilo griego**

**Vivian Julissa Moreno Castillo**

**Resumen.** El yogur estilo griego es producto lácteo resultado de la fermentación ácido láctica de las bacterias *Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus*, el cual es concentrado después de la fermentación para aumentar el contenido de proteína a un mínimo de 5.6%. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto tres concentraciones de grasa (0.5, 1.0 y 2%) y dos niveles de acidez (0.9 y 1.2 % ATECAL) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un yogur estilo griego. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial 3x2 y medidas repetidas en el tiempo a los días 0 y 30, para un total de 36 unidades experimentales. Las características físico-químicas que se evaluaron fueron color, textura, proteína, ATECAL, grasa, purga, rendimiento y se realizaron conteos de coliformes totales. Las características sensoriales se evaluaron con 35 panelistas no expertos pero consumidores de yogur. Se evaluó la apariencia, acidez, aroma, sabor, viscosidad, aceptación general y un análisis de preferencia donde se compararon los dos mejores tratamientos. El porcentaje de grasa y el nivel de acidez influenciaron en variables físico-químicas y sensoriales del yogur teniendo mayor aceptación general y de preferencia el tratamiento con 2% de grasa y 0.9% ATECAL. Los tratamientos con 0.9 % ATECAL fueron menos firmes en el análisis de textura y presentaron menor contenido de proteína; además aumentó el porcentaje de purga y presentó menor rendimiento en el yogur.

**Palabras clave:** Bacterias ácido lácticas, coagulación de proteína, leche descremada, porcentaje de purga.

**Abstract.** Greek style yogurt is milk product of the fermentation of lactic acid bacteria *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii*, which is concentrated after fermentation to increase the protein content to a minimum of 5.6 percent. The objective of this study was to determine the effect of three fat concentrations (0.5, 1.0 and 2 %) and two levels of acidity (0.9 and 1.2 % Titratable acid- TA) on physicochemical and sensory properties of Greek style yogurt. The experimental design was a randomized complete block with a factorial arrangement 3x2 and repeated measures in time (0 and 30 days), for a total of 36 experimental units. The physicochemical characteristics evaluated were color, texture, protein, TA, fat, purge, performance and total coliform counts performed. The sensory hedonic responses were evaluated by 35 yogurt consumers, evaluating appearance, acidity, aroma, taste, viscosity and general acceptance. A paired preference analysis compared the best treatments. The percentage of fat and the acidity level variables influenced physicochemical and sensory properties of the yogurt. The 2% fat and TA 0.9 yogurt was the most preferred. The 0.9 % TA treatments were less firm in texture analysis and present a lower protein content, as well an increased the percentage of purge and less performance in the yogurt.

**Keywords:** Coagulation proteins, skim milk, lactic acid bacteria, purge percentage.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>25</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1	Diseño Experimental ..... 3
2	Análisis de proteína del yogur estilo griego. .... 7
3	Análisis de rendimiento del yogur estilo griego. .... 8
4	Análisis de textura del yogur estilo griego expresada como fuerza (N). .... 8
5	Análisis de Sinéresis del yogur estilo griego. .... 9
6	Análisis de grasa del yogur estilo griego. .... 10
7	Análisis de ATECAL (acidez titulable) del yogur estilo griego. .... 11
8	Análisis de color para la variable L* del yogur estilo griego. .... 11
9	Análisis de color para la variable a* del yogur estilo griego. .... 12
10	Análisis de color para la variable b* del yogur estilo griego. .... 13
11	Conteo de coliformes totales en el yogur estilo griego a través del tiempo. .... 13
12	Análisis del atributo de apariencia del yogur estilo griego. .... 14
13	Análisis sensorial del atributo de acidez del yogur estilo griego. .... 15
14	Análisis sensorial del atributo de aroma del yogur estilo griego. .... 16
15	Análisis sensorial del atributo de viscosidad del yogur estilo griego. .... 16
16	Análisis sensorial del atributo sabor del yogur estilo griego. .... 17
17	Análisis sensorial de aceptación general del yogur estilo griego. .... 18
18	Análisis sensorial de preferencia del yogur estilo griego. .... 19
19	Resumen de las significancia estadística para las propiedades físico-químicas del yogur estilo griego y sus interacciones. .... 20
20	Resumen de las significancia estadística de los factores sensoriales del yogur estilo griego y sus interacciones. .... 20
21	Comparación del yogur estilo griego versus un yogur natural regular. .... 21
22	Análisis de costos variables del yogur estilo griego. .... 22
Figuras	Página
1.	Flujo de proceso de elaboración del yogur estilo griego. .... 4
2.	Resumen del análisis sensorial exploratorio del yogur estilo griego ..... 18
Anexos	Página
1.	Análisis sensorial exploratorio. .... 28
2.	Análisis de color de los tratamientos del yogur estilo griego. .... 28
3.	Tabla de referencia para la prueba sensorial de preferencia ..... 29
4.	Hoja de evaluación sensorial yogur estilo griego. .... 30





## 1. INTRODUCCIÓN

Yogur concentrado o estilo griego, conocido como Labneh en medio oriente, de acuerdo a Mistry y Hassan (1992) remonta al año 5000 A.C. Se produce mediante la eliminación de una parte de suero por medio de la filtración hasta un contenido de 9 a 11% de sólidos grasos y 21 a 23% de sólidos no grasos. Además presenta un color entre blanco y crema, textura suave y un sabor ácido característico entre crema y queso cottage, además de una capacidad de dispersarse bastante buena con poca producción de sinéresis (Tamime y Robinson 1999; Nsabimana *et al.* 2005).

La Comisión del Codex Alimentarius de la para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecen que el yogur concentrado es la leche fermentada mediante la acción de las bacterias ácido-lácticas *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Es concentrado después de la fermentación para aumentar el contenido de proteína a un mínimo de 5.6% y al menos 0.6% acidez titulable (Codex Alimentarius 2011).

El yogur concentrado presenta un contenido de ácido láctico mucho mayor que otro yogur normal que contiene ente 1.8 y 2% de ácido láctico, esto le proporciona una mejor calidad final (Tamime y Robinson 1999). Las concentraciones más altas de ácido láctico contribuyen en la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas entre ellas los coliformes totales (Aly *et al.* 1988). Los sabores fuertes que se presentan en el yogur concentrado se deben a las altas concentraciones de ácido láctico. Este se enmascara por el diacetilo producido en la fermentación y por el contenido de grasa de la leche empleada para la elaboración del yogur concentrado (Aly *et al.* 1988; Robinson 2002).

En los últimos años el consumo de yogur griego o estilo griego ha aumentado esto debido a las propiedades nutricionales que posee superior a un yogur regular, debido a que tiene un mayor contenido de proteína (mínimo 2.5 más) y 1.5 mayor concentración de minerales presentes que en la leche. De igual manera contiene un número mayor de bacterias ácido lácticas benéficas, menor contenido de lactosa. Lo anterior, es muy beneficioso para las personas que son intolerantes a la lactosa y el contenido de grasa puede variar de acuerdo a la demandas de mercado (Salji 1991; Mahdian y Tehrani 2007).

La planta de Lácteos de Zamorano no cuenta en su cartera de negocios con productos funcionales, debido a que se centra en la comercialización de leche fluida, quesos frescos y productos que se encuentran regularmente en un mercado competitivo según

Melo y Ferrera (2010). No obstante, debido al alto contenido nutricional del yogur estilo griego podría ubicarse como un producto de alto valor nutritivo popular en la población hondureña.

Actualmente los beneficios nutricionales percibidos por los consumidores en diferentes países a nivel mundial y las características de almacenamiento que posee el yogur estilo griego, lo llevó a su creciente popularidad en la última década del siglo XIX, según afirmó Benezch y Maingonnat (1994). El yogur estilo griego se ha establecido como un producto de alto valor nutritivo en comparación con los yogures regulares (Nsabimana *et al.* 2005).

El proceso de producción tiene gran influencia en las características sensoriales del yogur las cuales han contribuido a la aceptabilidad por parte de los consumidores, y este depende del método empleado en el procesamiento (Abu-Jdayil *et al.* 2002). Existen diferentes métodos para la fabricación del yogur concentrado, tradicionalmente se elabora mediante filtración del yogur natural en bolsas de tela (Yamani y Abujaber 1994). Se desea eliminar gran parte del suero del yogur natural hasta alcanzar la concentración deseada de sólidos totales, este proceso toma entre 15 -20 horas a temperaturas menos a 10 °C.

Esta separación se puede alcanzar por medio de filtración por gravedad o bien filtración añadiéndole presión a las bolsas de tela en producciones en altos volúmenes, con la adición de presión se disminuye el tiempo de filtración hasta seis horas en el yogur etilo griego (Özer 2006). El yogur elaborado con este método presenta características sensoriales muy buenas (Robinson 2002). Este método requiere mayor mano de obra y posibles faltas de higiene durante el proceso y menores rendimientos debido a los residuos sobrantes en las bolsas de telas según afirma Zayan *et al.* (2010).

En este estudio se desea disminuir el porcentaje de purga del yogur estilo griego, además de brindar a los consumidores un producto de alto valor nutritivo, funcional y saludable que llene las necesidades en aumento por consumir productos saludables. Este estudio se orientó a determinar el efecto de tres concentraciones de grasa y dos niveles de acidez en el desarrollo de un yogur estilo griego, siendo los objetivos del estudio:

- Validar el proceso de elaboración de yogur estilo griego, según el estándar de proteína de la norma de Codex Alimentarius.
- Evaluar el efecto de tres porcentajes de grasa y dos niveles de acidez en las propiedades físico-químicas del yogur estilo griego.
- Determinar las combinaciones de factores más aceptadas por los panelistas.
- Determinar los costos variables de los dos mejores tratamientos de yogur estilo griego.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano localizada en el Departamento de Francisco Morazán, km 30 carretera Danlí, Honduras. El proceso de elaboración del yogur estilo griego se llevó a cabo en la Planta de Lácteos de Zamorano al igual que los análisis: en el Laboratorio de la Planta de Lácteos, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ) y en la Planta de Innovación.

**Materia prima para la elaboración del yogur estilo griego.** Se utilizó leche descremada al 0.5% de grasa, leche estandarizada al 1% de grasa, leche semidescremada al 2% de grasa, cultivo termófilo FD-DVS YoFlex® Mild 1.0: *Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus*, leche descremada en polvo de Concadal®, estabilizador para yogurt 7915-A de Cosco®, azúcar y sorbato de potasio.

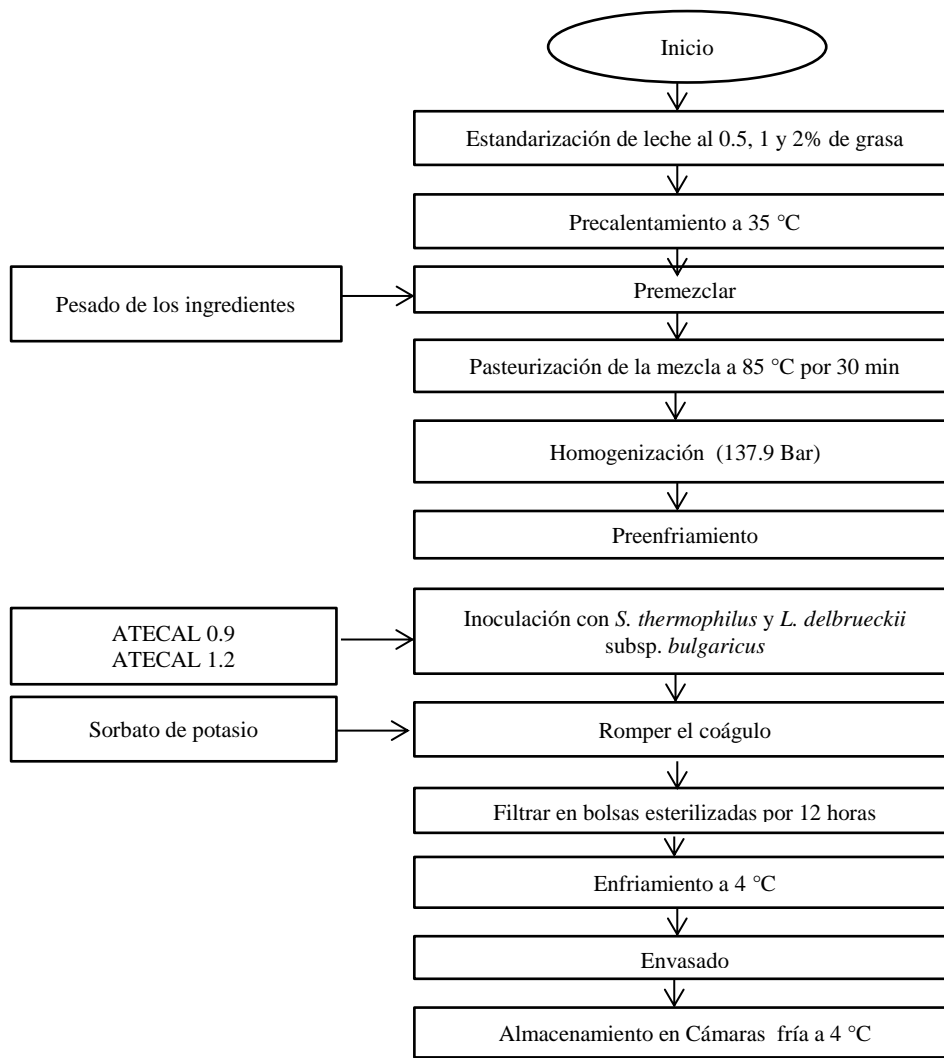
**Equipo.** Marmita MKDT/20 T Cleveland Range Ltd, termómetro digital, mantas de tela para desuerar, balanza de precisión YP8100, Yamato®.

**Diseño experimental.** Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al azar (BCA), con un arreglo factorial 3 x 2 (Cuadro 1) y dos medidas repetidas en tiempo, a los 0 y 30 días, para evaluar las características físico-químicas y sensoriales de los mismos. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento, lo cual representó un total de 36 unidades experimentales.

**Cuadro 1.** Diseño Experimental

Acidez	Grasa (%)		
	0.5	1.0	2.0
0.9	TRT 1	TRT 3	TRT 5
1.2	TRT 2	TRT 4	TRT 6

## Métodos



**Figura 1.** Flujo de proceso de elaboración del yogur estilo griego. Adaptado de Fernández y Puthukulangara (2012).

**Pruebas preliminares.** Con el fin de determinar el tiempo de filtrado para evaluar la consistencia y textura de yogur estilo griego se realizaron pruebas preliminares con tiempo de filtrado a las 12 y 24 horas.

**Análisis químicos.** El análisis de proteína se realizó en el LAAZ este se determinó mediante el método de Kjeldahl de la AOAC 2001.11.

El porcentaje de grasa se estipuló de acuerdo al método (Babcock) pesando 9 gramos de la muestra en un butirometro calibrado de 0 a 50%, luego se agregaron 10 ml de agua destilada a 60 °C y se centrifugó por 1 minuto. La mezcla se dejó enfriar a 22 °C, luego se le agregaron 17.5 ml de ácido sulfúrico. Se centrifugó a 800 RPM durante 5 minutos. Después se agregó agua destilada a 60 °C hasta 0.6 ml del cuello, se centrifugó por 2 minutos, luego se agregó agua destilada a 60 °C hasta 50 ml donde la grasa quedó en la parte calibrada del cuello, se centrifugó por 1 minuto y finalmente se registró la lectura de grasa (AOAC 933.05).

La acidez titulable expresada como ácido láctico (ATECAL), se empleó el método AOAC (2000) 939.05. Se pesaron tres gramos de yogur estilo griego en un vaso blanco. Luego se le agregaron 10 ml de agua destilada, se mezcló el yogur estilo griego con el agua destilada y luego se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína; esta solución se tituló utilizando la solución hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N. Finalmente los mililitros de NaOH se multiplicaron por 3 para determinar ATECAL. La determinación de proteína se realizó en el LAAZ, se empleó el método AOAC 2011.11.

**Análisis físicos.** El análisis de textura, purga y color se realizaron en el LAAZ. Para realizar el análisis de color se utilizó el ColorFlex de Hunterlab® donde se evaluaron los valores L\*, a\* y b\*. En el cual el eje L\* denota la claridad y brillo en una escala de negro (0) a blanco (100). El eje a denota el espectro de luz visible comprendido del color verde (-60) al rojo (+60), mientras que el eje b denota el espectro comprendido del azul (-60) al amarillo (+60) (Hunter Lab 2001). Se efectuaron tres mediciones por cada unidad experimental.

Se utilizó el Texturometro Instron 4444, usando la prueba de compresión del 50% de la altura de la muestra, a una velocidad de 0.5 mm/s y un nivel de carga de 0.0099000 kN. Para darle unas dimensiones determinadas a la muestra se elaboró un molde cilíndrico de 50 mm de diámetro y 10 mm de altura. Las mediciones se realizaron con tres repeticiones por cada unidad experimental a una temperatura de la muestra de  $5 \pm 1$  °C.

Para estipular la purga se utilizó el método utilizado por Tobar y Herrera 2012. Se filtró al vacío una muestra de 20 gramos esparcida sobre un papel filtro Whatman® #2 durante 10 minutos. La purga o suero libre se calculó en porcentaje determinando el cociente del peso del filtrado sobre el peso inicial de la muestra, se realizaron mediciones por triplicado para cada unidad experimental.

Para determinar el rendimiento del yogur estilo griego se pesó el producto inicial antes de la fermentación, luego se pesó el producto final, se analizó por medio de la fórmula de rendimiento peso del producto final dividido entre el peso del producto inicial, multiplicado por 100 para obtener el porcentaje de rendimiento.

**Análisis microbiológico.** El conteo de coliformes totales se realizó en el laboratorio de la planta de lácteos Zamorano, para los seis tratamientos, con tres repeticiones y dos medidas repetidas en el tiempo, a los días 0 y 30 para cada tratamiento por duplicado, usando agar biliado – rojo neutro – cristal violeta (VRBA) como medio selectivo de cultivo, empleando la técnica de vertido para siembra (NOM-113-SSA1-1994). La incubación de las muestras fue realizada a 35 °C durante 24 horas.

**Análisis sensorial.** El análisis exploratorio se realizó con un grupo de 35 panelistas no expertos, empleando una escala hedónica de 1 a 9, siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Se evaluaron los atributos de apariencia, aroma, acidez, sabor, viscosidad y aceptación general.

Se desarrollaron seis tratamientos con dos con tres repeticiones y dos medidas repetidas en el tiempo a los días 1 y 30 de elaboración del yogur estilo griego. Los datos obtenidos se analizaron el programa (SAS versión 9.1®) a través de un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando un modelo lineal, con separación de medias LSMeans ( $P > 0.05$ ), siendo la media más alta para el yogur estilo griego más aceptado.

**Análisis estadístico.** La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando un modelo lineal y para determinar si existen diferencias entre los tratamientos y análisis de medidas repetidas en tiempo con separación de medias LSMeans ( $P > 0.05$ ). Se utilizó el programa (SAS versión 9.1®) como herramienta de análisis.

**Análisis económico.** Se realizó un análisis marginal para los dos mejores tratamientos, incluyendo los costos variables de producción, de empaque y precio unitario de venta.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Prueba Preliminar.** Para decidir el tiempo de filtrado a utilizar en el yogur estilo griego, buscando tener una menor purga, se realizó una prueba preliminar utilizando dos tiempos de filtrado (12 y 15 horas) con las mantas de tela disponibles en la Planta de Lácteos de Zamorano. Basándose en la apariencia de yogures obtenidos se decidió utilizar un tiempo de ocho horas para el filtrado, puesto que estos tenían la mejor apariencia entre los dos tiempos utilizados.

**Análisis de Proteína.** Los tratamientos (Cuadro 2) con 1.2 % ATECAL presentaron mayor porcentaje de proteína, por cual se concentró mayor rendimiento y por ende tuvieron menor cantidad de purga (Cuadro 6, 18). Este cumplió con la norma para yogur concentrado (Codex Alimentarius 2011) que especifica que después de la fermentación deben de aumentar el contenido de proteína a un mínimo de 5.6% comparado con un yogur regular que contiene mínimo 2.7% de proteína. Al igual son similares con los reportes de proteína para yogur griego (Ozer *et al.* 1999).

**Cuadro 2.** Análisis de proteína del yogur estilo griego.

Tratamiento	Proteína (%)	
	Media+ D.E. <sup>δ</sup>	Separación de medias (P<0.05)
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	10.93 ± 1.83	b
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	11.19 ± 0.50	b
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	10.06 ± 1.71	c
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	11.44 ± 0.87	ab
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	9.89 ± 0.48	c
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	11.88 ± 1.06	a
Coeficiente de variación (%)	2.50	

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

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis de rendimiento.** Los tratamientos (Cuadro 3) presentaron diferencias significativa en rendimiento, siendo el tratamiento con 2% de grasa y 1.2% ATECAL el que presento mayor rendimiento. Sodini y Tong (2006), expresan que a mayor acidez del yogur griego mayor rendimiento y menor purga.

**Cuadro 3.** Análisis de rendimiento del yogur estilo griego.

Tratamiento	Rendimiento (%)	
	Media+ D.E. <sup>δ</sup>	Separación de medias (P<0.05)
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	26.40 ± 0.07	c
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	29.40 ± 0.21	b
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	26.80 ± 1.84	c
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	28.90 ± 0.42	c
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	29.67 ± 1.32	b
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	32.40 ± 0.28	a
Coefficiente de variación (%)	5.2	

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

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis de textura.** Los tratamiento con 1.2% ATECAL fueron más firmes al día uno, mientras que el tratamiento con 0.5% de grasa y 0.9 % ATECAL al día treinta fueron menos firmes significativamente (P<0.05). Los tratamientos (Cuadro 4) presentaron diferencias significativas en el tiempo (P<0.05), además debido a la purga (Cuadro 5) en el día treinta se presentó menor empleo de fuerza de compresión entre los tratamientos. Fennema (1996), señala que al aumentar la producción de ácido láctico se produce mayor coagulación de la caseína por lo cual se observa que se presentó mayor viscosidad en los tratamientos.

**Cuadro 4.** Análisis de textura del yogur estilo griego expresada como fuerza (N).

Tratamiento	Dureza (N) <sup>e</sup> ± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	9.23 ± 0.0004 e (y)	9.02 ± 0.0045 d (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	23.68 ± 0.0033 c (y)	22.80 ± 0.0033 b (z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	11.30 ± 0.0100 d (y)	9.80 ± 0.0064 c (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	34.41 ± 0.0024 a (y)	28.73 ± 0.0003 a (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	11.82 ± 0.0002 d (y)	9.90 ± 0.0043 c (z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	33.00 ± 0.0025 b (y)	28.50 ± 0.0019 a (z)
Coefficiente de variación (%)	15.62	21.22

a-e: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

@ N.: Newton.

**Análisis de sinéresis.** Los tratamientos no presentaron diferencia significativa en porcentaje de purga al día uno (Cuadro 5). Al día treinta los tratamientos con 1.2% de ATECAL presentaron menor porcentaje de purga, no obstante no se dio diferencias significativa entre los tratamientos. Debido a que liberaron mayor contenido de suero



durante el tiempo de filtrado (doce horas) y produjeron mayor concentración de la caseína coagulada (Fennema 1996). Los tratamientos son similares a los de Yeganehzad (2007), reportó que el incremento en la concentración de sólidos del yogur aumentó la acidez y redujo la sinéresis.

La purga presentó diferencias significativas en el tiempo. Estos resultados concuerdan con Al-Kadamany *et al.* (2002) que afirman que el yogur concentrado elaborado tradicionalmente incrementa el nivel de purga durante el tiempo de almacenamiento. Salvador y Firzman (2004), señalan que los niveles de suero en yogures elaborados con leche descremadas y semidescremadas incrementan con el tiempo de almacenamiento.

**Cuadro 5.** Análisis de Sinéresis del yogur estilo griego.

Tratamiento	Purga (%) $\pm$ D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	0.26 $\pm$ 0.02 a (z)	2.60 $\pm$ 0.12 a (y)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	0.12 $\pm$ 0.02 a (z)	1.35 $\pm$ 0.08 b (y)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	0.33 $\pm$ 0.02 a (z)	2.80 $\pm$ 0.57 a (y)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	0.18 $\pm$ 0.02 a (z)	1.50 $\pm$ 0.12 b (y)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	0.42 $\pm$ 0.02 a (z)	2.50 $\pm$ 0.12 a (y)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	0.18 $\pm$ 0.02 a (z)	1.01 $\pm$ 0.02 b(y)
Coefficiente de variación (%)	1.80	2.74

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis de grasa.** Los tratamientos presentaron diferencias significativas (P<0.05) entre los porcentajes de grasa acorde a lo esperado (Cuadro 6), mientras que en el tiempo no presentaron diferencias significativas (P<0.05). Siendo los tratamientos con 0.5 y 2% de grasa y 0.9% ATECAL fueron los que mayor aceptación tuvieron por parte de los panelistas.

La diferencia en la concentración de la grasa de la leche estandarizada inicial y el porcentaje de grasa final se debió al nivel de suero perdido durante el filtrado (12 horas). El cual fue mayor en los tratamientos con mayor acidez, entonces hubo más concentración de sólidos grasos y no grasos en los tratamientos con mayor acidez, de acuerdo con (Sodini y Tong 2006).

**Cuadro 6.** Análisis de grasa del yogur estilo griego.

Tratamiento	Grasa(%) ± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	0.90 ± 0.01 c (z)	0.91 ± 0.01 c (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	0.93 ± 0.01 c (z)	0.93 ± 0.01 c (z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	1.50 ± 0.08 b (z)	1.50 ± 0.08 b (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	1.52 ± 0.04 b (z)	1.52 ± 0.04 b (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	2.47 ± 0.08 a (z)	2.47 ± 0.08 a (z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	2.51 ± 0.01 a (z)	2.51 ± 0.01 a (z)
Coefficiente de variación (%)	3.33	3.33

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

z: Medias entre filas seguidas de diferente letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

\*Nota: Se recomienda determinar el porcentaje de grasa con el método de AOAC 991.36.

**Análisis de acidez.** Los tratamientos con mayor porcentaje de grasa y mayor acidez fueron los que mayores niveles de ATECAL, no presentaron diferencias significativas en el día uno entre los tratamientos. Mientras que en el día treinta el tratamiento con 2% de grasa y 1.2% de ATECAL fue el que presentó mayor diferencia significativa (P<0.04). Los tratamientos tuvieron diferencias en el tiempo, estos tratamientos que presentaron mayor acidez fueron los que tuvieron menor aceptación (Cuadro 13). Yeganehzad (2007), reportó que el incremento en la concentración de sólidos del yogur aumentó la acidez y dureza del yogur y redujo la sinéresis. Además mejoró el crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus*. Además de la producción de ácido láctico, existen también otro tipo de compuestos generados durante la fermentación como el acetaldehído, ácido fórmico y dióxido de carbono que también aumentan la acidez (García *et al.* 2002).

Salvador y Firzman (2004), señalan que los niveles acidez en los yogures elaborados con leche descremadas y semidescremadas incrementan con el tiempo de almacenamiento.

**Cuadro 7.** Análisis de ATECAL (acidez titulable) del yogur estilo griego.

Tratamiento	ATECAL(%) ± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	0.89 ± 0.004 a (z)	1.61 ± 0.005bc (y)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	1.19 ± 0.008 a (z)	2.19 ± 0.008 b (y)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	0.89 ± 0.004 a (z)	1.27 ± 0.005 c (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	1.19 ± 0.008 a (z)	2.12 ± 0.004 b (y)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	0.89 ± 0.004 a (z)	1.69 ± 0.005 b (y)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	1.21 ± 0.008 a (z)	2.81 ± 0.005 a (y)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>14.71</b>	<b>22.29</b>

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis de Color.** Los tratamientos son significativamente diferentes (P<0.05) en luminosidad (Cuadro 8), tanto al día uno como al día treinta. El porcentaje de grasa del yogur estilo griego afectó la luminosidad, ya que los tratamientos con 2% de grasa y 0.9% de ATECAL presentaron mayor luminosidad en el tiempo. Desai (2012), afirma que al modificar el porcentaje de grasa se modifican propiedades físicas, incluyendo la apariencia (brillo, opacidad y color).

**Cuadro 8.** Análisis de color para la variable L\* del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	88.44 ± 0.36 b (z)	95.87 ± 0.09 b (y)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	88.21 ± 0.18 c (z)	95.79 ± 0.19 b (y)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	88.47 ± 0.61 b (z)	95.75 ± 0.51 b (y)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	88.32 ± 0.44 bc(z)	94.98 ± 0.60 c (y)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	88.72 ± 0.47 a (z)	96.02 ± 0.30 a (y)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	88.39 ± 0.69 b (z)	95.91 ± 0.28bc(y)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>1.35</b>	<b>2.11</b>

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Valor a.** Los valores de a\* en general se mantuvieron más cercanos al color verde (Cuadro 9), los tratamientos con 2% de grasa son los que menos se acercan al color verde al día uno. Mientras que al día treinta el tratamiento con 0.5% de grasa y 0.9 ATECAL fue el que más se acercó al color verde. El tratamiento con 1% de grasa y 1.2 % ATECAL fue el único que presentó diferencia significativa en el tiempo (P<0.05). Este

cambio esta correlacionado con la modificación del porcentaje de grasa se afectan las propiedades físicas (Desai 2012).

**Cuadro 9.** Análisis de color para la variable a\* del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	-1.67 ± 0.18 b (z)	-1.64 ± 0.18 c (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	-1.34 ± 0.23 b (z)	-1.23 ± 0.53 b (z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	-1.45 ± 0.27 b (z)	-1.51 ± 0.16bc(z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	-1.33 ± 0.19ab(z)	-0.41 ± 0.14 a (y)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	-0.65 ± 0.87 a (z)	-1.15 ± 0.29ba(z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	-0.63 ± 0.71 a (z)	-0.20 ± 0.32 a (z)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>29.67</b>	<b>29.29</b>

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Valor b.** Los tratamientos que presentaron color más amarillo a través del tiempo con diferencias significativa de los otros tratamientos fueron los tratamientos con 2.0% de grasa (Cuadro 10), que de acuerdo con Desai (2012), afirma que al modificar el porcentaje de grasa se modifican propiedades físicas, incluyendo la apariencia (color). Los cambios de color que se presentaron en los tratamientos del yogur estilo griego se debieron en gran parte a las diferentes reacciones de las bacterias ácido lácticas como la desnaturalización que ocasionan reacción de Maillard (Rodríguez Gómez 2010). Los valores en b\* tienen la misma tendencia con los resultados obtenidos por Melo y Ferrera en 2010.

Además de esos factores que ocasionaron un color más amarillo en el yogur esta la translocación de carotenoides en la leche producto de la alimentación de pasto que se le brinda al ganado en la temporada de invierno.

**Cuadro 10.** Análisis de color para la variable b\* del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 1	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	8.98 ± 0.18 b (z)	10.55 ± 1.09 b (y)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	9.08 ± 0.35 b (z)	10.29 ± 0.27 b (y)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	9.41 ± 0.48 b (z)	10.66 ± 0.66 b (y)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	9.21 ± 0.57 b (z)	10.06 ± 0.15 b (y)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	10.54 ± 0.65 a (z)	11.37 ± 0.48 a (y)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	10.36 ± 0.64 a (z)	11.25 ± 0.24 a (y)
Coefficiente de variación (%)	7.72	5.51

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis de coliformes totales.** El conteo de todos los tratamientos (Cuadro 11) al día cero y treinta del yogur estilo griego demuestran que se cumplió con los parámetros de calidad microbiológica. ICAITI (2002), establece que para los productos lácteos y derivados deben de tener conteo de coliformes totales menos a 10 UFC (unidades formadoras de colonias) por gramo de muestra.

No se reflejaron diferencias significativas estadísticamente (P<0.05) en el tiempo para ninguno de los tratamientos. Esto debido al efecto inhibitor del aumento de la producción de ácido láctico en el yogur que inhibió el crecimiento de microorganismos patógenos, entre ellos coliformes totales (El-Samargy *et al.* 1988; Tamime y Robinson 1999). La ausencia de coliformes en los tratamientos se alcanzó con buenas prácticas de manufactura para reducir contaminación después de la pasteurización, u otras etapas del proceso de elaboración del yogur estilo griego.

**Cuadro 11.** Conteo de coliformes totales en el yogur estilo griego a través del tiempo.

Tratamiento	Coliformes totales (UFC*/g)		
	Día 0	Día 30	Máx. Legal
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	<10	<10	<10
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	<10	<10	<10
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	<10	<10	<10
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	<10	<10	<10
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	<10	<10	<10
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	<10	<10	<10

\*: Unidades formadoras de colonias.

**Análisis sensorial del atributo de apariencia.** Los panelistas tuvieron mayor aceptación en el día cero en apariencia por el tratamiento con 2% de grasa y 0.9% ATECAL. Mientras que al día treinta, el tratamiento con 1.0% de grasa con 1.2% ATECAL fue el que presentó menor aceptación por los panelistas en apariencia. Sin embargo no se presentaron diferencias significativas de apariencia entre los tratamientos en el tiempo (Cuadro 12). Las diferencias en apariencia se debieron al efecto del porcentaje de grasa que influyó en la luminosidad. Al realizar la comparación con el análisis de color (Cuadro 8) se hace evidente que los panelistas prefirieron aquellos tratamientos con un valor L\* mayor por lo cual presenta una tonalidad más clara.

**Cuadro 12.** Análisis del atributo de apariencia del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 0	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	7.01 ± 1.30ab(z)	6.91 ± 1.19 a (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	6.81 ± 1.11ab(z)	7.01 ± 1.21 a (z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.93 ± 1.05ab(z)	7.15 ± 1.12 a (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	6.71 ± 1.25 b (z)	6.08 ± 1.56 b (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	7.30 ± 1.32 a (z)	6.80 ± 1.82 a (z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	6.52 ± 1.49 b (z)	6.80 ± 1.76 a (z)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>18.14</b>	<b>21.22</b>

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

z: Medias entre filas seguidas de la letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis sensorial del atributo de acidez.** Al día cero el tratamiento con 2.0% de grasa y 0.9 ATECAL presentó mayor media en la aceptación de acidez por los panelistas. Mientras que al día treinta el tratamiento con 1% de grasa y 1.2% ATECAL fue el menos aceptado por su acidez por los panelistas. No obstante no se presentaron diferencias en el tiempo entre los tratamientos (Cuadro 13). En relación con la acidez titulable (Cuadro 7) y al contenido de grasa (Cuadro 6) los panelistas tuvieron mayor preferencia por los tratamientos con menor acidez y mayor porcentaje de grasa.

**Cuadro 13.** Análisis sensorial del atributo de acidez del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 0	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	6.02 ± 1.67ab(z)	6.11 ± 1.73ab(z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	6.04 ± 1.54ab(z)	6.24 ± 1.45ab(z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	5.76 ± 1.82 b(z)	6.23 ± 1.92ab(z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.54 ± 1.75 b (z)	5.79 ± 1.92 b(z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.30 ± 1.74 a (z)	6.48 ± 1.77ab(z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.91 ± 1.64 b (z)	6.55 ± 1.78 a (y)
Coefficiente de variación (%)	28.80	28.33

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis sensorial del atributo de aroma.** Al día cero el tratamiento con 2% de grasa y 0.9% ATECAL presento mayor aceptación del aroma por los panelistas. Mientras que al día treinta el tratamiento con 1% de grasa con 1.2% ATECAL presentó aceptación del aroma, no obstante no se presentaron diferencias significativas en los tratamientos en el tiempo (Cuadro 14). Esto concuerda con la teoría se debe a los diferentes compuesto aromáticos del yogur.

El aroma de los productos se caracteriza por diversos metabolitos bacterianos volátiles producidos como subproducto de la fermentación del ácido láctico o por el mecanismo de otras reacciones. El diacetil es uno de los principales compuestos responsables del aroma del yogur (Guerra Hernández *et al.* 1995), la lactosa y el citrato son los responsables de la formación de diacetil (Nilsson 2008). Por otro lado, el acetaldehído es otro compuesto contribuyente al aroma de yogur, es el resultado del efecto combinado de todos los compuestos aromáticos del yogur (Routray y Mishra 2011).

**Cuadro 14.** Análisis sensorial del atributo de aroma del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 0	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	6.72 ± 1.29 ab(z)	6.81 ± 1.17 a (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	6.40 ± 1.15 b(z)	6.72 ± 1.24 a(z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.54 ± 1.26 ab(z)	6.92 ± 1.23 a (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	6.41 ± 1.21 b (z)	6.18 ± 1.46 b (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.93 ± 1.44 a (z)	6.86 ± 1.40 a (z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	6.38 ± 1.40 b (z)	6.50 ± 1,79 ab(z)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>19.79</b>	<b>20.66</b>

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

z: Medias entre filas seguidas de la letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis sensorial del atributo de viscosidad.** Al día cero los panelistas tuvieron mayor aceptación en viscosidad por los tratamientos con menor ATECAL. Mientras que al día treinta el 1.0% de grasa y 1.2% ATECAL tuvo menor aceptación en viscosidad. Los tratamientos (Cuadro 15) no presentaron diferencias en el tiempo, excepto el tratamiento con 2% de grasa y 1.2% ATECAL que si presento diferencia en el tiempo. Fue difícil para los panelistas encontrar diferencias en la viscosidad entre los tratamientos, esto se relaciona con la textura del yogur (Cuadro 4) en la cual tampoco se presentaron diferencias en el tiempo.

**Cuadro 15.** Análisis sensorial del atributo de viscosidad del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 0	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	6.49 ± 1.57 a (z)	6.51 ± 1.45 a (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	5.92 ± 1.82 b (z)	6.10 ± 1.76ab(z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.44 ± 1.50ab(z)	6.60 ± 1.58 a (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.94 ± 1.76 b (z)	5.65 ± 1.89 b (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.81 ± 1.62 a (z)	6.54 ± 1.84 a (z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.91 ± 1.66 b (z)	6.66 ± 1.71 a (y)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>27.00</b>	<b>26.84</b>

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis sensorial del atributo de sabor.** Los panelistas tuvieron mayor aceptación en el sabor por los tratamientos con menor porcentaje de ATECAL al día cero. Mientras que al día treinta el tratamiento con 1.0% de grasa y 1.2% ATECAL presento menor aceptación en el sabor por parte de los panelistas. Los tratamientos no presentaron diferencias en el tiempo (Cuadro 16), excepto los tratamientos con 1.0 y 2.0% de grasa con 0.9 y 1.2% ATECAL, respectivamente. Debido a que en el yogur estilo griego los porcentajes de



grasa y niveles de acidez son los atributos más importantes (Cuadros 6 y 7) debido al sabor de llenura que produce la grasa en la boca, por lo cual se relacionan estos factores con el sabor del yogur. Estos resultados concuerdan con los reportados por Melo y Ferrera (2010).

**Cuadro 16.** Análisis sensorial del atributo sabor del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 0	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	6.02 ± 1.70 a (z)	6.39 ± 1.83 a (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	5.61 ± 1.50 b (z)	6.03 ± 1.53ab(z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	5.80 ± 1.84 b (z)	6.50 ± 1.73 a (y)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.61 ± 1.90 b (z)	5.47 ± 1.77 b (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.53 ± 1.72 a (z)	6.43 ± 1.87 a (z)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.96 ± 1.76ab(z)	6.46 ± 1.88 a (y)
Coeficiente de variación (%)	29.88	28.22

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

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Análisis sensorial de aceptación general.** Al día cero el tratamiento con 2% de grasa y 0.9% ATECAL presento mayor aceptación general por los panelistas. Mientras que al treinta el tratamiento con 1.0% de grasa y 1.2% ATECAL presento menor aceptación general por los panelistas. No se presentaron diferencias en la aceptación general entre los tratamientos en el tiempo (Cuadro 17), con excepción del tratamiento con 2% de grasa y 0.9% ATECAL que si se presentó mayor diferencia significativa (P<0.05) en el tiempo. Los panelistas no solo detectaron las diferencias entre acidez, grasa y textura, sino también en las demás variables evaluadas y por supuesto en la aceptación general, además los panelistas participantes pertenecen a culturas donde hay mayor consumo de productos con más grasa y menor acidez.

**Cuadro 17.** Análisis sensorial de aceptación general del yogur estilo griego.

Tratamiento	Media± D.E. <sup>δ</sup>	
	Día 0	Día 30
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	6.33 ± 1.44 b (z)	6.57 ± 1.37 a (z)
0.5% Grasa x 1.2 ATECAL	6.01 ± 1.53bc(z)	6.41 ± 1.25ab(z)
1.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.17 ± 1.54bc(z)	6.63 ± 1.50 a (z)
1.0% Grasa x 1.2 ATECAL	5.74 ± 1.70 c (z)	5.88 ± 1.57 b (z)
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	6.84 ± 1.56 a (z)	6.71 ± 1.76 a (y)
2.0% Grasa x 1.2 ATECAL	6.17 ± 1.74bc(z)	6.49 ± 1.63 a (z)
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>25.89</b>	<b>23.32</b>

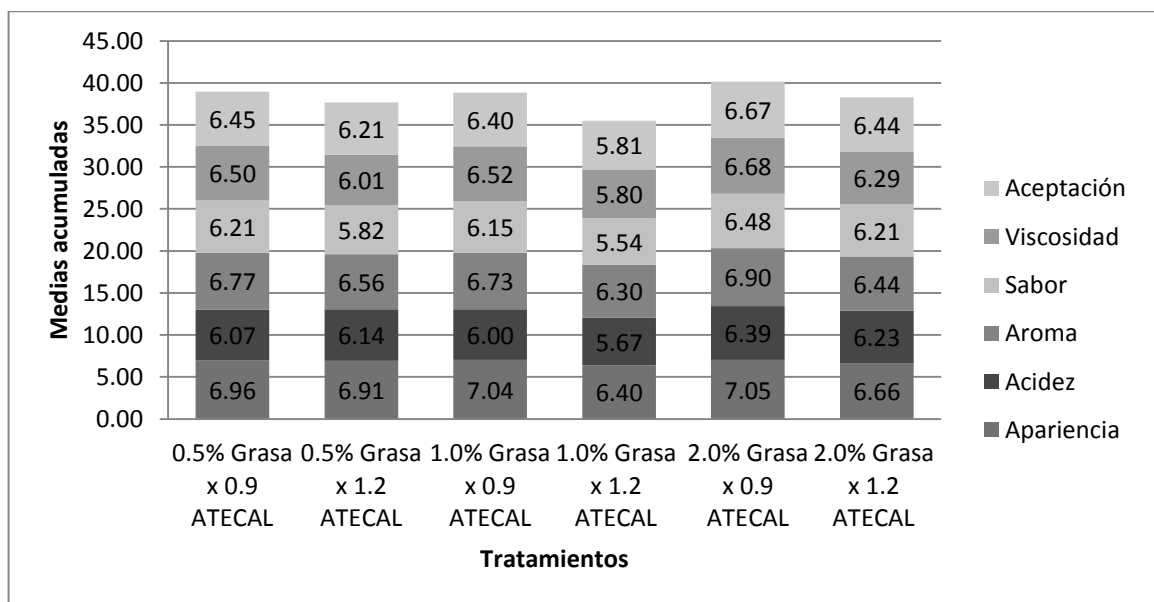
a-c: Medias entre columnas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

y-z: Medias entre filas seguidas de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

δ. D.E.: Desviación estándar.

**Resumen del análisis sensorial exploratorio.** Los tratamientos (Figura 2) que tuvieron puntuaciones más altas, pero significativas, en los atributos sensoriales evaluados. Las medias acumuladas de las evaluaciones sensoriales adquiridas durante todo el experimento, los tratamientos con 0.5 y 2% de grasa y 0.9% ATECAL, fueron seleccionados para realizar un análisis de preferencia pareada utilizando 120 personas. Además se pudo observar que los tratamientos con 1.2% ATECAL fueron los que menor aceptación adquirieron por parte de los panelista.



**Figura 2.** Resumen del análisis sensorial exploratorio del yogur estilo griego.

**Análisis sensorial de preferencia.** Para el análisis de preferencia se realizó entre los tratamiento con 0.5 y 2% de grasa con 0.9% ATECAL, los cuales presentaron la

evaluaciones más altas en el análisis sensorial (Figura 2). Para una evaluación sensorial con 120 personas para los cual un tratamiento debió de ser preferido mínimo con 71 personas (Meilgaard *et al.* 1999), en el análisis preferencial el tratamiento que tuvo mayor preferencia fue el tratamiento con 2% de grasa y 0.9 % ATECAL (Cuadro 18) por lo cual si existió diferencia significativa por el tratamiento.

**Cuadro 18.** Análisis sensorial de preferencia del yogur estilo griego.

Tratamiento	Personas	Mínimo Requerido <sup>ψ</sup>
0.5% Grasa x 0.9 ATECAL	43	71
2.0% Grasa x 0.9 ATECAL	77	71
Total	120	

<sup>ψ</sup> Número mínimo de personas que deben de preferir un tratamiento (n=120; α=0.05)

**Interacciones de los factores para las propiedades físico-químicas.** El factor grasa (Cuadro 19) tuvo influencia significativa para todas las variables color (valor L\*a\* b\*), ATECAL, textura (dureza), purga y porcentaje de grasa. Mientras que el factor acidez tuvo influencia significativa para las variables de luminosidad, ATECAL, purga y porcentaje de grasa. Por otro lado el factor día tuvo influencia significativa sobre las variables de luminosidad, valor b\*, ATECAL, textura y purga. Finalmente hubo interacción de los tres factores grasa\*acidez\*día entre las variables de color (valor L\*a\*b\*), ATECAL, textura y purga.

**Interacciones de los factores sensoriales.** El factor grasa tuvo influencia sobre las variables sensoriales de sabor, acidez, viscosidad y aceptación (Cuadro 20). Por otro lado el factor acidez tuvo influencia sobre las propiedades de apariencia, sabor, aroma, viscosidad y aceptación. Además el factor de día tuvo influencia sobre las variables de acidez, sabor y aceptación. Finalmente hubo interacción entre los factores grasa\*acidez\*día sobre las variable sensorial de apariencia.

**Cuadro 19.** Resumen de las significancia estadística para las propiedades físico-químicas del yogur estilo griego y sus interacciones.

Factores	Variables Físico-químicas						
	Valor L*	Valor a*	Valor b*	ATECAL	Textura	Purga	%Grasa
Grasa	0.0298	<.0001	<.0001	<.0001	0.0139	0.0099	<.0001
Acidez	0.0232	0.1801 <sup>φ</sup>	0.8349	<.0001	0.8452	<.0001	0.0332
Día	<.0001	0.0856	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.9829
Grasa*Acidez*Día	0.0312	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.9975

<sup>φ</sup>Probabilidades<0.05 tienen diferencias estadísticas.

**Cuadro 20.** Resumen de las significancia estadística de los factores sensoriales del yogur estilo griego y sus interacciones.

Factores	Variable sensoriales					
	Apariencia	Acidez	Sabor	Aroma	Viscosidad	Aceptación
Grasa	0.1188 <sup>φ</sup>	0.0031	0.0019	0.2790	0.0546	0.0023
Acidez	<.0001	0.2266	0.0002	<.0001	<.0001	0.0006
Día	0.3232	0.0288	0.0116	0.2495	0.3971	0.0204
Grasa*Acidez*Día	0.0030	0.3694	0.3520	0.4331	0.1599	0.1564

<sup>φ</sup>Probabilidades<0.05 tienen diferencias estadísticas.

Se puede observar la comparación en el Cuadro 26 entre la grasa y proteína de un yogur natural regular y el tratamiento con mayor preferencia del yogur estilo griego, en el cual se observa que contiene dos veces más proteína que el yogur regular normal.

**Cuadro 21.** Comparación del yogur estilo griego versus un yogur natural regular.

Composición	Yogur natural	Yogur estilo griego
Grasa	2.5 %	2.51 %
Proteína	4 g	11.88 g

**Análisis de costos variables.** En el cuadro 27 se presentan los costos de insumos y materias primas, sin incluir el costo de mano de obra, servicios públicos (agua y energía eléctrica), para elaborar el yogur estilo griego. Se emplearon 10 kg de leche para la elaboración de cada tratamiento. Los precios empleados fueron actualizados para el análisis hasta septiembre de 2013. Los costos fueron de fueron mayores en el yogur con leche semi descremada con un costo variable de 15.33 dólares para un envase de 450 g.

**Cuadro 22.** Análisis de costos variables del yogur estilo griego.

Ingrediente	Precio (\$)	Unidad	Cantidad	Total (\$)
Leche 0.5%	0.37	kg	10.00	3.71 <sup>3</sup>
Leche 2%	0.42	kg	10.00	4.40
Leche Descremada en polvo	3.68	kg	0.78	2.87
Azúcar	0.69	kg	0.18	0.13
Cultivo Láctico	15.42	paquete	0.30	4.63
Estabilizador	10.45	kg	0.18	1.88
Sorbato de Potasio	7.35	kg	0.13	0.96
Costo total de materia prima <sup>1</sup>				14.17
Costo total de materia prima <sup>2</sup>				14.66
Costo del empaque				
Envase de poliestireno 450 g	0.11	Unidad	4.00	0.42
Tapa del envase	0.06	Unidad	4.00	0.22
Sello termoencogible PVdC	0.01	Unidad	4.00	0.03
Costo total del empaque				0.67
Total <sup>1</sup>				14.84
Total <sup>2</sup>				15.33
Costo de venta unitario <sup>1</sup>				3.71
Costo de venta unitario <sup>2</sup>				3.83

1: Costo total del yogur estilo griego con leche descremada (0.5%)

2: Costo total del yogur estilo griego con leche semi-descremada (2%).

3: <sup>3</sup>: (\$) dólares.

#### **4. CONCLUSIONES**

- El proceso de elaboración produjo yogur estilo griego que cumplen con el contenido de proteína establecido por el Codex Alimentarius para ser nombrado yogur estilo griego.
- El porcentaje de grasa de la leche afectó el color del yogur haciéndolo más amarillo y más aceptado por los panelistas; el porcentaje de acidez aumento el rendimiento y la viscosidad del yogur estilo griego.
- Los panelistas prefirieron los tratamientos con mayor porcentaje de grasa y menor nivel de acidez en el yogur estilo griego, color más claro.
- La elaboración del yogur estilo griego presentó mayor costo en el yogur elaborado con leche semi-descremada.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar los análisis de vitaminas y minerales para conocer la composición nutricional del yogur estilo griego.
- Evaluar el rendimiento del producto empleando diferentes cultivos lácticos especiales para yogur griego disponibles en el mercado.
- Determinar las características físico-químicas y sensoriales del yogur aplicando presión durante la filtración.
- Realizar un análisis sensorial con panelistas consumidores de yogur, además de compararlo con productos de marcas comerciales existentes en el mercado.
- Determinar pruebas con menos tiempo de filtrado para evaluar la textura del yogur estilo griego.



## 6. LITERATURA CITADA

Abu-Jdayil, B., R.Y. Jumah, y R.R. Shaker. 2002. Rheological properties of a concentrated fermented product, labneh, produced from bovine milk: effect of production method. *International Journal of Food Properties*. 5(3):667-680.

Al-Kadamany, E., I. Toufeili, M. Khattar, Y. Abou-Jawdeh, S. Harakeh, y T. Haddad. 2002. Determination of shelf life of concentrated yogurt (labneh) produced by in-bag straining of set yogurt using hazard analysis. *Journal of Dairy Science* 85(5):1023-1030.

AOAC. Horwitz, W. 2011. *Official methods of Analysis of AOAC International*, 18<sup>th</sup> edition, AOAC International, Maryland, Estados Unidos.

Benzech, T., y J.F. Maingonat. 1994. Characterization of the rheological properties of yogurt . *In Journal of Food Engineering*, 21(4):447-472.

Código Regulaciones Federales (CFR). 2013. Título 131 Leche y Crema. Sección 131.203. Yogur bajo en grasa. Departamento de Salud y servicios humanos. Washington, D.C., Estados Unidos. (En Línea). Consultado el 10 de julio 2013. Disponible en <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=131.203>

Código Regulaciones Federales (CFR). 2013. Título 131 Leche y Crema. Sección 131.203 -206 Yogur sin grasa. Departamento de Salud y servicios humanos. Washington, D.C., Estados Unidos. (En Línea). Consultado el 10 de julio 2013. Disponible en <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=131.206>

Codex Alimentarius. 2011. *Leches y productos lácteos*. 2da Ed. Viale delle Terme di Caracalla, Roma, Italia. p 6.

Desai, N. 2012. *Sensory Properties and Drivers of Liking for Greek Style Yogurts*. Thesis M.Sc. North Carolina State University, United States. p 4.

Aly, A.A., Y. H. El-Samargy, E.O. Fayed y A. E. Hagrass. 1988. Properties of labneh-like product manufactured using *Enterococcus* starter cultures as novel dairy fermentation bacteria. *Journal Food Protection* 51:386–390.

Fennema, O. R. 1996. *Food Chemistry*. 3th ed. New York, New York, United States, Marcel Dekker, Inc. p 38-47, 56-78.

Flores Jara, J.A. 2012. Evaluación de dos cultivos lácticos comerciales y dos temperaturas de incubación del yogur semi sólido natural con edulcorante y bajo en grasa. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 33 p.

García, M, R. Quintero y A. López. 2002. Biotecnología alimentaria. Limusa. p. 163-177.

Guerra Hernandez, E. J., R.G. Estepa y I.R. Rivas. 1995. Analysis of diacetyl in yogurt by two new spectrophotometric and fluorometric methods. Food Chemistry. 53(3):315–319.

Hunter Lab. 2001. Principios Básicos de medida y percepción de color (En línea). Consultado 15 de julio 2013. Disponible en: <http://www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf>

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

Mahdian, E. y M. M. Tehrani. 2007. Evaluation the effect of milk total solids on the relationship between growth and activity of starter cultures and quality of concentrated yoghurt. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science. 2(5):587-592.

Maldonado, L. 2009. Evaluación de la temperatura de pasteurización y acidez final en la estabilidad de calcio y vitamina D en yogur de fresa. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p 18-.

Meilgaard, M.; G. Civille y G. Carr. 1999. Sensory Evaluations Techniques. 3 ed. Florida, USA. CRC Press. 464 p.

Melo, G. y G. Ferrera. 2010. Efecto del porcentaje de grasa y acidez final en las características físico-químicas y sensoriales del queso de yogur (*labneh*). Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 41 p.

Mistry, V. V. y H. N. Hassan. 1992. Manufacture of nonfat yogurt from a high milk protein powder. Journal of Dairy Science. 75(4):947-957.

Nilsson, D. 2008. Metabolically engineered lactic acid bacteria and their use. Estados Unidos. Patente número 7,465,575 B2

Norma oficial mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

Nsabimana, C., B. Jiang, y R. Kossah. (2005). Manufacturing, properties and shelf life of labneh: a review. International Journal of Dairy Technology, 58(3):129-137.

- Özer, B. 2006. Production of concentrated products *In* Tamime, A. Y. Fermented milks. Ames, Iowa, United States. p.128-155
- Robinson, R. K. 2002. Yoghurt types and manufacture. *In* Encyclopedia of Dairy Sciences, Burlington, North Carolina, United States. p. 1055-1058.
- Rodríguez Gómez, J.M. 2010. Consecuencias higiénicas de la alteración de los alimentos. Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos, Universidad Complutense de Madrid. p 60.
- Routray, W. y N.H. Mishra. 2011. Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 10(4): 208 – 220.
- Salji, J. P. 1991. Concentrated yogurt: a challenge to our food industry. Food Science and Technology Today, 5:18-19.
- Salvador, A. y S. M. Fiszman. 2004. Textural and sensory characteristics of whole and skimmed flavored set-type yogurt during long storage. Journal of Dairy Science, 87(12), 4033-4041.
- Sodini, I. y P.S. Tong. 2006. Milk and milk-based dairy ingredients. *In* Manufacturing Yogurt and Fermented Milks. ed 10. Ames, Iowa, United States, Blackwell Publishing. p 167 –178.
- Tamime, A. Y. y R. K. Robinson. 1999. Yoghurt Science and Technology. 2nd ed. Boca Raton, Florida, United States, CRC Press. 495 p.
- Tobar Piñón, M.G. y M.A. Herrera Palencia. 2012. Efecto de dos cultivos lácticos, cuajo y estabilizador en las propiedades nutricionales, físico-químicas y sensoriales del queso de yogur (labneh). Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 47 p.
- Yamani, M. I. y M. M. Abu-Jaber. 1994. Yeast flora of labneh produced by in-bag straining of cow milk set yogurt. Journal Dairy Science 77:3558–3564.
- 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.
- Zayan, A. F., A. M. Hassanein y W. A. Ragab. 2010. Effect of partial substitution of milk solids with whey protein concentrate powder in “labneh” made by ultrafiltration. Journal of Food and Dairy Science, 1(12):757-763.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis sensorial exploratorio.



### Anexo 2. Análisis de color de los tratamientos del yogur estilo griego.



Anexo 3. Tabla de referencia para la prueba sensorial de preferencia

TABLE T10. Duo-Trio or One-Sided Directional Difference Test

371

*Meilgaard et al. (1999)*

TABLE T10  
Critical Number of Correct Responses in a Duo-Trio or One-Sided Directional Difference Test  
(Entries are  $x_{\alpha,n}$ )

Entries are the minimum number of correct responses required for significance at the stated  $\alpha$ -level (i.e., column) for the corresponding number of respondents,  $n$  (i.e., row). Reject the assumption of "no difference" if the number of correct responses is greater than or equal to the tabled value.

n	$\alpha$							n	$\alpha$						
	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001		0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
2	2	2	—	—	—	—	—	31	17	18	19	20	21	23	25
3	3	3	3	—	—	—	—	32	18	18	19	21	22	24	26
4	3	4	4	4	—	—	—	33	18	19	20	21	22	24	26
5	4	4	4	5	5	—	—	34	19	20	20	22	23	25	27
6	4	5	5	6	6	—	—	35	19	20	21	22	23	25	27
7	5	5	6	6	7	7	—	36	20	21	22	23	24	26	28
8	5	6	6	7	7	8	—	40	22	23	24	25	26	28	31
9	6	6	7	7	8	9	—	44	24	25	26	27	28	31	33
10	6	7	7	8	9	10	10	48	26	27	28	29	31	33	36
11	7	7	8	9	9	10	11	52	28	29	30	32	33	35	38
12	7	8	8	9	10	11	12	56	30	31	32	34	35	38	40
13	8	8	9	10	10	12	13	60	32	33	34	36	37	40	43
14	8	9	10	10	11	12	13	64	34	35	36	38	40	42	45
15	9	10	10	11	12	13	14	68	36	37	38	40	42	45	48
16	10	10	11	12	12	14	15	72	38	39	41	42	44	47	50
17	10	11	11	12	13	14	16	76	40	41	43	45	46	49	52
18	11	11	12	13	13	15	16	80	42	43	45	47	48	51	55
19	11	12	12	13	14	15	17	84	44	45	47	49	51	54	57
20	12	12	13	14	15	16	18	88	46	47	49	51	53	56	59
21	12	13	13	14	15	17	18	92	48	50	51	53	55	58	62
22	13	13	14	15	16	17	19	96	50	52	53	55	57	60	64
23	13	14	15	16	16	18	20	100	52	54	55	57	59	63	66
24	14	14	15	16	17	19	20	104	54	56	57	60	61	65	69
25	14	15	16	17	18	19	21	108	56	58	59	62	64	67	71
26	15	15	16	17	18	20	22	112	58	60	61	64	66	69	73
27	15	16	17	18	19	20	22	116	60	62	64	66	68	71	76
28	16	16	17	18	19	21	23	122	63	65	67	69	71	75	79
29	16	17	18	19	20	22	24	128	66	68	70	72	74	78	82
30	17	17	18	20	20	22	24	134	69	71	73	75	78	81	86
								140	72	74	76	79	81	85	89

Note: For values of  $n$  not in the table, compute  $z = (k - 0.5n) / \sqrt{0.25n}$ , where  $k$  is the number of correct responses. Compare the value of  $z$  to the  $\alpha$ -critical value of a standard normal variable, i.e., the values in the last row of Table T3 ( $\alpha = 1_{\alpha}$ ).

## Anexo 4. Hoja de evaluación sensorial yogur estilo griego.

### HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGUR ESTILO GRIEGO

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Nacionalidad: \_\_\_\_\_

Consumidor de Yogur. Sí \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Instrucciones:

- Se le presentará 3 muestras de yogur estilo Griego, una galleta de soda y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con agua y galleta antes y después de cada muestra.
- Marque con una "X", según su calificación de acuerdo a los atributos: sabor, olor, textura, apariencia, acidez y aceptación general.

Muestra \_\_\_\_\_

	Me desagrada extremadamente	Me desagrada mucho	Me desagrada moderadamente	Me desagrada poco	Ni me agrada ni me desagrada (neutro)	Me agrada poco	Me agrada moderadamente	Me agrada mucho	Me agrada extremadamente
ATRIBUTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Olor									
Viscosidad									
Sabor									
Acidez									
Aceptación General									

Muestra \_\_\_\_\_

	Me desagrada extremadamente	Me desagrada mucho	Me desagrada moderadamente	Me desagrada poco	Ni me agrada ni me desagrada (neutro)	Me agrada poco	Me agrada moderadamente	Me agrada mucho	Me agrada extremadamente
ATRIBUTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Olor									
Viscosidad									
Sabor									
Acidez									
Aceptación General									