

**Efecto del porcentaje de grasa y acidez final  
en las propiedades físico-químicas y  
sensoriales del queso de yogur (*labneh*)**

**Grace Rocío Melo Guerrero  
Gibson Alejandro Ferrera Palma**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Efecto del porcentaje de grasa y acidez final en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso de yogur (*labneh*)**

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

Presentado por:

**Grace Rocío Melo Guerrero  
Gibson Alejandro Ferrera Palma**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# **Efecto del porcentaje de grasa y acidez final en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso de yogur (*labneh*)**

Presentado por:

Gibson Alejandro Ferrera Palma  
Grace Rocío Melo Guerrero

**Aprobado:**

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor principal

---

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

---

Jorge Cardona, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

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

## RESUMEN

Melo, G. y Ferrera, G. 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.

El queso de yogur (*labneh*) resulta de la concentración de las proteínas a causa de la fermentación láctica, como consecuencia se obtiene un producto funcional de consistencia suave y alta acidez. El objetivo general de este estudio fue determinar el efecto del porcentaje de grasa de la leche y acidez final en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso de yogur. Se utilizó un BCA con arreglo 3x2 factorial y medidas repetidas en el tiempo (días 0 y 16), donde se evaluaron dos niveles de acidez final (1.4 y 1.6% ATECAL) y tres niveles de grasa (0.5, 1.5 y 2.5%); seis tratamientos y tres repeticiones para un total de 36 unidades experimentales. Se realizó también conteos microbiológicos y un análisis sensorial exploratorio con 12 panelistas para los atributos de apariencia, aroma, acidez, textura, sabor y aceptación general, los cuales fueron relacionados con análisis físico-químicos. Finalmente se realizó un análisis de preferencia con 100 personas entre los dos tratamientos más aceptados seguido de un análisis de costos. El tratamiento con 0.5% Grasa y 1.6% ATECAL presentó las calificaciones más altas en la evaluación sensorial y de preferencia ( $P < 0.05$ ). La aceptación fue influenciada por el color claro, alta acidez y alto porcentaje de grasa. Mayor grasa se debió a un mayor desuerado a causa de una alta acidez. El aumento de acidez causó disminución en la viscosidad del producto con el tiempo. Se recomienda el tratamiento elaborado con 0.5% Grasa en la leche y 1.6% ATECAL a un precio de \$ 1.60 para una presentación de 230 g.

**Palabras clave:** coagulación ácida, cultivo de yogur, leche fermentada concentrada, yogur concentrado.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y anexos .....	v
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>6</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>10</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>33</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Propiedades químicas de algunos quesos frescos.....	3
2. Clasificación de las leches fermentadas de acuerdo con el tipo de su flora dominante. ....	4
3. Tratamientos evaluados por cada bloque .....	9
4. Rendimiento del queso de yogur con leche homogenizada y no homogenizada. ....	10
5. Análisis de preferencia .....	10
6. Análisis del atributo Apariencia con el tiempo en el queso de yogur. ....	12
7. Análisis del atributo Aroma con el tiempo en el queso de yogur.....	13
8. Análisis del atributo Acidez con el tiempo en el queso de yogur. ....	14
9. Análisis del atributo Textura con el tiempo en el queso de yogur. ....	14
10. Análisis del atributo Sabor con el tiempo en el queso de yogur. ....	15
11. Análisis de la Aceptación General con el tiempo.....	16
12. Análisis de color del queso de yogur.....	18
13. Análisis de la viscosidad aparente con el tiempo. ....	19
14. Análisis de ATECAL (acidez titulable) con el tiempo en el queso de yogur.....	20
15. Análisis del pH con el tiempo en el queso de yogur. ....	20
16. Cambios en la actividad de agua durante la vida de anaquel. ....	21
17. Análisis de grasa.....	22
18. Correlación de Pearson entre las variables analizadas en el queso de yogur. ....	23
19. Probabilidad de los factores para las variables físico-químicas y sensoriales en el queso de yogur al día 0. ....	24
20. Probabilidad de los factores variables físico-químicas y sensoriales en el queso de yogur al día 16. ....	24
21. Efecto del factor grasa sobre las variables sensoriales.....	25
22. Efecto del factor ATECAL sobre las variables sensoriales.....	25
23. Efecto del factor grasa sobre las variables físico-químicas.....	26
24. Efecto del factor ATECAL sobre las variables físico-químicas. ....	26
25. Análisis de preferencia de los dos mejores tratamientos del queso de yogur. ....	27
26. Conteo de coliformes totales en el queso de yogur ( <i>labneh</i> ) con el tiempo.....	28
27. Conteo de aerobios totales en el queso de yogur ( <i>labneh</i> ). ....	29
28. Rendimiento de los tratamientos del queso de yogur.....	29
29. Costos variables del queso de yogur. ....	30
30. Costos variables por cada tratamiento del queso de yogur empacado. ....	30

Figura	Página
1. Flujo de proceso del cultivo madre de yogur. ....	7
2. Flujo de proceso del queso de yogur. ....	11
3. Resumen análisis sensorial exploratorio para los diferentes atributos del queso de yogur al día 16. ....	17
4. Relación entre el porcentaje de grasa y ATECAL del queso de yogur. ....	22
5. Composición química del queso de yogur al 0.5% de grasa en la estandarización de la leche y 1.6% ATECAL. ....	28

Anexo	Página
1. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de aceptación. ....	36
2. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de preferencia ....	37
3. Diagrama de proceso enfoque en el producto <i>labneh</i> 1.4% ATECAL. ....	38
4. Diagrama de proceso enfoque en el producto <i>labneh</i> 1.6% ATECAL. ....	39
5. Fotografías de los tratamientos de izquierda a derecha 1, 3, 5 (arriba) y 2, 4, 6 (abajo) al día 21. ....	40
6. Etiqueta del producto terminado. ....	41

## 1. INTRODUCCION

Según García et al. (2002), la fermentación de la leche para la elaboración de diversos productos es una práctica antigua, siendo la primera técnica establecida para la preservación de la leche. Durante estas fermentaciones se acumulan metabolitos como ácido láctico, etanol y otros que conservan la leche e imparten características organolépticas distintivas.

Según el Codex Alimentario (2003), la leche fermentada concentrada es un lácteo cuya proteína ha sido aumentada antes o luego de la fermentación a un mínimo del 5.6%. Las leches fermentadas concentradas incluyen productos tradicionales tales como *Stragisto* (yogur colado), *Labneh*, *Ymer* e *Ylette*.

Existe un pequeño mercado creciente de alimentos étnicos en Estados Unidos, ahora los consumidores demandan intensos y auténticos sabores, encontrados sobre todo en la cocina asiática. El desarrollo de este tipo de productos brinda la oportunidad a las empresas de diferenciarse de sus competidores (Nachay 2010).

El *labneh* también conocido como yogur filtrado o concentrado es un ingrediente popular en la cocina árabe, usada en la preparación de aperitivos o para elaborar recetas tradicionales (WorldLingo 2010). La compañía KAROUN la más importante en el medio oriente, introdujo el producto al mercado en 1952, marca que ahora se ha extendido en el mercado norteamericano.

Su importancia económica ha incrementado con los años y esto se ha debido a los beneficios nutricionales percibidos, los cuales son similares o mejores que los del yogur. Varias vitaminas del complejo B ( $\mu\text{g}$  en 100 g): niacina (93.2-184), biotina (1.3-2.6), piridoxina (23.5-36.1), cobalamina (0.21-0.29) y ácido fólico (3.7-5.2) fueron reportadas por Nsabimana et al. (2005). Beneficios terapéuticos en leches fermentadas como actividad antimicrobiana que evita las infecciones gastrointestinales, efectos anticancerígenos, reducción del colesterol y estimulación del sistema inmune fueron encontrados por Chandan et al. (2006).

En la actualidad en América Latina no se han realizado estudios sobre la elaboración industrial de leches fermentadas tradicionales del medio oriente con este tipo de características. Sin embargo en México la comunidad libanesa prepara *labneh* a nivel casero, aunque existe también una producción a pequeña escala de un producto similar llamado jocoque árabe (Villegas 2004); que se elabora aplicando el escurrido en sacos de tela pero esto es un proceso muy laborioso y además representa una fuente de contaminación microbiana (García et al. 2002).

La elaboración industrial del queso de yogur (*labneh*) se realiza por la concentración del cuajo a través de filtración, mediante separación del suero con separadores de diseños especiales, por centrifugación, por ultrafiltración o por osmosis reversa de la leche antes o después de la fermentación (García et al. 2002).

Actualmente, las ganancias en la Planta de Lácteos de Zamorano se centran en la leche fluida y los quesos frescos, productos comunes que están en un mercado competitivo. La planta de lácteos necesita un producto innovador rentable que la posicione en el mercado hondureño. El *labneh* podría llegar a ser un producto nutritivo popular, debido a su alto contenido proteico (2.5X), mineral (1.5X) y un número viable de cultivo láctico mayor en comparación al yogur, conociendo que la composición del yogur entero es de 3.4% de grasa, 3.9% de proteína, 4.9% de carbohidratos y 145 mg de calcio en 100 g según Tamime y Robinson (1999). Además es más recomendable para lactointolerantes que otros productos lácteos por su bajo contenido en lactosa (Nsabimana et al. 2005).

La planta no cuenta en su cartera de negocios con productos funcionales de este tipo. Se lo puede considerar como un tipo de queso bajo en grasa si lo comparamos con la mayoría de quesos que produce la planta; con contenidos de grasa mayores al 15% (Revilla 2009), esto es importante para satisfacer la actual demanda de productos beneficiosos para la salud.

Debido a su contenido de humedad el queso de yogur (*labneh*) genera un rendimiento mayor al 20%, lo cual supera a los quesos elaborados en la planta, a excepción del Queso Zamodelphia®. Su alto rendimiento, valor nutricional, sabor y textura diferente, lo convierten en un producto de alto potencial para la Planta de Lácteos de Zamorano.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Como el *labneh* es un producto poco conocido, la planta de lácteos no cuenta con información sobre el proceso de elaboración. Además como es un producto nuevo en el mercado hondureño es necesario evaluar la aceptación y las características deseables que los potenciales consumidores estarían buscando en el producto. Adicionalmente no existen estudios que evalúen los efectos de la interacción de dos factores (la grasa de la leche y acidez titulable) en las características sensoriales, físicas y químicas del queso de yogur elaborado con leche de vaca.

La importancia de nuestro estudio radica en aportar a la Planta de Lácteos la formulación y el flujo de proceso adecuado para la elaboración del queso de yogur, con el fin de generar un producto nuevo de alta calidad que se pueda comercializar en Honduras y esté dirigido especialmente a consumidores preocupados por su salud que buscan productos funcionales. Con este fin se evaluó el efecto del porcentaje de grasa de la leche y la acidez final en las características físico-químicas y sensoriales del queso de yogur. Además se realizó un análisis económico para evaluar la factibilidad de producirlo industrialmente en la planta.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 QUESO

Para elaborar queso se coagula la caseína de la leche, a través de fermentación láctica, por adición de cuajo, (quimosina o renina que son enzimas proteolíticas) o con una combinación de ambos métodos. El gel obtenido presenta una fuerte sinéresis (>90% de su masa) (Romero 2004). El Cuadro 1 resume la composición promedio y el pH de algunos quesos frescos.

Cuadro 1. Propiedades químicas de algunos quesos frescos.

Queso	Extracto seco%	Grasa%	Proteína%	Sal%	Cenizas%	pH
Blanco	49	15	22.9	3.0	5.4	5.3
Cottage	21	4.2	14.0	1.0	1.0	5.0
Crema	50	33.5	10.0	0.8	1.3	4.6
Requesón magro	21	0.2	15.0	0.7	1.0	4.5
Mozzarella	46	18	22.1	0.7	2.3	5.2

Fuente: González (2002).

Según Hill (2010), algunos factores que interfieren en el rendimiento de los quesos en general son: la composición de la leche (grasa y proteína principalmente), los sólidos que se pierden en el desuerado, sal adicionada, porcentaje de humedad y técnica de procesamiento. En la planta de lácteos Zamorano el rendimiento varía entre 10 y 17% dependiendo del tipo de queso elaborado (Ruiz 2006), el Queso Zamodelfia® tiene el rendimiento más alto (>29%) (Moreno 2009).

### 2.2 LECHES FERMENTADAS

Los productos de leche fermentada se originaron en el medio oriente y sur de Asia, lugares con clima subtropical y temperaturas máximas de 40°C, que promueven las condiciones ideales para el crecimiento de bacterias ácido lácticas (BAL). Se considera leche fermentada toda leche en la que ha sido transformada la lactosa en ácido láctico por acción de BAL, que además generan compuestos como acetaldehído, diacetilo y acetoina que aportan aroma y sabor (Romero 2004).

De acuerdo a García et al. (2002), existen una amplia variedad de leches fermentadas en las que interviene un gran número de especies de bacterias lácticas y algunas levaduras.

Cuadro 2. Clasificación de las leches fermentadas de acuerdo al tipo de flora dominante.

Grupo	Tipo de flora	Características	Productos
I	<i>Lactococcus</i> y en algunas leches <i>Leuconostoc</i> (bacterias mesófilas)	Acidez baja o moderada	Jocoque, Butter milk, leches escandinavas.
II	<i>Lactobacillus</i>	Acidez moderada o alta	Leche “búlgara”, Leche acidófila, Yakult.
III	<i>Lactobacillus</i> y <i>Streptococcus</i> (bacterias termófilas)	Acidez moderada o alta	Yogur, Dahi, <i>Labneh</i> , Bioghurt, Prostokvasha, Brano, Gioddu.
IV	Bacterias lácticas y levaduras	Acidez y Alcohol	Kefir, Kourmiss, “Búlgaros”

Fuente: García et al. (2002).

### 2.2.1 Yogur

Según Yuste (2008), yogur es el producto obtenido de la fermentación ácido láctica a través de la acción de *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* de leche (fluida o concentrada), con o sin agregados opcionales (leche entera o descremada en polvo y suero en polvo). Los microorganismos en el producto final deben ser viables y abundantes, al menos  $10^7$  colonias por gramo o mililitro.

La cantidad de ácido láctico no debe ser inferior a 0.7%. El pH óptimo de desarrollo del *S. thermophilus* es de 6.8 y del *L. bulgaricus* es 6.0; los primeros generan una acidez entre 0.7 a 0.8% ácido láctico, mientras que los últimos pueden generar hasta 1.7% (Romero 2004).

### 2.2.2 Estudios realizados en el *Labneh* o yogur concentrado

La palabra *labneh* viene derivado del término *laban* que significa blanco o leche. En Egipto, este producto es obtenido del yogur luego de dejarlo (12 a 24 horas) colgado en mantas para remover el suero y lograr una consistencia semisólida (Abou-Donia 2008).

Este producto lácteo fermentado genera un crecimiento alto de las bacterias ácidos lácticas en la leche; esta fermentación da como resultado un líquido suave y viscoso, o un gel suave de textura firme, uniforme, con baja sinéresis y de sabor característico. Por esta razón el *labneh* es conocido también como yogur concentrado en la industria láctea o como queso de yogur. Según previos estudios realizados por Tamime y Robinson (1999), el producto consta de 23.9 a 27% de sólidos totales (ST), 7 a 10% de grasa, 0.5% de sal, 17.4 % de sólidos no grasos, 8.16% de proteína y 4.17 de pH. En otros estudios el *labneh* más aceptable tuvo un nivel de 22 a 30% ST y 1.6 a 1.7% de ácido láctico. La materia prima óptima para el proceso fue el yogur natural de 18% ST (Tamime y Robinson 1978).

Los principios de elaboración son idénticos a los de fabricación de la cuajada con la diferencia de que en el queso de yogur se utiliza cultivo iniciador. Para preservarlo durante más tiempo se deja secar en forma de bolas de tres a cuatro centímetros de diámetro que se sumergen en un recipiente de vidrio con abundante aceite de oliva. La consistencia cremosa y forma redondeada (bolas) del queso de yogur se debe a su

porcentaje de sólidos totales, estas bolas una vez sumergidas en aceite se pueden mantener íntegras bajo condiciones ambientales hasta 1 año (Nsabimana et al. 2005).

La estabilidad en la vida de anaquel de este producto se debe a dos factores básicamente: bajo pH y contenido de sal. Aunque la sobre acidificación, como resultado de una actividad prolongada del cultivo láctico, podría resultar en la pérdida de la calidad sensorial; la aparición de levaduras y mohos es la principal causa de deterioro (Turkan et al. 1999). La actividad de agua no constituye una barrera (0.85) para las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Sin embargo se puede suspender las bolas en aceite de oliva promoviendo las condiciones anaeróbicas que previenen el crecimiento de levaduras en la superficie y la sobre acidificación. El efecto inhibitorio de bajo pH (3.8), baja  $a_w$  y la sal en la actividad del cultivo láctico también previenen la sobre acidificación (Turkan et al. 1999).

Debido a la alta acidez las bacterias patógenas no son problema en la vida de anaquel. Según Gohil et al. (1996), el conteo de *E. coli* y *Salmonella* decreció después de su inoculación en una muestra de *labneh* hasta niveles indetectables. Se observó un comportamiento similar para el caso de *Listeria monocitogenes*, la cual disminuyó significativamente a las 24 horas.

La vida útil sin sorbato de potasio como preservante es alrededor de 7 días; debido a su alta acidez  $pH < 4.6$ , los problemas que se pueden presentar durante el almacenamiento son básicamente mohos ya que las bacterias patógenas y putrefactoras no se expresan bajo estas condiciones (Nsabimana et al. 2005). El *labneh* sin preservante tiene una vida útil corta en comparación a otros productos lácteos como queso fresco, yogur y crema ácida que mantenidos en refrigeración duran 30 días (Revilla 2009).

Yeganehzad (2007), reportó que el incremento en la concentración de sólidos del yogur aumentó la acidez y dureza del yogur y redujo el pH y la sinéresis. Además mejoró el crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus* así como de *Lactobacillus acidophilus* (probiótico). La disminución de pH no fue significativa al día 14, pero sí al día 21, con valores de pH iniciales en un rango de 3.93 a 4.21.

Sus propiedades reológicas dependen del nivel de proteína en la leche y la técnica usada para incrementar los ST, mientras que sus propiedades sensoriales son influenciadas por el cultivo láctico, fuente y composición de la leche y la técnica de procesamiento usada (Nsabimana et al. 2005). En un estudio que evaluó la intención de compra del *labneh* se encontró que fue dominada principalmente por las propiedades sensoriales, prefiriéndose el sabor del *labneh* con alto contenido de grasa. El precio, método de procesamiento y ausencia de preservantes fueron los últimos criterios a evaluar al momento de la compra (Haddad et al. 2007).

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Se realizó en tres lugares, la Planta de Lácteos de Zamorano para la elaboración de los seis tratamientos del queso de yogur, el Laboratorio de la Planta de Lácteos y el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ) para la evaluación de los tratamientos, los cuales están localizados en el Departamento de Francisco Morazán, 32 Km. al este de Tegucigalpa, Honduras.

### 3.2 MATERIALES

#### 3.2.1 Materia Prima

- Leche estandarizada al 0.5, 1.5 y 2.5% de grasa.
- Cultivo iniciador termófilo propagado. YC- 180 Chr. Hansen® Yo-Flex: *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis*.
- Sal refinada.
- Sorbato de potasio.

#### 3.2.2 Materiales y equipo

- Sistema de pasteurización HTST.
- Yogos con capacidad de 50 litros.
- Tina de baño maría.
- Agitador.
- Mantas de tela para desuerar.
- Envases de poliestireno de 230 g y sello termoencogible PVdC.
- Balanza de precisión. YP8100, Yamato®.
- Material de laboratorio para determinar acidez titulable: Pipeta de 9 ml. Solución de Fenolftaleína, solución de hidróxido de Sodio 0.1 N, recipiente blanco.
- Material de laboratorio para los análisis microbiológicos: Agua peptonada, platos petri, incubadora a 35 ° C, mecheros, termómetro, probeta graduada de 25ml, pipetas de 1 ml, medio selectivo de crecimiento VRBA.
- Materiales de laboratorio para los análisis físico-químicos del queso de yogur: Colorflex Hunter Lab®, Horno 105° C. Fisher Scientific®, Centrífuga 224. Garver®, Butirómetros, Aqualab. Series 3TE. Decagon.

### 3.3 PROCESO DE ELABORACION DEL CULTIVO MADRE DE YOGUR.

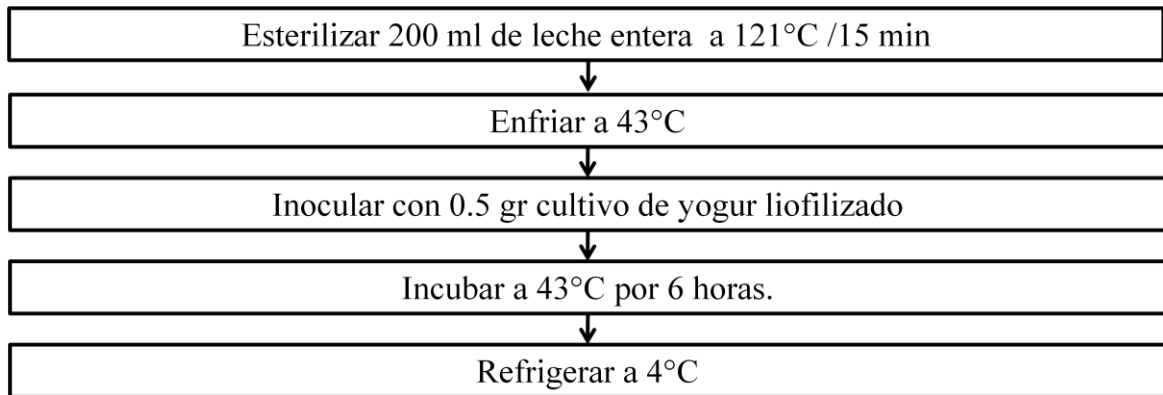


Figura 1. Flujo de proceso del cultivo madre de yogur.

### 3.4 PRUEBAS PRELIMINARES

Se realizaron pruebas para determinar el proceso inicial de la leche para la preparación del queso de yogur, específicamente si es necesaria una homogenización antes de la inoculación. Se realizó dos tratamientos uno con leche homogenizada (2500 PSI) y el otro con leche no homogenizada y se comparó el rendimiento y el grado de preferencia a través de un análisis de afectivo de preferencia con los 12 empleados de la planta. Los dos tratamientos fueron estandarizados al 1.5% de grasa y 1.6% ATECAL.

### 3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis de aceptación donde se utilizó un panel que no fue entrenado de 12 personas. Se evaluó las características de apariencia, aroma, acidez, textura, sabor y la aceptación general del producto. Se empleó una escala hedónica de 5 puntos siendo 1 la calificación sensorial más baja y 5 la más alta (Anexo 1).

Los datos obtenidos de las evaluaciones sensoriales fueron analizados a través de una separación de medias Tukey ( $P < 0.05$ ), siendo la media más baja el queso de yogur menos aceptado y la media más alta el más aceptado.

Los dos tratamientos más aceptados fueron evaluados en una prueba de preferencia (Anexo 2), la cual se realizó en el Puesto de Ventas con 100 personas para escoger el tratamiento más preferido. Se registró el número de personas que preferían cada tratamiento y se evaluó los resultados usando la tabla de pruebas de preferencia pareada de dos colas (Lawless y Heymann 1998).

### 3.6 ANÁLISIS FÍSICOS

Los análisis de color y viscosidad del queso se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Se usó el Colorflex de Hunterlab® para medir los valores de color de acuerdo a la posición que ocupan en los ejes L\*, a\* y b\*. El eje L\* indica la claridad y brillo en una escala de negro (0) a blanco (100). El eje a\* mide el espectro de luz visible comprendido del color verde (-60) al rojo (+60), mientras que el eje b\* mide el espectro comprendido del azul (-60) al amarillo (+60) (HunterLab 2001).

La viscosidad se analizó con el viscosímetro de Brookfield, usando los acoples no.6 y no.7, a una velocidad constante de 100 rpm. Se tomaron tres 3 repeticiones por cada medición a una temperatura promedio de  $16.8 \pm 2^\circ\text{C}$ .

### 3.7 ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis de  $a_w$ , humedad, cenizas y proteína se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Los análisis de ATECAL, pH y grasa en cambio fueron realizados en el Laboratorio de la Planta de Lácteos de Zamorano.

El pH fue medido en una escala de 1 a 14, siendo 1 ácido, 7 neutro y 14 alcalino. La actividad de agua se analizó en una escala de 0 a 1, siendo 1 el más alto nivel de  $a_w$ . Se realizó un análisis proximal al mejor tratamiento del análisis sensorial. A continuación se detallan los análisis realizados de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC.

- Acidez titulable (ATECAL): Titulación, AOAC 920.124.
- pH: potenciómetro, AOAC 969.38.
- Actividad de agua ( $a_w$ ): medidor Aqualab, AOAC 978.19.
- Grasa: método Babcock, AOAC 933.05.
- Proteína: método Kjeldahl, AOAC 920.123.
- Humedad: deshidratación en horno a  $105^\circ\text{C}$ , AOAC 926.08.
- Cenizas: incineración a  $580^\circ\text{C}$ , AOAC 935.42.

### 3.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico se efectuó en el laboratorio de la Planta de Lácteos de Zamorano, se realizaron conteos de coliformes totales en los días 0 y 16 para cada tratamiento por duplicado, usando Violet Red Bile Agar (VRBA) como medio selectivo de cultivo, empleándose la técnica de vertido para la siembra. La incubación de los muestras fue realizada a  $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24 horas.

También se realizó conteos de aerobios mesófilos totales para los dos mejores tratamientos con el fin de estimar la cantidad de bacterias ácido lácticas presentes en el producto. Las muestras fueron preparadas usando Plate count agar (PCA) como medio de cultivo, el método de vertido para la siembra y un periodo de incubación de 48 horas a  $35^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### 3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.9.1 Tratamientos evaluados

El estudio buscó establecer la mejor combinación de dos factores (grasa y ATECAL) y determinar si éstos influyen en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso de yogur (*labneh*), se evaluó entonces tres niveles de grasa en la estandarización de la leche (0.5, 1.5 y 2.5%) y dos niveles de ATECAL en el producto final (1.4 y 1.6%), para un total de seis tratamientos con tres repeticiones (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos evaluados por cada bloque.

%GRASA	%ATECAL	
	1.4	1.6
0.5	T1	T2
1.5	T3	T5
2.5	T4	T6

#### 3.9.2 Diseño experimental

Se evaluó tres niveles del factor grasa (0.5, 1.5 y 2.5%) y dos niveles de ATECAL (1.4 y 1.6%) en un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo al día 0 y 16, tomando en cuanto que la vida de anaquel del producto con sorbato de potasio ( $>0.04\%$ ) se puede extender más de 14 días (Nsabimana et al. 2005). Se realizaron 3 repeticiones para un total de 36 unidades experimentales.

Los resultados obtenidos del análisis de las características físico-químicas y sensoriales del queso de yogur al día 0 y 16 fueron evaluados con el programa “Statistical Analysis System” (SAS® Versión 9.1), usando la prueba de separación de medias Tukey y análisis de correlación de Pearson con una significancia de  $P < 0.05$ .

### 3.10 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó un análisis marginal para los seis tratamientos, tomando en cuenta los costos variables de producción y de empaque. Finalmente se determinó el precio final del tratamiento más rentable, agregando los costos fijos (25% de los costos totales) en el costo total y estableciendo un 100% como margen de rentabilidad.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 PRUEBA PRELIMINAR

Para determinar el proceso inicial de la leche, se realizó una prueba con dos tratamientos, uno con leche homogenizada a 2500 PSI y el segundo con leche no homogenizada (leche para quesos), obteniendo mayores rendimientos en el queso de yogur cuando la leche no fue homogenizada como se muestra en el Cuadro 4, esto es debido a que la homogenización divide los glóbulos grasos (10X), haciendo más difícil que se puedan amarrar a la proteína de la leche cuando ésta precipita, lo que provoca pérdida de grasa en la etapa de desuerado.

Cuadro 4. Rendimiento del queso de yogur con leche homogenizada y no homogenizada.

TRATAMIENTO	Rendimiento %
Leche no homogenizada	20
Leche homogenizada	18

En el análisis de preferencia con los 12 empleados de la planta se encontró que no hubo diferencias significativas (Cuadro 5). Los panelistas que prefirieron el tratamiento 1 comentaron que lo escogieron por su textura granular característica diferente a otros productos lácteos parecidos de la planta como el Queso Zamodelfia® o Queso Cabaña®. Por lo tanto se escogió el tratamiento con leche no homogenizada por su mayor rendimiento y por su mayor preferencia, a pesar de que no fue estadísticamente significativa. Además la homogenización es un paso innecesario extra que aumenta los costos de producción.

Cuadro 5. Análisis de preferencia.

TRATAMIENTO	Personas	Mínimo Requerido <sup>1</sup>
Trt 1 (Leche no homogenizada)	9	10
Trt 2 (Leche homogenizada)	3	10
Total	12	

<sup>1</sup> Número mínimo de panelistas que deben preferir un tratamiento. Tabla 13.1 (n=12 y  $\alpha=0.05$ ) (Lawless y Heymann 1998).

#### 4.2 PROCESO DE ELABORACIÓN OBTENIDO DEL QUESO DE YOGUR (LABNEH)

El flujo de proceso recomendado para la preparación del queso de yogur se indica en la Figura 1, el mismo que fue implementado para la elaboración de los seis tratamientos estudiados. La única variación fue el tiempo de incubación para alcanzar el ATECAL y el porcentaje de estandarización de la leche requerido para cada tratamiento. El tiempo de elaboración para preparar el queso de yogur fue de 18.53 h para los tratamientos con 1.4% de ATECAL y 19.53 h para los tratamientos con 1.6% ATECAL (Anexos 3 y 4).

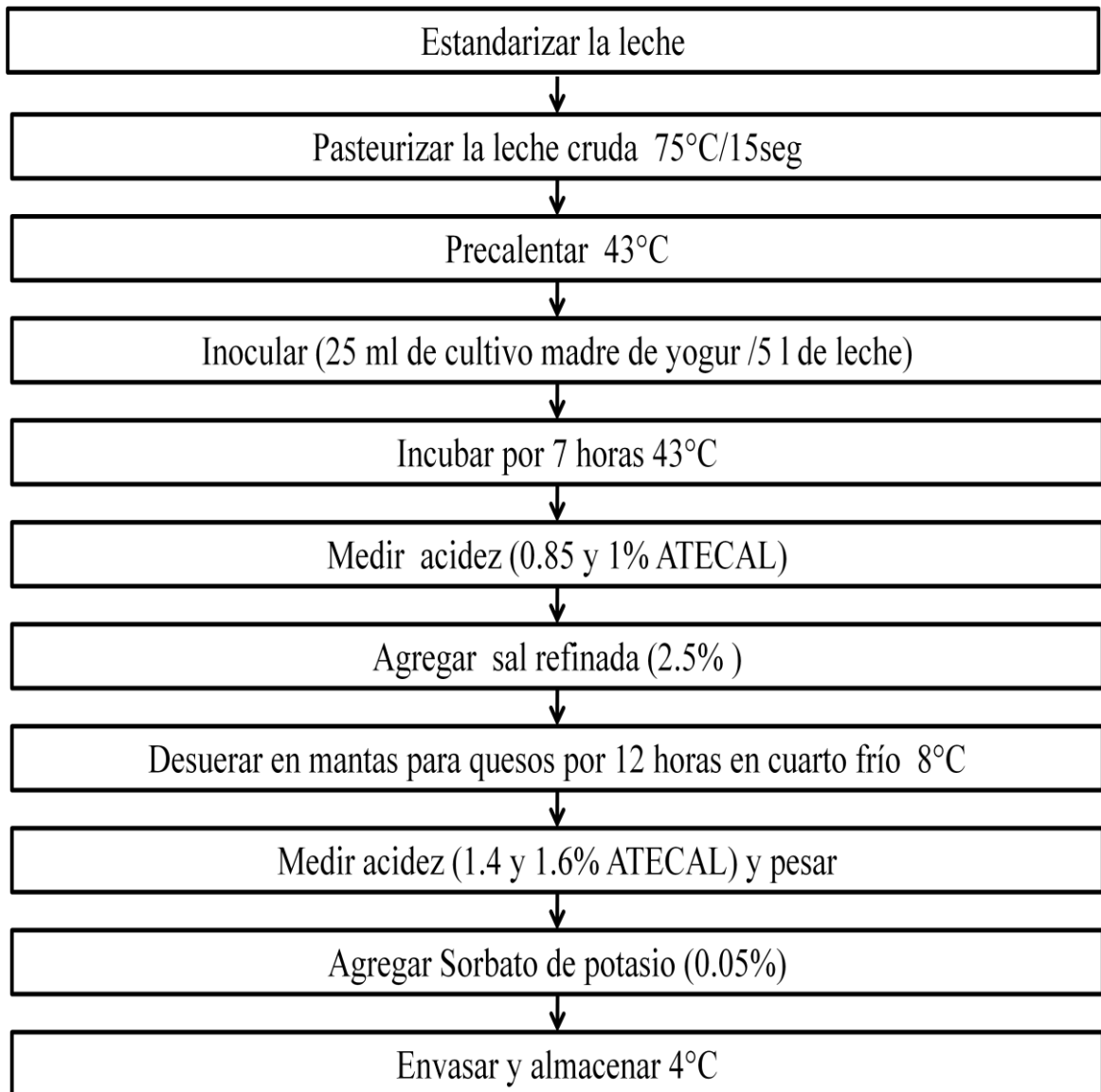


Figura 2. Flujo de proceso del queso de yogur.

### 4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL EXPLORATORIA

#### 4.3.1 Apariencia

El Cuadro 6 indica que los tratamientos con la mejor calificación de apariencia al día 0 fueron los tratamientos 4, 1, 2 y 6; mientras que los tratamientos 6, 2 y 1 fueron los mejor evaluados al día 16 ( $P<0.05$ ). Sin embargo aunque en los análisis físicos de color (Cuadro 12) no existió diferencias significativas, los panelistas pudieron detectar diferencias congruentes con las mediciones del colorflex, como se puede ver en el análisis de correlación (Cuadro 18), incrementos en la intensidad amarilla del *labneh* causaron disminuciones en las calificaciones del atributo apariencia.

La comparación de la calificación sensorial en el atributo apariencia con el tiempo indica que existió una disminución significativa al día 16 únicamente para el tratamiento 4 ( $P<0.05$ ). Debido a que los panelistas detectaron un aumento en la tonalidad amarilla con el tiempo según el análisis de color (Cuadro 12), y esto se atribuyó a los compuestos generados durante la fermentación los cuales cambian la coloración del queso de yogur.

Cuadro 6. Análisis del atributo Apariencia con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	APARIENCIA	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.86±0.96 <sup>a(x)</sup>	2.92±1.46 <sup>b(y)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	3.56±0.19 <sup>ab(x)</sup>	3.36±0.19 <sup>ab(x)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.53±1.05 <sup>ab(x)</sup>	3.47±1.05 <sup>ab(x)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.44±1.40 <sup>ab(x)</sup>	3.78±1.27 <sup>a(x)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.97±1.16 <sup>b(x)</sup>	2.92±1.20 <sup>b(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.95±1.39 <sup>b(x)</sup>	2.75±1.23 <sup>b(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (ab) en cada columna son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).  
 Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).  
 Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho. Media±D.E. Desviación estándar.

#### 4.3.2 Aroma

El Cuadro 7 indica que los tratamientos con la mejor calificación de aroma fueron 4, 6, 1 y 2 al día 0 ( $P<0.05$ ), lo que indica que los panelistas prefirieron el aroma de los tratamientos con mayor acidez de acuerdo al análisis de ATECAL (Cuadro 14). Mientras que para el día 16 no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, esto es porque el incremento de los compuestos aromáticos producidos con el tiempo a causa de la fermentación como acetaldehído y ácidos grasos volátiles de cadena corta producidos especialmente por las bacterias del género *Lactobacillus*, fueron detectados por los panelistas (Romero 2008).

La comparación de la calificación sensorial en el atributo aroma entre los días 0 y 16 indica que los panelistas solo encontraron diferencias significativas en el tratamiento 4 ( $P < 0.05$ ), este tratamiento tuvo el menor pH al día 16 (Cuadro 15), pH que está determinado por la presencia de protones ( $H^+$ ) liberados por los ácidos orgánicos producidos durante la fermentación. Los ácidos grasos de cadena corta presentes con el tiempo tienden a oxidarse produciendo aromas indeseables, los cuales fueron percibidos por los panelistas en el tratamiento 4.

Cuadro 7. Análisis del atributo Aroma con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	AROMA	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	3.89±0.95 <sup>a(x)</sup>	3.06±1.22 <sup>a(y)</sup>
Trt 6 (2.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	3.53±1.21 <sup>ab(x)</sup>	3.56±0.99 <sup>a(x)</sup>
Trt 1 (0.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	3.42±1.20 <sup>ab(x)</sup>	3.50±1.20 <sup>a(x)</sup>
Trt 2 (0.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	3.33±1.17 <sup>ab(x)</sup>	3.58±1.13 <sup>a(x)</sup>
Trt 3 (1.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	3.14±1.13 <sup>b(x)</sup>	3.22±1.15 <sup>a(x)</sup>
Trt 5 (2.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	3.14±1.13 <sup>b(x)</sup>	3.00±1.15 <sup>a(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (ab) en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Tratamientos seguidos de la misma letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho. Media±D.E. Desviación estándar.

### 4.3.3 Acidez

El Cuadro 8 ilustra que los tratamientos 4, 2, 1, y 6 fueron los mejor calificados en el atributo acidez tanto al día 0 como al día 16 ( $P < 0.05$ ). El análisis de acidez titulable mostrado en el Cuadro 14 indica que al día 0 los tratamientos 4, 2, 6 fueron los que presentaron las mayores medias, lo que demuestra que los panelistas prefirieron los tratamientos con mayor acidez. Sin embargo, al día 16 no hubo diferencias significativas en acidez titulable entre tratamientos.

La comparación de la calificación sensorial en el atributo acidez entre los días 0 y 16 indica que los panelistas no encontraron diferencias significativas con el tiempo, excepto para el tratamiento 4 ( $P < 0.05$ ). El tratamiento 4 aumentó significativamente la acidez con el tiempo en el análisis de acidez titulable (Cuadro 14), razón por la cual los panelistas mostraron una disminución significativa en la aceptación sensorial de este atributo.

El tratamiento 4 alcanzó el mayor nivel de ATECAL (Cuadro 14) y el menor pH (Cuadro 15) al día 16, llegando por lo tanto a niveles de acidez poco aceptables por el consumidor. Entonces, se puede concluir que el nivel máximo aceptable de acidez al día 16 para los panelistas fue de 1.86% ATECAL.

Cuadro 8. Análisis del atributo Acidez con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	ACIDEZ	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.72±1.21 <sup>a(x)</sup>	2.89±1.33 <sup>ab(y)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.31±1.22 <sup>ab(x)</sup>	3.61±0.99 <sup>a(x)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	3.22±1.33 <sup>ab(x)</sup>	3.39±1.10 <sup>a(x)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.08±1.54 <sup>ab(x)</sup>	3.42±0.99 <sup>a(x)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.94±1.37 <sup>b(x)</sup>	2.69±1.14 <sup>b(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.69±1.26 <sup>b(x)</sup>	2.80±1.32 <sup>b(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (ab) en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05). Tratamientos seguidos de la misma letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho. Media±D.E. Desviación estándar.

#### 4.3.4 Textura

El Cuadro 9 indica que la textura del queso de yogur de los tratamientos 4, 2, 1 y 6 fue la más aceptada tanto al día 0 como al día 16 (P<0.05). El análisis de viscosidad aparente (Cuadro 13) indica que el tratamiento 4 fue el de mayor viscosidad aparente al día 0, sin embargo al día 16 fue el 2, por esta razón los panelistas dieron calificaciones más altas a estos tratamientos en este atributo evaluado.

La comparación de la calificación sensorial en el atributo textura entre los días 0 y 16 muestra que no existió diferencias significativas dentro de los tratamientos a excepción del tratamiento 4 que presentó una calificación sensorial de textura significativamente menor al día 16 (P<0.05). Sin embargo si existieron disminuciones significativas en la viscosidad con el tiempo dentro de los tratamientos (Cuadro 13) que no fueron detectadas por los panelistas. Fotografías tomadas al día 21 (Anexo 5) indican que el cambio de textura visual más apreciable fue para el tratamiento 4, el cual paso de una textura firme a una consistencia semiviscosa.

Cuadro 9. Análisis del atributo Textura con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	TEXTURA	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.83±1.29 <sup>a(x)</sup>	2.92±1.40 <sup>ab(y)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	3.56±1.21 <sup>ab(x)</sup>	3.67±1.29 <sup>a(x)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.56±1.11 <sup>abc(x)</sup>	3.69±1.09 <sup>a(x)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.42±1.36 <sup>abc(x)</sup>	3.56±1.36 <sup>ab(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.86±1.31 <sup>bc(x)</sup>	2.78±1.35 <sup>b(x)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.75±1.23 <sup>c(x)</sup>	3.03±1.16 <sup>ab(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (abc) en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05). Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila no son significativamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho. Media±D.E. Desviación estándar.

### 4.3.5 Sabor

La acidez final fue uno de los factores que influyó en la calificación sensorial de sabor (Cuadro 10). Los panelistas dieron las mejores calificaciones en el atributo de sabor a los tratamientos de alta acidez (4, 2 y 6) y el tratamiento 1 al día 0 ( $P<0.05$ ) mientras que para el día 16 no hubo diferencias significativas. El sabor también fue influenciado por la cantidad de grasa presente, como se demuestra en el análisis de grasa (Cuadro 18), se prefirió los tratamientos con más porcentaje de grasa final en el producto (12%).

La comparación de la calificación sensorial en el atributo sabor, indica que no existió diferencias significativas dentro de los tratamientos a través del tiempo, a excepción del tratamiento 4 que presentó una calificación sensorial de sabor significativamente menor al día 16 ( $P<0.05$ ). En este producto la acidez es el atributo sensorial dominante, por lo tanto los panelistas al percibir cambios en el atributo acidez en este tratamiento, detectaron cambios también en el sabor.

Cuadro 10. Análisis del atributo Sabor con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	SABOR	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.94±1.15 <sup>a(x)</sup>	2.94±1.43 <sup>a(y)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.50±1.08 <sup>ab(x)</sup>	3.56±0.99 <sup>a(x)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	3.39±1.49 <sup>ab(x)</sup>	3.67±1.17 <sup>a(x)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	3.36±1.25 <sup>ab(x)</sup>	3.56±1.13 <sup>a(x)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.83±1.23 <sup>b(x)</sup>	3.06±1.24 <sup>a(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	2.78±1.22 <sup>b(x)</sup>	2.78±1.27 <sup>a(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (ab) en cada columna son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila no son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho. Media±D.E. Desviación estándar.

### 4.3.6 Aceptación General

El Cuadro 11 indica que los tratamientos 4, 6, 2 y 1 fueron los que obtuvieron las calificaciones más altas al día 0, mientras que al día 16 fueron los tratamientos 2, 6 y 1 ( $P<0.05$ ) en la evaluación de aceptación general del queso de yogur.

La comparación de la calificación sensorial en la aceptación general con el tiempo indica que no existió diferencias significativas dentro de los tratamientos, a excepción del tratamiento 4 que presentó una calificación sensorial de aceptación general significativamente menor al día 16 ( $P<0.05$ ). Como el tratamiento 4 presentó cambios significativos de ATECAL (Cuadro 14) y de viscosidad aparente (Cuadro 13) con el tiempo, los panelistas detectaron cambios no solo en acidez y textura sino también en los otros atributos evaluados y por lo tanto en la aceptación general. La influencia que tiene una característica organoléptica importante sobre los otros atributos de un producto fue estudiada por Ott et al. (2000).

Cuadro 11. Análisis de la Aceptación General con el tiempo.

TRATAMIENTO	ACEPTACION GENERAL	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	3.92±0.19 <sup>a(x)</sup>	2.83±0.19 <sup>b(y)</sup>
Trt 6 (2.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	3.64±1.33 <sup>a(x)</sup>	3.69±1.09 <sup>a(x)</sup>
Trt 2 (0.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	3.53±0.97 <sup>ab(x)</sup>	3.89±0.88 <sup>a(x)</sup>
Trt 1 (0.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	3.31±1.21 <sup>bc(x)</sup>	3.58±1.16 <sup>a(x)</sup>
Trt 3 (1.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	2.89±1.12 <sup>bc(x)</sup>	2.69±0.99 <sup>b(x)</sup>
Trt 5 (2.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	2.75±0.16 <sup>c(x)</sup>	2.58±0.16 <sup>b(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (abc) en cada columna son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

Escala: 1= Me disgusta mucho 5= Me gusta mucho. Media±D.E. Desviación estándar.

#### 4.3.7 Resumen del análisis sensorial exploratorio

La Figura 3 demuestra que para el día 16 el tratamiento 2 fue el mejor calificado en el análisis sensorial de todos los atributos evaluados, excepto para el sabor y apariencia. En cambio, el tratamiento 6 fue el mejor evaluado en estos dos últimos atributos y el segundo mejor evaluado en aroma, acidez y aceptación general. Por lo tanto se pudo concluir que estos tratamientos fueron los mejores del modelo experimental. La mayor aceptación de los tratamientos 2 y 6 confirma los resultados de Tamime y Robinson (1978) en los cuales el *labneh* más aceptable tuvo 1.6 a 1.7% de ácido láctico.

Finalmente, la sumatoria de las medias de las calificaciones sensoriales obtenidas al día 16 indica que los tratamientos 2 y 6 fueron los más aceptados y los tratamientos 5 y 3 los menos aceptados.

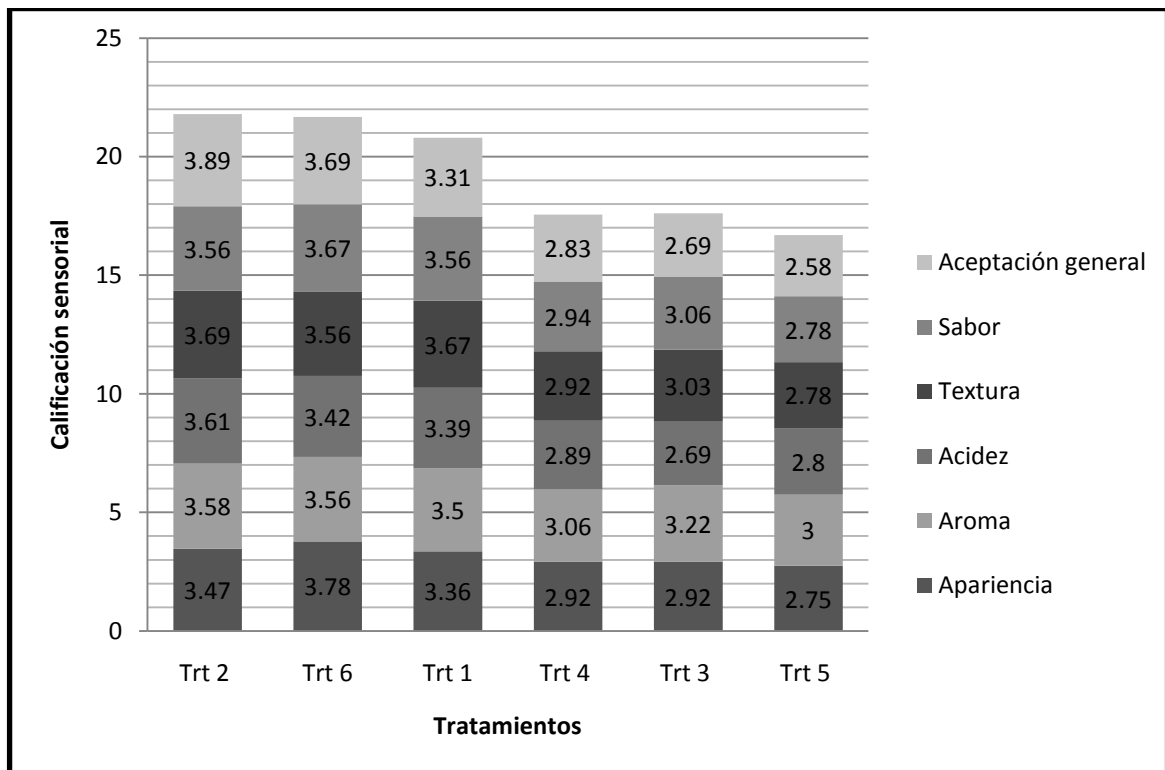


Figura 3. Resumen análisis sensorial exploratorio para los diferentes atributos del queso de yogur al día 16.

## 4.4 ANÁLISIS FÍSICOS

### 4.3.7 Análisis de color

Los resultados obtenidos de color en el queso de yogur (Cuadro 12), mostraron que no existieron diferencias significativas para los valores  $L^*$ ,  $a^*$ , ni tampoco para el valor  $b^*$ , tanto para el día 0 como para el día 16. Sin embargo, fue el tratamiento 2 el que presentó color menos amarillo y tonalidad más clara tanto al día 0 como al día 16, siendo este tratamiento el mejor evaluado en el análisis sensorial de apariencia (Cuadro 5). En el análisis de correlación (Cuadro 18) la aceptación de la apariencia sensorial disminuyó a medida que aumentó la tonalidad amarilla. Por lo tanto los panelistas prefirieron un queso de yogur con más brillo y menos color amarillo.

La comparación del color con el tiempo, indica que existió un aumento significativo del valor  $L^*$  solo para los tratamientos 6 y 2, también hubo un aumento significativo del valor  $b^*$  para el tratamiento 4 ( $P < 0.05$ ), razón por la cual este tratamiento recibió menor calificación en la apariencia sensorial al día 16 (Cuadro 5). Cambios en color en este producto se debió a las distintas reacciones bioquímicas producidas por las bacterias ácido lácticas que estuvieron creando y consumiendo compuestos, por ejemplo depósitos blanquecinos en los quesos se debe a que las bacteria del género *Lactobacillus* producen excesivo D-lactato (Gómez 2010).

Cuadro 12. Análisis de color del queso de yogur.

Trt	$L^* \pm D.E.^1$		$a^* \pm D.E.^1$		$b^* \pm D.E.^1$	
	0	16	0	16	0	16
5	90.55±1.49 <sup>a(x)</sup>	90.53±0.94 <sup>a(x)</sup>	-0.15±0.61 <sup>a(x)</sup>	-0.56±0.65 <sup>a(x)</sup>	15.35±1.57 <sup>a(x)</sup>	15.74±1.73 <sup>a(x)</sup>
1	91.50±2.06 <sup>a(x)</sup>	91.30±1.16 <sup>a(x)</sup>	-0.16±0.52 <sup>a(x)</sup>	-0.57±1.34 <sup>a(x)</sup>	14.63±3.62 <sup>a(x)</sup>	15.26±3.88 <sup>a(x)</sup>
3	90.61±1.35 <sup>a(x)</sup>	91.25±0.88 <sup>a(x)</sup>	-0.31±0.63 <sup>a(x)</sup>	-0.88±1.01 <sup>a(x)</sup>	14.02±3.08 <sup>a(x)</sup>	14.54±3.55 <sup>a(x)</sup>
4	91.24±0.75 <sup>a(x)</sup>	91.07±0.61 <sup>a(x)</sup>	-0.25±1.89 <sup>a(x)</sup>	-0.64±0.57 <sup>a(x)</sup>	13.58±1.12 <sup>a(y)</sup>	14.36±1.32 <sup>a(x)</sup>
6	90.89±0.22 <sup>a(y)</sup>	91.80±0.16 <sup>a(x)</sup>	-1.11±1.15 <sup>a(x)</sup>	-0.96±0.46 <sup>a(x)</sup>	13.38±1.81 <sup>a(x)</sup>	13.42±1.68 <sup>a(x)</sup>
2	90.71±0.37 <sup>a(y)</sup>	91.66±0.40 <sup>a(x)</sup>	-0.66±0.40 <sup>a(x)</sup>	-0.86±0.89 <sup>a(x)</sup>	13.29±2.35 <sup>a(x)</sup>	13.66±2.91 <sup>a(x)</sup>

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).  
 Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).  
 Media±D.E. Desviación estándar.

### 4.3.8 Análisis de viscosidad

Se detectaron diferencias significativas en viscosidad ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 13). La mayor viscosidad fue observada al día 0 en el tratamiento 4 (11.09 Pa.s) y al día 16 en el tratamiento 2 (1.34 Pa.s). Los panelistas prefirieron una consistencia más firme en el queso de yogur debido a que estos tratamientos fueron de los más preferidos en el análisis sensorial de textura (Cuadro 9). La viscosidad del *labneh* oscila entre 0.14 y 17.20 Pa.s dependiendo de la velocidad de cizalla aplicada por el viscosímetro (Guizani et al. 2001). El *labneh* tiene un comportamiento pseudoplástico y tixotrópico sin tomar en cuenta el tiempo de almacenamiento, por otro lado a una tasa constante de cizallamiento

la viscosidad aparente incrementa con el almacenamiento (Abu-Jdayil y Mohameed 2002).

La comparación de la viscosidad aparente con el tiempo indica que existió una disminución significativa de viscosidad al día 16 dentro de los tratamientos ( $P < 0.05$ ); pero esas diferencias no fueron detectadas por los panelistas en el análisis de textura sensorial excepto para el tratamiento 4 (Cuadro 9). La disminución de viscosidad se dio por el aumento de acidez como se demuestra en la correlación alta positiva entre ATECAL y viscosidad 0.93 ( $P < 0.05$ ) y la correlación alta negativa entre pH y viscosidad -0.96 ( $P < 0.05$ ). Esto se debe a que niveles de pH por debajo del punto isoeléctrico (4.6), hacen que las proteínas adquieran cargas positivas, lo que causa repulsión electrostática entre ellas, cambiando el grado de firmeza de la matriz de proteína y grasa del *labneh*, este fenómeno también fue la causa de la sinéresis que se observó con el tiempo (Anexo 5).

Cuadro 13. Análisis de la viscosidad aparente con el tiempo.

TRATAMIENTO	VISCOSIDAD APARENTE (Pa.s)	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	11.09±0.01 <sup>a(x)</sup>	0.54±0.04 <sup>d(y)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	10.46±0.05 <sup>b(x)</sup>	1.34±0.03 <sup>a(y)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	7.04±0.04 <sup>c(x)</sup>	1.25±0.04 <sup>c(y)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	6.65±0.04 <sup>d(x)</sup>	1.28±0.01 <sup>bc(y)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	6.55±0.01 <sup>d(x)</sup>	1.28±0.02 <sup>bc(y)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	5.64±0.01 <sup>e(x)</sup>	0.59±0.01 <sup>d(y)</sup>

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra (abcde) en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).  
Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).  
Media±D.E. Desviación estándar.

## 4.5 ANÁLISIS QUÍMICOS

### 4.5.1. Análisis de Acidez

El Cuadro 14 indica que los tratamientos con mayor acidez titulable fueron el 4, 2 y 6 al día 0 ( $P < 0.05$ ), siendo estos niveles de ATECAL los mejor evaluados en el análisis sensorial del atributo acidez al mismo día (Cuadro 8). Sin embargo, al día 16 no hubo diferencias significativas. Esto se debe a que en temperaturas de refrigeración la tasa metabólica de las bacterias disminuye, haciendo que la producción de ácido láctico a partir de lactosa sea lento, a tal punto que la acidez alcanza niveles estables.

La comparación de la acidez titulable con el tiempo dentro de los tratamientos muestra que existió una tendencia a aumentar la acidez con el tiempo, sin embargo estos cambios no fueron significativos, excepto para el tratamiento 4 ( $P < 0.05$ ), por esta razón los panelistas no detectaron diferencias significativas de acidez con el tiempo, excepto para el tratamiento 4 (Cuadro 8).

Cuadro 14. Análisis de ATECAL (acidez titulable) con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	ATECAL	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	1.63±0.05 <sup>a(y)</sup>	1.95±0.25 <sup>a(x)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	1.62±0.04 <sup>a(x)</sup>	1.86±0.31 <sup>a(x)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	1.61±0.04 <sup>a(x)</sup>	1.75±0.04 <sup>a(x)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	1.41±0.03 <sup>b(x)</sup>	1.59±0.19 <sup>a(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	1.39±0.05 <sup>b(x)</sup>	1.69±0.40 <sup>a(x)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	1.39±0.01 <sup>b(x)</sup>	1.77±0.31 <sup>a(x)</sup>

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra (ab) en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).  
Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes (P<0.05).  
Media±D.E. Desviación estándar.

A diferencia del ATECAL, el pH de los tratamientos no presentó diferencias significativas, tanto al día 0 como al día 16 (Cuadro 15). Sin embargo el tratamiento 4 fue el de menor valor de pH a los días 0 y 16, siendo a la vez uno de los más preferidos en la evaluación sensorial del atributo acidez al día 0, pero no al día 16 (Cuadro 8). Estos resultados confirman que los panelistas prefieren una acidez final alta en el queso de yogur, pero no inferior a pH 4.03.

La comparación de pH dentro de los tratamientos con el tiempo muestra que la disminución de pH con el tiempo no fue significativa, excepto para los tratamientos 5 y 2 (P<0.05), sin embargo estos cambios no fueron detectados por los panelistas en el análisis de acidez sensorial (Cuadro 8). Yeganehzad (2007), tampoco encontró diferencias significativas a los 14 días en el pH del producto.

En los análisis de pH y ATECAL evaluados se observó que el tratamiento 4 fue el de mayor acidez en los días 0 y 16 (Cuadro 14 y 15). Esto indica que el descenso de pH es provocado principalmente por la producción de ácido láctico, a pesar de que existen también otro tipo de compuestos generados durante la fermentación como el acetaldehído, ácido fórmico y dióxido de carbono que también bajan el pH (García et al. 2002).

Cuadro 15. Análisis del pH con el tiempo en el queso de yogur.

TRATAMIENTO	pH	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	4.17±0.12 <sup>a(x)</sup>	4.16±0.06 <sup>a(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	4.17±0.07 <sup>a(x)</sup>	4.10±0.06 <sup>a(y)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	4.16±0.09 <sup>a(x)</sup>	4.10±0.02 <sup>a(x)</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	4.13±0.02 <sup>a(x)</sup>	4.09±0.02 <sup>a(x)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	4.12±0.14 <sup>a(x)</sup>	4.03±0.13 <sup>a(y)</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	4.09±0.03 <sup>a(x)</sup>	4.01±0.03 <sup>a(x)</sup>

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).  
Tratamientos seguidos de diferente letra (xy) en cada fila son significativamente diferentes (P<0.05).  
Media±D.E. Desviación estándar.

#### 4.5.2 Análisis de actividad de agua

El Cuadro 17 indica que no existieron diferencias significativas en la actividad de agua entre los tratamientos al día 0, mientras que al día 16 los tratamientos con mayor actividad de agua fueron el 2, 1 y 6 ( $P < 0.05$ ). El tratamiento 5 fue el de menor actividad de agua, siendo este tratamiento el peor evaluado en el análisis de textura (Cuadro 9). La actividad de agua y humedad en los quesos depende principalmente de la velocidad y duración del desuerado, la cantidad de sal y nivel de pH, de hecho, la sal y la acidez bajan moderadamente la actividad de agua (Inda 2000). Sin embargo la actividad de agua de los tratamientos no presentó relación con el ATECAL (Cuadro 14) ni con el pH evaluado (Cuadro 15). La  $a_w$  dentro de los tratamientos con el tiempo se mantuvo constante con el tiempo.

Cuadro 16. Cambios en la actividad de agua durante la vida de anaquel.

TRATAMIENTO	ACTIVIDAD DE AGUA	
	Día 0±D.E. <sup>1</sup>	Día 16±D.E. <sup>1</sup>
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	0.95±0.01 <sup>a(x)</sup>	0.95±0.01 <sup>ab(x)</sup>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	0.95±0.01 <sup>a(x)</sup>	0.96±0.01 <sup>a(x)</sup>
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	0.95±0.01 <sup>a(x)</sup>	0.95±0.01 <sup>ab(x)</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	0.95±0.01 <sup>a(x)</sup>	0.94±0.01 <sup>b(x)</sup>
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	0.94±0.01 <sup>a(x)</sup>	0.94±0.01 <sup>b(x)</sup>
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	0.93±0.02 <sup>a(x)</sup>	0.93±0.02 <sup>b(x)</sup>

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra (ab) en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).  
 Tratamientos seguidos de la misma letra en cada fila no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ).  
 Media±D.E. Desviación estándar.

### 4.5.3 Análisis de grasa

La concentración final de grasa en los tratamientos no dependió del porcentaje inicial de grasa con la que se estandarizó la leche (Cuadro 17). Los tratamientos 4 y 2 fueron los de mayor porcentaje de grasa y por esta razón fueron los más aceptados en la evaluación de sabor sensorial al día 0 (Cuadro 10). Haddad et al. (2007), encontraron una relación positiva entre el porcentaje de grasa y el atributo sensorial de sabor detectado en el producto.

Cuadro 17. Análisis de grasa.

TRATAMIENTO	GRASA	
	MEDIA± D.E. <sup>2</sup>	Separación de medias Tukey (P<0.05) <sup>1</sup>
Trt 4 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	12.83±1.15	A
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	12.22±0.50	AB
Trt 6 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	12.05±1.30	B
Trt 3 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	11.78±1.52	B
Trt 1 (0.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	11.72±1.15	B
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	11.66±0.57	B

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Media±D.E. Desviación estándar.

La diferencia en la concentración de la grasa de la leche estandarizada y el porcentaje de grasa final se debió al nivel de desuerado, el cual fue mayor en los tratamientos con mayor acidez (Figura 4), entonces hubo más concentración de sólidos grasos y no grasos en los tratamientos con mayor acidez.

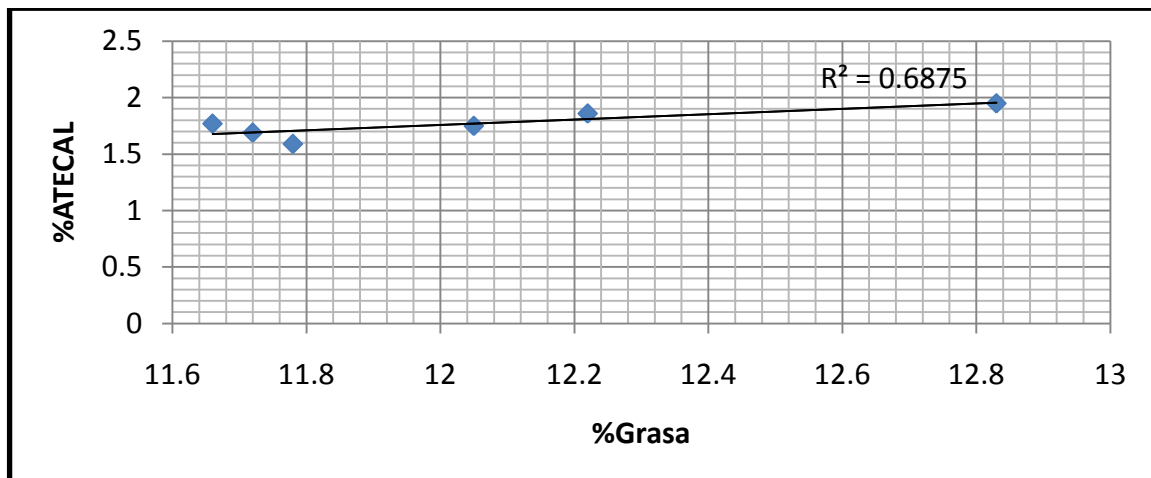


Figura 4. Relación entre el porcentaje de grasa y ATECAL del queso de yogur.

#### 4.6 CORRELACION

El Cuadro 18 indica la evaluación de correlación realizada entre los análisis físico-químicos y el sensorial. Existió una correlación media positiva entre el valor de color L\* y el atributo sensorial apariencia, esto significa que a mayor brillo en el color blanco-amarillento del *labneh*, hubo mayor aceptación en la apariencia sensorial evaluada. Por otro lado existió una correlación media negativa entre el valor de color b\* y la apariencia sensorial, es decir los panelistas mostraron menor aceptación en este atributo cuando percibieron mayor tonalidad amarilla en el producto.

Existió una correlación alta positiva entre el ATECAL y la acidez sensorial y una correlación media negativa entre el pH y la acidez sensorial, ya que los panelistas prefirieron los tratamientos con mayor acidez.

Existió una correlación media positiva entre el porcentaje de grasa y sabor, es decir los panelistas prefirieron el sabor de los tratamientos con más porcentaje de grasa. Esto se debe a que la grasa potencia el sabor de los alimentos, hecho que se puede percibir en especial en los productos lácteos y cárnicos (Carrapiso 2004).

En resumen el color claro y menos amarillo del *labneh*, la alta acidez y el alto porcentaje de grasa fueron las principales características físico-químicas que los panelistas tomaron en cuenta para evaluar el producto.

Cuadro 18. Correlación de Pearson entre las variables analizadas en el queso de yogur.

Variables	Correlación de Pearson	
	Coefficiente %	Probabilidad >  r
Color (valor L*) – apariencia sensorial	63.16	0.0276
Color (valor b*) – apariencia sensorial	-68.83	0.0133
Acidez (pH) – acidez sensorial	-79.64	0.0480
Acidez (ATECAL) – acidez sensorial	85.12	0.0316
Viscosidad aparente – textura sensorial	60.20	0.2060
Grasa – Sabor sensorial	61.67	0.0219

#### 4.7 PROBABILIDAD DE LOS FACTORES GRASA Y ATECAL E INTERACCION POR VARIABLE ANALIZADA

El Cuadro 19 indica que probabilidades altamente significativas se obtuvieron de la interacción de los factores grasa de la leche y ATECAL tanto al día 0 como al día 16. A pesar de que esta interacción no fue determinante en los valores L\* de color y pH, fue importante en las otras variables sensoriales, físicas y químicas analizadas. Por lo tanto se puede concluir que la interacción entre los dos factores fue determinante para establecer la aceptación.

Cuadro 19. Probabilidad de los factores para las variables físico-químicas y sensoriales en el queso de yogur al día 0.

Factor	Variables sensoriales y físico-químicas											
	Ap.	Aroma	Acidez	Textura	Sabor	A.Gral.	Color L*	Color b*	ATECAL	pH	Visc.	%Grasa
Pr>f(G)	0.2545	0.6166	0.1093	0.1288	0.2097	0.3718	0.8451	0.9098	0.9615	0.9558	0.4549	0.7407
Pr>f(A)	0.029	0.3977	0.0621	0.0395	0.0227	0.034	0.9195	0.2322	0.2479	0.2479	0.3843	<.0001
Pr>f(G*A)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0918	<.0001	<.0001	0.204	<.0001	<.0001

Pr>f(G) Probabilidad de factor Grasa.

Pr>f(A) Probabilidad de factor ATECAL.

Pr>f(G\*A) Probabilidad de la interacción de los factores Grasa y ATECAL.

Ap. Atributo Apariencia.

A.Gral. Aceptación general.

Visc. Viscosidad.

Cuadro 20. Probabilidad de los factores variables físico-químicas y sensoriales en el queso de yogur al día 16.

Factor	Variables sensoriales y físico-químicas											
	Ap.	Aroma	Acidez	Textura	Sabor	A.Gral.	Color L*	Color b*	ATECAL	pH	Visc.	%Grasa
Pr>f(G)	0.0671	0.1155	0.0022	0.1288	0.0278	0.0002	0.7164	0.9953	0.6268	0.8956	<.0001	0.7279
Pr>f(A)	0.1533	0.5703	0.7904	0.17	0.1321	0.2585	0.165	0.2412	0.1748	0.1311	0.3843	0.1748
Pr>f(G*A)	0.0104	0.0614	0.0014	0.0051	0.0277	0.0003	0.0918	<.0001	0.02	0.204	<.0001	<.0001

Pr>f(G) Probabilidad de factor Grasa.

Pr>f(A) Probabilidad de factor ATECAL.

Pr>f(G\*A) Probabilidad de la interacción de los factores Grasa y ATECAL.

Ap. Atributo Apariencia.

A.Gral. Aceptación general.

Visc. Viscosidad.

## 4.8 EFECTO DE LOS FACTORES SOBRE LAS VARIABLES ANALIZADAS

### 4.8.1 Efecto de los factores grasa y ATECAL sobre las variables sensoriales

El Cuadro 22 indica que el factor determinante en el atributo de apariencia, textura, sabor y aceptación general fue el %ATECAL al día 0. Sin embargo al día 16 este factor ya no fue relevante para los panelistas, tomando mayor importancia el factor grasa en los atributos de apariencia, textura, sabor y aceptación general e incluso en la acidez percibida (Cuadro 21).

Cuadro 21. Efecto del factor grasa sobre las variables sensoriales.

Factor	Variables sensoriales												
	Apariencia		Aroma		Acidez		Textura		Sabor		Aceptación General		
	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	
0.5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1.5	A	B	A	A	A	B	A	B	A	B	A	A	B
2.5	A	AB	A	A	A	AB	A	B	A	AB	A	A	B

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 22. Efecto del factor ATECAL sobre las variables sensoriales.

Factor	Variables sensoriales												
	Apariencia		Aroma		Acidez		Textura		Sabor		Aceptación General		
	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	
1.4	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1.6	B	A	A	A	A	A	B	B	B	A	B	A	A

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.8.2 Efecto de los factores grasa y ATECAL sobre las variables físico-químicas

El Cuadro 23 indica que el factor grasa no tuvo influencia en las características físico-químicas del queso de yogur al día cero, ni siquiera para el porcentaje de grasa final. Sin embargo al día 16 este factor influyó en la viscosidad del producto.

Cuadro 23. Efecto del factor grasa sobre las variables físico-químicas.

Factor	Variables físico químicas												
	% Grasa	pH		ATECAL		L*		b*		Viscosidad		Grasa	
		Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16
0.5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1.5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
2.5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

El Cuadro 24 indica que el nivel de ATECAL influyó en el porcentaje de grasa final del producto, los tratamientos con el menor nivel de ATECAL mostraron la tendencia a tener menos grasa final que los tratamientos con el nivel más bajo de ATECAL. Esto se dio porque hubo menor nivel de desuerado en estos tratamientos a causa del nivel de acidez titulable alcanzado, concentrando en menor cantidad la grasa.

Cuadro 24. Efecto del factor ATECAL sobre las variables físico-químicas.

Factor	Variables físico químicas												
	% ATECAL	pH		ATECAL		L*		b*		Viscosidad		Grasa	
		Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16	Dia0	Dia16
1.4	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
1.6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

<sup>1</sup>Tratamientos seguidos de diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.9 ANÁLISIS SENSORIAL DE PREFERENCIA

El análisis de preferencia se realizó entre los tratamientos 2 y 6, evaluados con las mejores calificaciones en la evaluación sensorial (Figura 3). El tratamiento 2 fue el mejor calificado en el análisis sensorial y en la prueba de preferencia. Según Lawless y Hetmann (1998) para una evaluación con 100 personas es necesario que un tratamiento sea preferido como mínimo por 61 personas (Cuadro 25), como el tratamiento 2 fue preferido por 63 personas, entonces existió una preferencia significativa por este tratamiento.

Cuadro 25. Análisis de preferencia de los dos mejores tratamientos del queso de yogur.

TRATAMIENTO	Personas	Mínimo Requerido <sup>1</sup>
Trt 2 (0.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	63	61
Trt 6 (2.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	37	61
Total	100	

<sup>1</sup> Número mínimo de personas que deben preferir un tratamiento (n=100 y  $\alpha=0.05$ ).

#### 4.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La Figura 4 indica el análisis de la composición química del tratamiento 2 elaborado con leche estandarizada al 0.5% de grasa y 1.6% ATECAL, tratamiento que fue evaluado con la calificación más alta en la evaluación sensorial (Figura 3) y de preferencia (Cuadro 25). Descripción similar en el contenido de proteína (8.6%) y grasa (12%) fue reportada por Tamime y Robinson (1999). Además la cantidad de proteína cumple con la regulación establecida por el Codex Alimentario (2003) para productos lácteos fermentados. Al compararlo con los quesos que se venden hoy comercialmente en el mercado occidental, tiene una composición de proteína y extracto seco similar al queso Cottage (González 2002), pero con los mismos o incluso mejores beneficios nutricionales que un yogur. El *labneh* ha concentrado la proteína (3.8X) y la grasa (3.5X) que el yogur normal, concentraciones similares fueron reportadas por Salji, citado por Nsabimana et al. (2005).

Para una porción de 28 g, el *labneh* elaborado aportó 48 Kcal, una descripción calórica inferior (39 Kcal) es detallada en la etiqueta nutricional del queso de yogur elaborado actualmente por la empresa KAROUN en medio oriente.

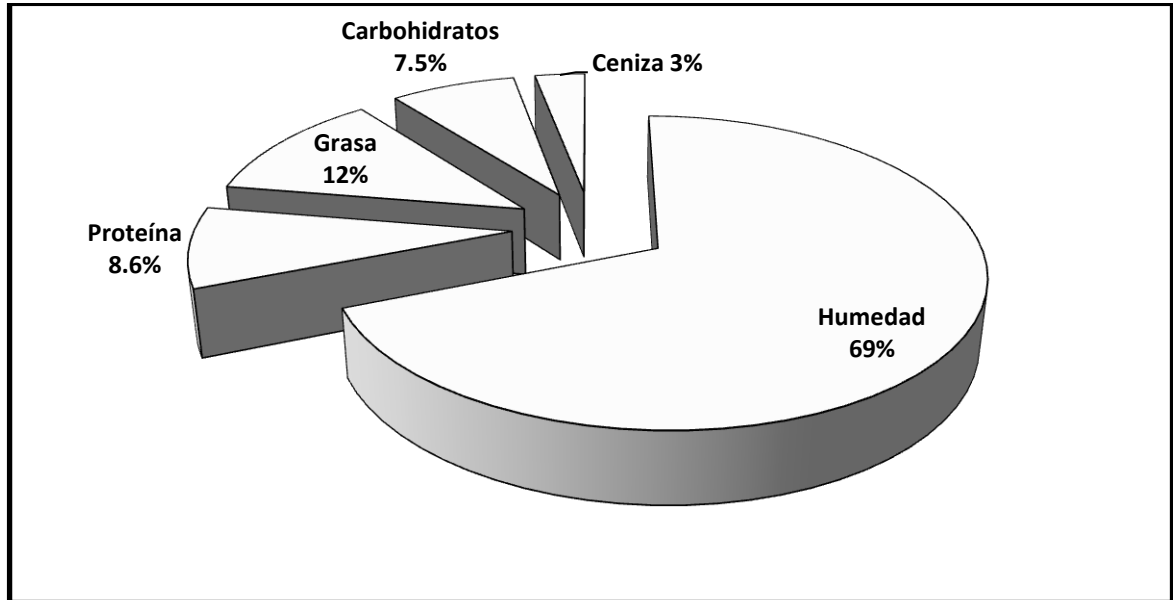


Figura 5. Composición química del queso de yogur al 0.5% de grasa en la estandarización de la leche y 1.6% ATECAL.

#### 4.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El Cuadro 26 indica el conteo microbiológico de los tratamientos, el cual demuestra que todos cumplieron con el parámetro de calidad microbiológica establecido por ICAITI para productos lácteos y derivados (Chiriboga 2008), ya que conteos finales menores a 10 ufc de coliformes totales por gramo de muestra fueron reportados. Esto se logró evitando la contaminación posterior a la pasteurización de la leche y manteniendo temperaturas de almacenamiento a 4°C después del envasado.

Cuadro 26. Conteo de coliformes totales en el queso de yogur (*labneh*) con el tiempo.

TRATAMIENTO	COLIFORMES TOTALES (ufc/g) <sup>1</sup>	
	DIA 0	DIA 16
Trt 1 (0.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	<1	<1
Trt 3 (1.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	1	3
Trt 5 (2.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	1	4
Trt 2 (0.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	1	3
Trt 4 (1.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	<1	<1
Trt 6 (2.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	<1	<1

<sup>1</sup> Nivel máximo permitido es de 10 ufc/g de producto.

El conteo de aerobios totales mostrados en el Cuadro 27, fue un estimador de la cantidad de colonias de bacterias viables que se han concentrado en los dos mejores tratamientos después del desuerado, el cual indica que cumplieron con la norma del Codex Alimentario (2003) para productos lácteos fermentados, la cual establece e que debe haber como mínimo  $10^7$  ufc de cultivo viable por gramo de producto.

Cuadro 27. Conteo de aerobios totales en el queso de yogur (*labneh*).

TRATAMIENTO	CONTEO DE AEROBIOS TOTALES (UFC/g) <sup>1</sup>	
	Trt 2 (0.5% Grasa y 1.6% ATECAL)	2.03x10 <sup>9</sup> ±
Trt 6 (2.5% Grasa y 1.6% ATECAL)	2.67x10 <sup>9</sup> ±	1.2472 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Nivel mínimo requerido de cultivo viable es de  $10^7$  ufc/g de producto.  
Media±D.E. Desviación estándar.

#### 4.6 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO:

El Cuadro 27 indica que los tratamientos 5, 3 y 1 fueron los de mayor rendimiento, mientras que el tratamiento 2 fue el de menor rendimiento. El porcentaje de grasa (Cuadro 17) determinó el rendimiento del queso de yogur, los tratamientos que concentraron más la grasa fueron los que tuvieron menor rendimiento. Entonces, el rendimiento dependió de la humedad final o sólidos concentrados, tal como lo describe Hill (2010).

Cuadro 28. Rendimiento de los tratamientos del queso de yogur.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (Lb)	
	MEDIA ± D.E. <sup>2</sup>	Separación de medias Tukey (P<0.05) <sup>1</sup>
Trt 5 (2.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	24.93±1.03	A
Trt 3 (1.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	23.44±0.98	AB
Trt 1 (0.5% Grasa, 1.4% ATECAL)	23.18±0.30	AB
Trt 6 (2.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	22.16±0.05	BC
Trt 4 (1.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	22.15±0.70	BC
Trt 2 (0.5% Grasa, 1.6% ATECAL)	21.85±1.33	C

<sup>1</sup> Tratamientos seguidos de diferente letra (abc) son significativamente diferentes (P<0.05).

<sup>2</sup> Media±D.E. Desviación estándar.

#### 4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

El Cuadro 29 muestra los costos variables para elaborar el queso de yogur. Se utilizaron 5 litros de leche para elaborar cada tratamiento. Los precios usados para realizar este análisis fueron actualizados hasta agosto del 2010.

Cuadro 29. Costos variables del queso de yogur.

<b>Ingrediente</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Costo de elaboración (5 litros de leche)</b>				
Leche fluida	L. 8.15	5	litro	L. 40.75
Sorbato de potasio granular	L. 0.32	0.5	g	L. 0.16
Sal Refinada	L. 1.34	0.125	Kg	L. 0.17
Cultivo Láctico	L. 36.50	0.05	g	L. 1.83
Costo total de elaboración				<b>L. 42.90</b>
<b>Costo de empaque</b>				
Envase de poliestireno 230 g				L. 2.00
Sello termoencogible PVdC				L. 0.12
Costo Total de empaque				<b>L. 2.12</b>

El Cuadro 30 indica la comparación entre los costos de los seis diferentes tratamientos, dado que la materia prima usada fue la misma para todos los tratamientos, el rendimiento fue el factor determinante para establecer el costo final para 230 g de queso de yogur.

Los costos variables para la elaboración del queso de yogur fueron bajos. El tratamiento que menos costó producir fue el 5 (L.10.58), sin embargo este tratamiento fue uno de los menos aceptados de acuerdo al análisis sensorial (Figura 3).

Se recomienda el tratamiento 2 en una presentación de 230 g para la venta a un precio de L. 30 (\$ 1.60), este precio da un margen de ganancia del 100%, sabiendo que el costo total de este tratamiento fue de L. 15.10 (\$ 0.80), al aumentar un 25% por concepto de costos fijos. La tasa de cambio usada (\$1=18.8 L) fue actualizada hasta agosto 2010.

Cuadro 30. Costos variables por cada tratamiento del queso de yogur empaçado.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Costo tanda (5 litros)</b>	<b>Costo (230 g)</b>	<b>Costo empaque</b>	<b>Costo total</b>
Trt 2 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	L. 42.90	L. 9.96	L. 2.12	L. 12.08
Trt 4 (0.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	L. 42.90	L. 9.82	L. 2.12	L. 11.94
Trt 6 (1.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	L. 42.90	L. 9.82	L. 2.12	L. 11.94
Trt 1 (1.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	L. 42.90	L. 9.39	L. 2.12	L. 11.51
Trt 3 (2.5%Grasa, 1.6% ATECAL)	L. 42.90	L. 9.28	L. 2.12	L. 11.40
Trt 5 (2.5%Grasa, 1.4% ATECAL)	L. 42.90	L. 8.73	L. 2.12	L. 10.85

## 5. CONCLUSIONES

- Los parámetros físico-químicos que más influenciaron en la aceptación del queso de yogur fueron el color, ATECAL y grasa final; los panelistas prefirieron el *labneh* con mayor acidez, color más claro, tonalidad menos amarilla y con mayor porcentaje de grasa.
- El tratamiento con la mayor aceptación fue el tratamiento con 12% grasa final y 1.6% ATECAL, además fue el tratamiento más preferido, con un costo de \$ 0.80 para 230 g de producto. El precio sugerido para la venta de esta presentación es de \$ 1.60, obteniendo un margen de ganancia del 100%.
- No hubo relación entre el porcentaje de grasa de la leche y el porcentaje final de grasa, sin embargo una alta acidez contribuyó a un mayor porcentaje de grasa final a causa del mayor desuerado.
- El único cambio significativo con el tiempo en las propiedades del *labneh* fue la disminución de la viscosidad y esto fue a causa del aumento de acidez que disminuyó la estabilidad de las proteínas que conformaban la matriz del queso de yogur.

## 6. RECOMENDACIONES

- Evaluar la concentración inicial de las bacterias del yogur usando medio selectivo al final de la incubación y compararla con la concentración final en el producto, para determinar si ocurren posibles pérdidas de las bacterias inoculadas durante el desuerado.
- Utilizar probióticos con el fin de realzar las características funcionales de este producto y medir el efecto de los mismos en las características sensoriales, físicas y químicas del producto.
- Se recomienda usar comino, clavo de olor y anís a bajas concentraciones que potencien el sabor del queso de yogur, sin alterar su sabor original y que además alarguen las características de almacenamiento del producto.
- Evaluar la formulación utilizando estabilizadores como goma xanthan, con el fin de reducir la sinéresis producida con el tiempo en el queso de yogur.
- Determinar el efecto al agregar sólidos como leche descremada en polvo o suero en polvo, en el rendimiento y en las características sensoriales del *labneh*.
- Realizar un análisis de mercado para evaluar la aceptación de este producto nuevo en el mercado hondureño y para determinar la intención de compra.

## 7. LITERATURA CITADA

Abou-Donia, SA. 2008. Origin, History and manufacturing process of Egyptian products: an overview Egypt. Alexandria Journal of Food Science and Technology 5(1): 51-62

Abu-Jdayil B; Mohameed, H. 2002. Experimental and modelling studies of the flow properties of concentrated yogurt as affected by the storage time. Journal of Food Engineering 52(4): 359-365.

Carrapiso, MR; Aguayo, C; Carrapiso A.I. 2004. Efecto de la grasa en el sabor de las leches con contenido de vainilla. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. p. 246-250.

Chiriboga, AA. 2008. Efecto de la adición de estabilizadores en el rendimiento, propiedades físico-químicas y sensoriales del queso crema Zamorano. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Valle de Yeguaré, HN, Escuela Agrícola Panamericana. 43 p.

Chandan, RC, Kilara, A; White, CH; Hui, YH. 2006. Manufacturing Yogurt and Fermented Milks, Blackwell Publishing. 364 p.

Codex Alimentario. 2003. Norma del Codex para leches fermentadas (en línea). Consultado 17 mayo 2010. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/216/CXS\\_C31s.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/216/CXS_C31s.pdf)

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

Gómez, R. 2010. Consecuencias higiénicas de la alteración de los alimentos. Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos, ES, Universidad Complutense de Madrid. 66 p.

González, M. 2002 “Tecnología para la Elaboración de Queso Amarillo, Cremas y Mantequilla” (en línea). Macaracas, PA, Consultado 9 agosto 2010. Disponible en: <http://www.industrialmecanica.com.ar/elaborac%20de%20quesos.pdf>

Guizani, N; Kasapis, S; Al-Ruzeik, M. 2001. Microbial, chemical and rheological properties of laban (cultured milk). International Journal of Food Science and Technology 36 (2): 199-205.

Haddad, Y; Haddad, J; Olabi, A. Shuayto, N; Haddad, T; Toufeili, I. 2007. Mapping determinants of purchase intent of concentrated yogurt (Labneh) by conjoint analysis. *Journal of Food Quality and Preference* 18 (5): 795-802.

Hill, A. 2010. Cheese site (en línea). Department of Food Science. University of Guelph Canada. Consultado 9 agosto 2010. Disponible en: <http://www.foodsci.uoguelph.ca/cheese/sectione.htm#yieldefficiency>

HunterLab. 2001. Principios Básicos de medida y percepción de color (en línea). Consultado 20 agosto 2010. Disponible en: <http://www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf>

Inda, AE. 2000. Optimización de Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de la Quesería. Coahuila, ME. OEA. 155 p.

Lawless, HT; Heymann H. 1998. Sensory Evaluation of Food. Principles and practices. USA. Aspen Publishers. p. 480-518.

Moreno, CA. 2009. Evaluación de dos porcentajes de grasa y dos estabilizadores en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso Zamodelfia. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Valle de Yeguaré, HN, Escuela Agrícola Panamericana. 32 p.

Nachay, K. 2010. Adding ethnic flavors to food. *Food Technology magazine*. p. 34-42

Nsabimana, B; Jiang R; Kossah. 2005. Manufacturing, properties and shelf life of Labneh: a review, *International Journal of Dairy Technology* 58 (4):129-137.

Ott, A; Hugi, A; Baumgartner, M; Chaintreau A. 2000. Sensory Investigation of Yogurt Flavor Perception: Mutual Influence of Volatiles and Acidity. *Journal Agricultural Food Chemistry* 48 (2):441-450

Revilla, A. 2009. Tecnología de la leche. 3 ed. Tegucigalpa, HN, Zamorano Academia Press. 369 p.

Romero, S; Lagarriga, J. 2004. Productos lácteos. Tecnología. Barcelona. UPC. 228 p.

Rosenthal, I; Juven, BJ; Gordin, S; Jubran, N. 1980. Characteristics of concentrated yogurt (labneh) produced in Israel. *Journal of Dairy Science* 63(11):1826-1828.

Ruiz, J. .2006. Efecto de la acidez sobre las características sensoriales, físico-químicas y rendimiento del requesón de lactosuero de queso crema. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Valle de Yeguaré, HN, Escuela Agrícola Panamericana. 24 p.

Tamime, AY; Robinson, R K. 1978. Some aspects of the production of a concentrated yoghurt (labneh) popular in the Middle East. *Milchwissenschaft* 33: 209-212.

Tamime, AY; Robinson, RK. 1999. *Yogurth: science and technology*. 2 ed. New York, USA. CRC Press. 619 p.

Turkan, K; Robinson, R K; Gordon, M H. 1999. The role of olive oil in the preservation of yoghurt cheese (labneh anbaris). *International Journal of Dairy Technology* 52:68–72.

Villegas, A. 2004. El Jocoque: Un Lácteo Fermentado Revalorizable (en línea). Consultado 29 marzo 2010. Disponible en: <http://www.alfa-editores.com/carnilac/Febrero%20-%20Marzo%2005/TECNOLOGIA%20El%20Jocoque.htm>

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

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de aceptación.

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL LABNEH				
Nombre:				
Fecha:				
<b>Instrucciones:</b> Marque con una X el cuadrado correspondiente a su evaluación de la muestra para cada atributo. Por favor evalúe en la escala del 1 al 5, siendo 5 extremadamente agradable y 1 extremadamente desagradable.				
Muestra N°:				
Me desagrada mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me agrada poco	Me agrada mucho
<b>Apariencia</b> 1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Aroma</b> 1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Acidez</b> 1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Textura</b> 1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Sabor</b> 1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Aceptación General</b> 1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gracias por su participación.

## Anexo 2. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de preferencia

Nombre:	Sexo: F__ M__	Edad:
Nacionalidad:		
Por favor pruebe la muestra de izquierda a derecha. Encierre en un círculo la muestra que más prefiere.		
	463	189
Explique por favor las razones de su elección:	_____	
	_____	
	Gracias!!!	

















Anexo 3. Diagrama de proceso enfoque en el producto *labneh* 1.4% ATECAL.**DIAGRAMA DE PROCESO - ANÁLISIS DEL PRODUCTO LABNEH****Método:** Original**Lugar:** Planta de Lácteos**Preparado por:** Grace Melo y Gibson Ferrera**Fecha:** 21-7-2010**Operación:** Elaboración de 1 Kilogramo de queso de yogur a 1.4 ATECAL.

Tiempo	Distancia	Símbolo	Descripción
			Leche cruda
15 seg			Estandarización y pasteurización de la leche 72°C/15 seg
3 min			Colocar en Yogos de 50 litros
1 min	1 m		A tina de baño maría
8 min			Pre-calentamiento a 45°C
3 min			Inoculación
360 min			Fermentación
3 min			Análisis de acidez titulable
2 min			Escurrecido en sacos de tela
720 min			Desuerado
3 min			Análisis de acidez titulable
1 min	3 m		A área de producción: mesa de acero inoxidable
3 min			Pesado y añadido de sorbato de potasio
1 min	1 m		A etiquetado y envasado
4 min			Envasar
0.5 min	2 m		Labneh en envases de 230 g.





**RESUMEN**

SÍMBOLO	NUMERO	DISTANCIA	TIEMPO
	06	---	15.25 min
	02	---	6 min
	03	7 m	3 min
	03	---	1088 min
<b>DISTANCIA TOTAL</b>		7 m	
<b>TIEMPO TOTAL</b>			18 hrs 32 min

Anexo 4. Diagrama de proceso enfoque en el producto *labneh* 1.6% ATECAL.**DIAGRAMA DE PROCESO - ANÁLISIS DEL PRODUCTO LABNEH****Método:** Original**Lugar:** Planta de Lácteos**Preparado por:** Grace Melo y Gibson Ferrera**Fecha:** 21-7-2010**Operación:** Elaboración de 1 Kilogramo de queso de yogur a 1.4 ATECAL.

Tiempo	Distancia	Símbolo	Descripción
			Leche cruda
15 seg			Estandarización y pasteurización de la leche 72°C/15 seg
3 min			Colocar en Yogos de 50 litros
1 min	1 m		A tina de baño maría
8 min			Pre-calentamiento a 45°C
3 min			Inoculación
420 min			Fermentación
3 min			Análisis de acidez titulable
2 min			Escurrecido en sacos de tela
720 min			Desuerado
3 min			Análisis de acidez titulable
1 min	3 m		A área de producción: mesa de acero inoxidable
3 min			Pesado y añadido de sorbato de potasio
1 min	1 m		A etiquetado y envasado
4 min			Envasar
0.5 min	2 m		Labneh en envases de 230 g.

**RESUMEN**

SIMBOLO	NUMERO	DISTANCIA	TIEMPO
	06	----	15.25 min
	02	----	6 min
	03	7 m	3 min
	03	----	1148 min
<b>DISTANCIA TOTAL</b>		7 m	
<b>TIEMPO TOTAL</b>			19 hrs 32 min

Anexo 5. Fotografías de los tratamientos de izquierda a derecha 1, 3, 5 (arriba) y 2, 4, 6 (abajo) al día 21.



Anexo 6. Etiqueta y presentación del producto terminado

