UTILIZACIÓN DEL SUERO DE MANTEQUILLA Y SUERO ÁCIDO PARA LA ELABORACIÓN DEL YOGURT GRIEGO

Por

Jesenia M. Figueroa Nieves

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

Recinto Universitario de Mayagüez

Colegio de Ciencias Agrícolas

2019

Aprobado por:

Leyda Ponce de León, Ph D. Presidenta, Comité Graduado	Fecha
María Plaza, Ph D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
Fernando Pérez, Ph D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
Edgardo Lorenzo, Ph D. Representante de Escuela Graduada	Fecha
Fernando Pérez, Ph D. Coordinador de Ciencia y Tecnología de Alimentos	Fecha

Derechos de Autor Reservados ©
Jesenia M. Figueroa Nieves
2019

ABSTRACT

The GY is a regular yogurt by the removal of acid whey. Because of its low yield, it is more expensive to produce. The objective of this research is to substitute milk with Buttermilk and Acid whey on the yogurt elaboration. Three treatments were made GY-M (control), GY-Buttermilk and GY- Acid whey, comparing compositions, pH, AT, WHC, Texture, viscosity and shelf life. Control reference and preference were determined by a sensorial analysis. In the proximal analysis, only significative differences found in ashes and proteins regarding the control. Comparing the AT and WHC, there were no significative differences between the treatments throughout the storage time 0, 15 and 28 days. In the pH there were differences on days 15 and 28 between the GY- Buttermilk and the Control. The viscosity showed a significative difference between GY-Buttermilk and GY-Acid Whey, but not regarding the control. A microbiologic analysis was done determining its shelf life of a month in the adequate conditions. There were also differences in the sensorial being the control the mainly preference.

RESUMEN

El YG es un yogurt regular al cual se le remueve el suero. Es más costoso producirlo debido a su bajo rendimiento. El objetivo de esta investigación es sustituir la leche por SM y SA en su elaboración. Se realizaron 3 tratamientos YG-L (control), YG-SM y YG-SA, comparando la composición, pH, AT, WHC, textura, viscosidad, y vida útil. Se determinó la preferencia y referencia al control por un análisis sensorial. En el análisis proximal solo mostraron diferencias significativas respecto al control en cenizas y proteínas. Comparando la AT y WHC, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos durante su almacenamiento 0, 15 y 28 días. En el pH hubo diferencias los días 15 y 28 entre el YG-SM y el control. La viscosidad mostró una diferencia significativa entre el YG-SM y YG-SA, pero no respecto al control. Se realizó un análisis microbiológico determinando un largo de vida de un mes bajo condiciones adecuadas. También, hubo diferencias en el sensorial siendo el control el de mayor preferencia.

DEDICATORIA

A Dios, por siempre estar conmigo y ayudarme a cumplir mis metas.

"Ya te lo he ordenado: ¡Sé fuerte y valiente! ¡No tengas miedo ni te desanimes! Porque el Señor tu ***Dios te acompañará dondequiera que vayas****."* ***Josué 1:9***

"¡todo lo puedo en Cristo que ***me fortalece****!"* ***Filipenses 4:13***

A mis padres y hermana por ser mi apoyo y ánimo en todos los retos de mi vida.

A mi amado esposo, gracias por tu ayuda, comprensión y respaldo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por ser mi ayuda y fuerza en todo momento.

Agradezco a mis padres Francisco Figueroa Román y Marisol Nieves Figueroa por sus consejos, apoyo, por creer en mí y brindarme su amor incondicional. A mi hermana y amiga Frances M. Figueroa Nieves por escucharme, por su disposición y sobre todo por ser mi fortaleza y motivación.

Quiero agradecer a mi esposo Benjamín Colón Rodríguez por creer en mí, por su amor, motivación y apoyo. Sin ti realizar esta investigación hubiese sido más difícil de sobre llevar. ¡Gracias amor!

A mi directora de tesis, la Dra. Leyda Ponce de León, gracias por sus consejos, apoyo y disponibilidad durante el desarrollo de esta tesis. Eres un excelente ser humano.

A los miembros de mi comité, la Dra. María Plaza y el Dr. Fernando Pérez por su ayuda con los diferentes métodos, por su paciencia y consejos.

A la Red Sísmica de Puerto Rico por brindarme la oportunidad de laborar como estudiante subgraduada y graduada en el programa de educación desde el 2009 y actualmente como empleada. Gracias en especial al Dr. Víctor Huérfano y Christa Von Hillebrandt por creer en mí y brindarme la ayudantía para ayudarme en mis estudios. También agradezco a la coordinadora de educación la Sra. Glorymar Gómez por escucharme y darme la flexibilidad en el trabajo para que pudiera trabajar en la tesis. De igual forma agradezco a todo el personal los cuales de una forma u otra contribuyeron a mi mejoramiento como persona y profesional.

A la amiga y estudiante graduada de CITA, Victoria Astudillo, por su ayuda y técnicas para realizar los experimentos, por escucharme y motivarme siempre.

Al programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos por proveer los equipos y laboratorios de lácteos, química, microbiología y sensorial para que pudiera realizar la investigación. Al agrónomo Jaime Reyes por siempre estar pendiente a mis necesidades y buscar las mil y una forma para ayudarme. Al igual agradezco al proyecto HATCH 446 por brindarme el presupuesto para la compra de materiales.

Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT ii
RESUMEN iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTOS v
I. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Justificación 1
2. OBJETIVOS 4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5
3.1 Suero lácteo 5
3.1.1 Composición del suero lácteo ácido 6
3.1.2 Usos del suero ácido 8
3.2 Suero de mantequilla (SM) 13
3.2.1. Composición del Suero de mantequilla 15
Tabla 5 Composición del SM. Recopilada de Rezenda, et al.2010 16
3.2.2 Usos del suero de mantequilla 16
3.3 Yogurt 18
3.3.1 Yogurt Griego 20
3.3.2. Diferencias entre el Yogurt y el Yogurt Griego 23
3.4. Viscosidad 24
3.4.1. Tipos de viscosidad 25
4. MATERIALES Y MÉTODOS 29
4.1 Materia prima: Suero de mantequilla y suero lácteo ácido 29
4.1.1 Estandarización del sustrato 29
4.2 Elaboración del yogurt 30
4.2.1. Desarrollo de formulaciones 30
4.3 Análisis 33
4.3.1. Análisis proximal 33
4.3.1.1 Determinación de humedad 33
4.3.1.2. Determinación de cenizas 33
4.3.1.3 Determinación de proteína bruta 34
4.3.1.4 Determinación de Grasa 35
4.3.2. Análisis fisicoquímicos 36
4.3.2.1. Determinación de acidez titulable 36

4.3.2.2. Medida de pH 37
4.3.2.3. Medida de "Water holding Capacity" (WHC) 37
4.3.2.4. Determinación de viscosidad 38
4.3.2.5 Análisis de Textura 38
4.3.3 Análisis microbiológico 39
4.3.4. Análisis Sensorial 41
4.3.4.1 Preparación de las muestras 41
4.3.4.2. Prueba de ordenamiento 41
4.3.4.3 Prueba de referencia al control 41
4.3.5 Análisis Estadístico 42
5. RESULTADOS Y DISCUSION 43
5.1. Caracterización de la materia prima 43
5.2 Formulaciones 44
5.3 Comparaciones para análisis proximal 45
5.4. Acidez titulable (AT) 48
5.5 Análisis de pH 49
5.6. "Water Holding Capacity" y Sinéresis 56
5.7. Viscosidad 61
5.8 Textura 64
5.9 Análisis microbiológico 68
5.9.1 Enumeración de Coliformes y *E.coli* 68
5.9.2 Recuento de Hongos y Levaduras 69
5.9.3 Recuento de bacterias ácido-lácticas 70
5.10. Análisis sensorial 71
5.10.1 Prueba de ordenamiento por preferencia 71
5.10.2. Prueba de referencia al control 74
6. CONCLUSION 76
7. RECOMENDACIONES 79
8.BIBLIOGRAFIA 79
9. ANEJOS 84
9.1 Análisis proximal 84
9.1.1 Formulación 1%grasa, 14%SNG (BH) 84
9.2 Acidez titulable 85
9.2.1 Formulación 1% grasa, 14% SNG 85
9.3 pH 87

9.3.1 Formulación 1%grasa 14% SNG 87
9.4 WHC y Sinéresis 90
9.4.1 Formulación 1% grasa, 14%SNG 90
9.5 Viscosidad 92
9.5.1 Viscosidad medida por el viscosímetro a diferentes RPM 93
9.6 Textura 97
9.7 Análisis sensorial 99
9.7.1.1 Prueba de Referencia contra el control 99
9.7.2. Prueba de Ordenamiento y aceptación 102
9.7 Análisis Microbiológico 109
9.7.3 Enumeración de Coliformes y E.coli 109
9.7.4. Recuento de Hongos y Levaduras 112
9.7.4.1. Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el Control (1%L, 14%SNG) 112
9.7.4.2. Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el YG-SM (1%L, 14%SNG) 112
9.7.4.3. Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el YG-SA (1%L, 14%SNG) 113
9.7.4.4. Análisis microbiológico para Mohos y levaduras al día 0,15,28 en Control (2%L, 8.25%SNG) 113
9.7.4.5. Análisis microbiológico para Mohos y levaduras al día 0,15,28 en YG-SM (2%L, 8.25%SNG) 114
9.7.5. Recuento de bacterias ácido-lácticas 114
9.7.5.1 Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el Control (1%L, 14%SNG) 114
9.7.5.2. Análisis microbiológico para Bacterias ácido-lácticas a los días 0,15,28 para el YG-SM (1%L, 14%SNG) 115
9.7.5.3. Análisis microbiológico para Bacterias ácido-lácticas a los días 0,15,28 para el YG-SA (1%L, 14%SNG) 115
9.7.5.4. Análisis microbiológico para Bacterias ácido-lácticas al día 0, 15, 28 en Control (L2%, 8.25%SNG) 116
9.7.5.5. Análisis microbiológico para Bacterias ácido lácticas al día 0, 15, 28 en YG-SM (2%L, 8.25%SNG) 116
9.8 Figuras 117

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de la leche bovina con el suero de dulce y ácido. Adaptado de Smithers, 2015 7
Tabla 2Aplicaciones y beneficios del lactosuero en alimentos. Recopilada de Hernández-Rojas y Vélez-Ruíz, 2014Tabla 3 Propiedades funcionales de las proteínas de la leche y el SA. Recopilada de Parras-Huertas, 2009 9
TabTabla 4Comparación del suero de mantequilla con la leche desnatada. Recopiladade Gille, 2011la 4. Comparación del suero de mantequilla con la leche desnatada. (Gille, D. 2011). 14
Tabla 5 Composición del SM. Recopilada de Rezenda, et al.2010 16
Tabla 6Comparación de yogurt regular y el yogurt griego marca Danno. Modificada de Feutz, 2012..... 24
Tabla 7Cuadrado de Pearson para la formulación del yogurt griego..... 30
Tabla 8. Formulación para la elaboración del yogurt griego 31
Tabla 9.Rampa de temperatura para cenizas..... 34
Tabla 10. Valores en porcentaje obtenidos en el análisis proximal 44
Tabla 11. Análisis proximal para la formulación de 1%grasa y 14%SNG..... 46
Tabla 12. Análisis proximal para la formulación 2%grasa y 14%SNG 46
Tabla 13.Análisis proximal para la formulación 2% grasa y 8.25%SNG 47
Tabla 14. Determinación de acidez titulable para la formulación 1% grasa y 14% SNG 49
Tabla 15. Determinación de acidez titulable para la formulaciónn 2% grasa y 8.25%SNG ... 49
Tabla 16. pH para la formulación 1% grasa y 14% SNG 50
Tabla 17. pH para formulación 2%grasa y 14%SNG 52
Tabla 18. pH para formulación 2% grasa y 8.25%SNG 55
Tabla 19. Porcentajes de WHC para la formuación 1% grasa y 14% SNG..... 57
Tabla 20. Porcentaje de sinéresis para formulación 1%grasa y 14% SNG 57
Tabla 21. Porcentaje de WHC para formulación 2%grasa y 14% SNG..... 58
Tabla 22. Porcentaje de sinéresis para la formulación 2%grasa y 14% SNG..... 58
Tabla 23. Porcentaje de WHC para la formuación 2% grasa y 8.25% SNG 61
Tabla 24.Porcentaje de sinéresis para la formulación 2% grasa y 8.25% SNG..... 61
Tabla 25. Comparación de la viscosidad de los tratamientos a diferentes revoluciones 63

Tabla 26. Medida de bacterias ácido lácticas para la formulación 2% grasa y 8.25% SNG ...71
Tabla 27. Medida de bacterias ácido lácticas para la formulación 1% grasa y 14% SNG 71
Tabla 28. Comparación de preferencia entre los tratamientos.....72
Tabla 29. Valoración de escala utilizada en prueba de referencia al control.....75
Tabla 30.Comparación de tratamientos con referencia.....76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1Esquema representativo de la manufactura de mantequilla. Adaptada de Conway; et al.,2014.....13
Figura 2Diagrama de elaboracion de yogurt. Recopilada de Vélez y Rivas,2001 19
Figura 3Esquema de los diferentes yogurt dependiendo el proceso de manufactura. Recopilada de Tamime y Robinsons 1991.....21
Figura 4Esquema de los tipos de fluidos existente en reología. Recopilada de Ramírez, 2006 26
Figura 5. Proceso de fermentación del yogurt. Recopilada por Labropoulos, et al.1983.....30
Figura 6. Método de desuerado en sacos de tela.....32
Figura 7. Neutralización del suero ácido 117
Figura 8. Pasteurización en baño de María.....117
Figura 9. Baño de María invertido para bajar temperatura.....118
Figura 10. Incubadora utilizada para la fermentación 118
Figura 11. Centrifuga utilizada para determinar WHC.....119
Figura 12. Equipo CEM para determinación rápida de humedad.....119
Figura 13. Texturometro utilizado para medir textura.....120
Figura 14. Viscosímetro utilizado para medir viscosidad.....120
Figura 15. Autoclave utilizada para esterilizar medios de cultivos 121
Figura 16. Determinación de grasa 121
Figura 17. Determinación de humedad por secado al horno 122
Figura 18. Determinación de cenizas.....122
Figura 19. Plato de Potato Dextrose Aar para determinación de hongos y levaduras.....123
Figura 20. Petri film para determinación de coliformes y E.coli.....123
Figura 21Plato de MRS para determiinación de bacterias ácido lácticas 124

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1Curvas de flujos para distintos tipos de comportamiento. Recopilada de García-Quesada, 2008 27
Gráfica 2Comportamiento de fluidos no newtonianos dependientes del tiempo. Recopilada de Ciro-Velázquez, 2006 28
Gráfica 3. Curva de la textura de yogurt medida por un texturometro. Recopilada del Manual No. M08-372-E0315 39
Gráfica 4 Medida de pH para el control a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 1%grasa y 14%SNG 51
Gráfica 5. Medida de pH para el YG-SM a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 1%grasa y 14%SNG 51
Gráfica 6. Medida de pH para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 1% grasa y 14%SNG 52
Gráfica 7. Medida de pH para el YG-SM a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2%grasa y 14% SNG 53
Gráfica 8. Medida de pH para el control a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 14% SNG 54
Gráfica 9. Medida de pH para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 14% SNG 54
Gráfica 10. Medida de pH para el control a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2%grasa y 8.25% SNG 55
Gráfica 11. Medida de pH para el YG-SM a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 8.25% SNG 56
Gráfica 12. Medida de WHC para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 14% SNG 59
Gráfica 13. Medida de sinéresis para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa, 14% SNG 60
Gráfica 14. Comparación de los tratamientos de acuerdo a su viscosidad (Cp) y RPM 64
Gráfica 15. Análisis de firmeza para los tratamientos con texturometro 65
Gráfica 16. Análisis de consistencia para los tratamientos con texturometro 66
Gráfica 17. Análisis de cohesividad para los tratamientos con texturometro 67

Gráfica 18. Análisis de viscosidad para los tratamientos con texturometro 68
Gráfica 19. Distribucción de preferencia para los tratamientos en prueba de ordenamiento .. 73
Gráfica 20. Resultados de aceptabilidad en caso de estar a la venta expresado en porcientos 74
Gráfica 21. Distribucción de escala de referencia para los tratamientos en prueba de referencia al control 76

LISTA DE ABREVIATURAS

AOAC	“Association of Official Chemist”
AT	Acidez titulable
BAM	“Bacteriological Analytical Manual”
CLA	Acido linoleico-conjugados
Cp	CentiPoise
EPS	Exopolisacáridos
FDA	“Food and Drug Administration”
KOH	Hidróxido de potasio
LAB	Bacterias ácido lácticas
LP	Leche en polvo
MFGM	Membrana de los glóbulos grasos de la leche
mPas	Milipascales por segundo
MRS	“Man Ragosa y Sharpe”
NYA	Asociación Nacional de Yogurt
PDA	“Potato Dextrose Agar”
RPM	Revoluciones por minutos
SA	Suero ácido
SM	Suero de mantequilla
SNG	Sólidos no grasos
ST	Sólidos totales
TFTC	“To few to counts”
TNTC	“To numerous to counts”
UFC	Unidades formadoras de colonias
USDA	“United States Department of Agriculture”
WHC	“Water holding capacity”
WP	Suero en polvo
WPC	Concentrado de proteínas de suero
WPH	Concentrado de proteínas hidrolizadas
WPI	Concentrado de proteínas aisladas
YG-L	Yogurt griego a base de leche
YG-SA	Yogurt griego a base de suero ácido
YG-SM	Yogurt griego a base de suero de mantequilla

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Durante la elaboración de la mantequilla, la crema es expuesta a tratamientos mecánicos como el batido. Esto envuelve la agitación en presencia de aire hasta que los agregados de glóbulos de grasa se rompan desprendiendo una membrana de fosfolípidos y proteínas la cual, en conjunto con el material soluble en agua, es liberada en una fase acuosa llamada suero de mantequilla (SM) (Corredig, et al., 2003). El suero de mantequilla, también conocido como "buttermilk", es un subproducto en la manufactura de mantequilla y de utilidad en varios productos alimenticios (Morin, et al., 2005). Actualmente, a pesar de que el SM es un producto que puede ser utilizado, la realidad es que muchas de las industrias alimenticias lo catalogan como un desecho. En Puerto Rico anualmente se producen 6,976 libras de SM por cada 46,509 libras de crema. Por otro lado, en EU se producen 153 millones de libras de SM y solo una pequeña porción es reutilizada para consumo humano en productos de horneado y productos lácteos (Wong. et al, 2003).

A pesar de que hoy día el SM se usa en un 29% en la industria de horneado, 33% en mezclas secas y un 23% en la industria lechera no es suficiente para minimizar los desperdicios debido a las grandes cantidades de SM generadas (Sodini, et al., 2006). Por otro lado, las ventas del suero de mantequilla han declinado de 420.5 millones a 248.0 millones de kg desde 1980 a 2003, debido al costo operacional para procesar el mismo, provocando un aumento en la cantidad de SM a descartar (Jinjarak, et al., 2006). Debido a que muchas industrias desconocen como deshacerse de este desecho ha crecido el interés por buscar qué particularidad podría tener este producto para ampliar sus usos (Morin, et al., 2005). Por ejemplo, recientemente ha ganado atención como

ingrediente funcional y nutraceútico previniendo enfermedades como el cáncer del colón y condiciones hepáticas (Correding, et al., 2003).

El SM contiene todos los componentes solubles en agua (proteínas de la leche, lactosa y minerales) presentes en la crema (Sodini, et al., 2006). Además, el SM contiene grandes cantidades de caseína y proteína de suero y también material derivado de la MFGM (Corredig, M., et al., 2003). La composición del SM es similar al de la leche desnatada "skim milk" con la excepción del contenido de fosfolípidos y proteínas (Corredig, & Dalgleish, 1998). Tener una alta cantidad de fosfolípidos, permite que sea utilizada como un agente emulsificante, lo que le permite ser utilizado como un ingrediente funcional en productos como: aderezos de ensaladas, salsa para pastas, chocolates, quesos condimentados, mezclas de helados y yogurt (O'Connell y Fox, 2000).

Por otra parte, a diferencia del SM que proviene de la producción de mantequilla, existe también el suero lácteo o suero ácido (SA). El SA se obtiene de la precipitación de caseína en la fabricación de quesos. Al igual que SM, el SA es un subproducto que durante muchos años ha sido considerado como un desecho. Actualmente es utilizado por sus múltiples nutrientes y propiedades funcionales (Hernández-Rojas y Vélez-Ruíz, 2014).

El SA es definido como un líquido amarillo verdoso que sobra después de la coagulación de la caseína por enzimas o ácidos (Barukcic, I., 2018). Para obtener un kilogramo de queso, se necesitan aproximadamente 10 litros de leche y se generan 9 litros de SA, los cuales contienen más de la mitad de los sólidos presentes en la leche (Hernández-Rojas y Vélez-Ruíz, 2014).

Debido a la gran demanda de queso hay un exceso en la producción de suero. El

SA es considerado uno de los mayores desechos contaminante generado, ya que puede causar un exceso del consumo de oxígeno, impermeabilización, eutroficación, y toxicidad en el medio ambiente que lo recibe Esto causado por la demanda química y biológica de oxígeno, el contenido de materia orgánica por los carbohidratos de la leche y proteínas y por el contenido de grasa y nutrientes (Prazeres et. al., 2012). Sin embargo, este subproducto contiene múltiples propiedades funcionales como emulsificante, capacidad de retención de agua y grasa, "foaming", espesante, y propiedades gelificantes (Gonzalez-Martinez et.al., 2002).

Debido a las propiedades de ambos sueros el SM y el SA, y sus usos como ingrediente, en este proyecto se considerará el uso de estos para la elaboración de yogurt griego, como alternativa.

Por otro lado, según la Extensión Cooperativa de Carolina del Norte, el yogurt griego es más costoso que el yogurt regular debido a que su preparación con lleva más leche y tiene menor rendimiento. Debido a lo antes mencionado con este proyecto se espera poder sustituir la leche por suero de mantequilla como base en su preparación.

La finalidad del proyecto es reutilizar los desechos producidos por la industria de mantequilla y queso obteniendo el suero fresco (líquido). Además, sustituir la leche en el yogurt griego por el suero de mantequilla y suero ácido. Esto considerando que no se afecten las propiedades sensoriales y características fisicoquímicas del yogurt griego a base de SM y SA.

2. OBJETIVOS

El objetivo primordial de esta investigación fue utilizar suero ácido y suero de mantequilla como materia prima (base) para producir yogurt griego. Entre los objetivos se pretende:

- Evaluar las características fisicoquímicas y contenido nutricional del yogurt griego a base de leche y sueros.
- Evaluar el pH, acidez titulable y WHC al inicio (día 0), día 15 y día 28.
- Verificar las características sensoriales y el nivel de aceptación.
- Evaluar el largo de vida útil de los productos a través de un análisis microbiológico.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Suero lácteo

El suero de leche es un producto lácteo obtenido de la precipitación de la caseína en la fabricación de quesos; contiene más del 50% de los sólidos de la leche, incluyendo proteínas, lactosa, minerales y vitaminas (Hernández-Rojas y Vélez-Ruíz, 2014). El suero lácteo es un líquido de color verde amarillento con un sabor suave, que depende del método de coagulación utilizado durante la elaboración del queso. Estos métodos pueden ser ácido o enzimático; produciendo suero ácido o suero dulce, respectivamente (González-Martínez et. al., 2002).

El suero ácido o lactosuero se genera mediante la precipitación ácida de la caseína. Esto se logra disminuyendo el pH de la leche a 4.5 ó 4.6. En este punto la carga eléctrica de la proteína es igual a cero, lo cual produce que la micela de caseína se desestabilice y precipite dejando en solución solamente las proteínas de tipo séricas (Hernández-Rojas, y Vélez-Ruíz, 2014).

De acuerdo con Smithers (2008), el suero fue descubierto hace algunos 3,000 años cuando los estómagos de los terneros eran usados para almacenar y transportar leche. Mediante la acción natural de las enzimas encontradas en el estómago de las terneras, la leche se coagulaba durante el almacenamiento y transporte; resultando en una cuajada y suero. De esta forma fue que se inició la producción de queso y suero en la industria.

La razón suero/queso es de 9:1 por lo que este producto se genera en grandes cantidades (González-Martínez et. al., 2002). Este representa 90 % del volumen total de leche procesada, y contiene el 50% de los nutrientes de la leche y una alta proporción de proteínas hidrosolubles (Silva, et. al., 2013). En el 2012, la producción de suero ácido en Polonia fue de 1.2 millones de toneladas, siendo 4.7% mayor que el año anterior. Esto representó un

problema debido al manejo de dicho suero (Skryplonek, y Jasinska, 2015). A nivel mundial se producen entre 110 y 115 millones de toneladas de lactosuero resultado de la elaboración de queso de los cuales el 45 % se desecha en ríos o suelo y el porcentaje restante es tratado y transformado en varios productos alimenticios (Parras – Huertas, 2009). Por más de 20 siglos las industrias han buscado métodos económicos para la disposición del suero. Estos usualmente envolvían el descarte en cuerpos de agua, océanos, alcantarillas y campos. Sin embargo, debido al alto contenido de lactosa, responsable de la alta demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno, comenzaron las regulaciones medioambientales para prevenir la disposición de suero no tratado. En paralelo, comenzaron las investigaciones científicas para darle un uso a dicho subproducto (Smithers, 2015). Actualmente el suero lácteo es tratado para obtener concentrados de proteína de suero con un 40 % a 80% de proteínas y aislados de proteínas de suero con porcentajes proteicos mayores al 80%; lo que permite el amplio uso de estos productos, principalmente en la industria alimentaria (Silva, et. al., 2013).

3.1.1 Composición del suero lácteo ácido

De acuerdo con Hernández-Rojas y Vélez- Ruíz (2014), la composición nutricional del SA puede variar considerablemente dependiendo de las características de la leche utilizada para la elaboración de queso, el tipo de queso producido y el proceso tecnológico empleado en la elaboración del queso. A partir de dichas diferencias se encuentran dos tipos de lactosueros: el ácido y el dulce. La composición química del suero puede variar dependiendo de la composición química de la leche que varía de acuerdo al estado de lactancia, tipo de alimentación, raza, diferencia individual del animal y el clima (Polat, 2009). Sin embargo, el suero de leche contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original, incluyendo alrededor del 20% de las proteínas (lactoalbúminas y

lactoglobulinas), la mayor parte de la lactosa, minerales (calcio, fósforo, sodio y magnesio) y vitaminas hidrosolubles (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina y ácido ascórbico) (Hernández-Rojas y Vélez- Ruíz, 2014).

El suero puede ser obtenido a partir de leche de diferentes animales como vaca, cabra y oveja. La Tabla 1 muestra una comparación de los componentes del suero a partir de la leche bovina (Smithers,2015). Sin embargo, el suero ácido contiene una mayor cantidad de cenizas que el suero dulce (Hernández-Rojas y Vélez- Ruíz, 2014).

Tabla 1. Comparación de la leche bovina con el suero de dulce y ácido. Adaptado de Smithers, 2015

Componentes o medidas	Suero dulce	Suero ácido	Leche
Solidos totales (%)	6.3	6.6	12.8
Proteína total (%)	0.75	0.75	3.5
Grasa (%)	0.1	0.1	3.7
Cenizas (%)	0.5	0.8	0.7
Lactosa (%)	4.9	4.9	4.9
pH	>5.6	<5.1	6.5 – 6.8
BOD (mg O_2 L^{-1})	>30,000	>35,000	140,000
COD (mg O_2 L^{-1})	>60,000	~80,000	218,000
Energía (kJ L^{-1})	~1,100	~1,100	~1,710

El suero está compuesto por agua, lactosa, proteínas, minerales (calcio, fósforo,

magnesio) y grasa; siendo la proteína el componente de mayor importancia del suero. Estas representan el 18-20 % de las proteínas totales de la leche siendo las proteínas principales β- lactoglobulina, α- lactoabúmina, albúmina de suero sanguíneo e inmunoglobulina (Henández-Rojas y Vélez- Ruíz, 2014). Las proteínas del suero tienen un valor biológico excepcional (medida del porcentaje de un nutriente que es utilizada por el cuerpo) que excede las proteínas del huevo por sobre 15%; son una fuente rica en aminoácidos esenciales ramificados (leucinas, isoleucinas y valina), y de aminoácidos con sulfuro (metionina y cisteína) (Smithers, 2008).

De acuerdo con Hernández y sus colaboradores (2014), la proteína del suero es un ingrediente alimenticio dinámico capaz de desempeñar un papel fundamental en las áreas de la salud mejorando la motilidad intestinal, funcionamiento del sistema inmunológico, cáncer, sistema cardiovascular, mejoría del sistema cardiorrespiratorio y participación en el incremento del rendimiento deportivo. Skryplonek y Jasinska (2015) mencionan que el suero tiene minerales (calcio y fósforo) que absorben fácilmente y son una fuente de vitamina B y vitamina A.

El suero lácteo es considerado como un alimento funcional para varios grupos de consumidores, siendo atletas los principales usuarios, pero también niños y envejecientes (Barukcic, 2018). Debido a lo antes mencionado existe un interés creciente en la industria de alimentos y farmacéuticas para diseñar y formular productos que incorporen componentes bioactivos específicos de las proteínas del suero de leche.

3.1.2 Usos del suero ácido

Debido a las propiedades nutricionales y funcionales, el lactosuero se ha convertido en una materia prima conveniente para transferir diversas propiedades

funcionales a nuevos productos alimenticios (Hernández-Rojas y Vélez- Ruíz, 2014). (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Aplicaciones y beneficios del lactosuero en alimentos. Recopilada de Hernández-Rojas y Vélez-Ruíz, 2014

Aplicaciones en	Algunos beneficios
Productos de panadería	Incrementar el valor nutricional, funcionar como emulsificante, reemplazar la adición de huevo, dar cuerpo a la masa.
Quesos	Incrementar el valor nutricional, funcionar como emulsificante, funcionar como gelificante, mejorar propiedades organolépticas, mejorar consistencia, incrementar la cohesividad.
Bebidas	Incrementar el valor nutricional, mejorar la solubilidad, mejorar la viscosidad, mejorar la estabilidad coloidal.
Postres	Funcionar como emulsificante, dar cuerpo, y textura a los productos.
Confitería	Funcionar como emulsificante y facilitar el batido.
Productos cárnicos	Funcionar como pre-emulsificante, gelificante, mejorar la solubilidad
Otros	Alimentos de mayor valor nutricional y bajo costo, alimento para deportistas, personas de la tercera edad, fórmulas nutricionales para control de peso o aumentar el consumo de proteínas, fórmulas infantiles y especiales para alimentación hospitalaria.

De los 110-115 millones de toneladas de suero ácido producido mundialmente 45% se desecha en ríos. El porcentaje restante es tratado y transformado en productos alimenticios de los cuales el 45% es usado directamente en forma líquida, 30% en polvo,

15% como lactosa y subproductos, y el resto como concentrados de proteína de lactosuero (Parras-Huertas, 2009). La utilización del suero ácido en los últimos años ha ido acompañada de investigaciones en la industria láctea; siendo considerado hoy día como uno de los campos más importantes de investigación y desarrollo en la industria de alimentos (Henández-Rojas y Vélez- Ruíz, 2014).

El suero lácteo ha sido usado desde los años 460 A.C. donde Hipócrates, padre de la medicina moderna, lo utilizaba para tratar condiciones gastrointestinales y de la piel, aunque se desconocía cuál era el mecanismo de acción (Smithers, 2015). Según Smithers (2015), en los siglos 17 al 19 el suero comenzó a hacerse popular como una bebida funcional disponible en restaurantes y posadas conocidos como “whey houses” parecido hoy día a los “coffe shop” y bistros.

En los pasados 20 años, aproximadamente, el procesamiento del suero y el desarrollo de productos han sido enfocados en maximizar el valor constituyente de las proteínas, así como la lactosa y grasa (valorización total del suero) (Smithers, 2015). Con relación a la lactosa del suero, ésta es usada ampliamente en la industria de panes, muffins y bizcochos ya que es un sustituto de sacarosa porque mejora la reacción de Maillard, emulsión y de sabor (Królczyk, et al.;2016).

Por otro parte, las proteínas del suero han sido implicadas en una variedad de efectos nutricionales y fisiológicos incluyendo: (1) rendimiento físico después del ejercicio y prevención de atrofia muscular, (2) saciedad y control de peso, (3) salud cardiovascular, (4) efectos anticancerígenos, (5) reparación y cuidado de heridas, (6) manejo de infecciones, (7) nutrición de infantes, y (8) salud de envejecientes (Smithers, 2008).

Las proteínas del suero también son usadas en una variedad de alimentos gracias a sus propiedades gelificantes y emulsificantes. Por ejemplo, la β lactoglobulina, el principal agente gelificante, es utilizado en hidrogeles de pH sensitivos porque muestra la habilidad de hincharse en agua y retener una fracción significativa de agua dentro de una estructura tridimensional (Parras-Huertas, 2009). Además, de acuerdo con Krolczyk y sus colaboradores (2016), las proteínas del suero podrían ser usadas en el procesamiento de carnes, pollo y pescado. Esto debido a que enlazan agua, previniendo la reducción de masa durante procesos termales y almacenamiento, mejoran la palatabilidad y masticabilidad del producto, aumentando la solubilidad y ayudando a formar emulsiones. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades funcionales de las proteínas de la leche y el SA. Recopilada de Parras-Huertas, 2009

Propiedades	Caseínas	Proteínas del lactosuero
Hidratación	Muy alta capacidad de retención de agua (CRA) con formación pegante a alta concentración	CRA incrementándose con desnaturalización de proteína
Solubilidad	Insoluble a punto isoeléctrico (pI)	Insoluble a pH 5 si es termodesnaturalizado
Gelificación	No gelificación térmica excepto en presencia de calcio. Gelificación micelar por quimosina	Gelificación térmica desde 70ºC influencia de pH y sales
Viscosidad	Soluciones muy viscosas a pH básico y neutral. Viscosidad más baja a pI	Soluciones no muy viscosas excepto si son termodesnaturalizadas

Propiedades emulsificantes	Excelentes propiedades emulsificantes especialmente a pH básico y neutral, baja estabilidad espumante	Buenas propiedades emulsificantes excepto a pH 4-5 si es termodesnaturalizada
Retención de sabores	Buena retención de sabores	Retención muy variable con la desnaturalización
Propiedades de espumado	Baja estabilidad espumante	Excelente estabilidad espumante

El SA puede procesarse para producir un producto seco denominado suero en polvo (WP). En la industria existen diferentes tipos de suero en polvo: Concentrado de proteínas de suero (WPC), Concentrado de proteínas aisladas (WPI) o hidrolizadas (WPH) (González-Martínez et. al., 2002). La industria de alimento utiliza mayormente los concentrados de proteína de lactosuero (WPC). Este es elaborado por ultrafiltración y definido por el Código de Regulaciones Federales de Estados Unidos como la sustancia obtenida por la eliminación de constituyentes no proteicos del lactosuero para que el producto final contenga no menos de 25% de proteína (Parras-Huertas, 2009).

Los WPC son usados como sustitutos de leche descremada y en la elaboración del yogurt, queso procesado, bebidas, salsas, fideos, galletas, helados, bizcochos, bebidas fermentadas, carnes, productos de formulaciones infantiles, para producción de etanol, biomasa, medio de fermentación, y películas comestibles, entre otros (Parras-Huertas, 2009).

Desde el 1970, varios estudios se han enfocado en el uso del suero de leche para hacer yogurt ya que envuelve el aumento de los sólidos totales de la leche con el propósito de tener mejor consistencia, textura y cremosidad del producto (González-Martínez, et.

al, 2002). El SA es una materia prima excelente para elaborar diferentes productos y su utilización reduce los problemas medioambientales que conlleva el disponer de él.

3.2 Suero de mantequilla (SM)

El SM es la fase acuosa liberada durante la agitación de la crema en la manufactura de mantequilla (Sodini et, al., 2005). En los procesos de la elaboración de mantequilla, la crema se expone a tratamientos mecánicos los cuales envuelven la agitación en presencia de aire hasta que los agregados de glóbulos de grasa se rompen liberando la membrana de sus fosfolípidos y proteínas. Estas membranas son liberadas en la fase acuosa conocida como suero de mantequilla "buttermilk" (Correding, M. et. al; 2003). Por lo que el SM se refiere a la fase acuosa que surge cuando se procesa la mantequilla producida de crema que contiene 40% de grasa. Esto envuelve la desestabilización de la emulsión de agua en aceite en la crema para producir la fase lípido (mantequilla) y la fase acuosa (suero) (O'Connell, y Fox, 2000). Vea Figura 1.

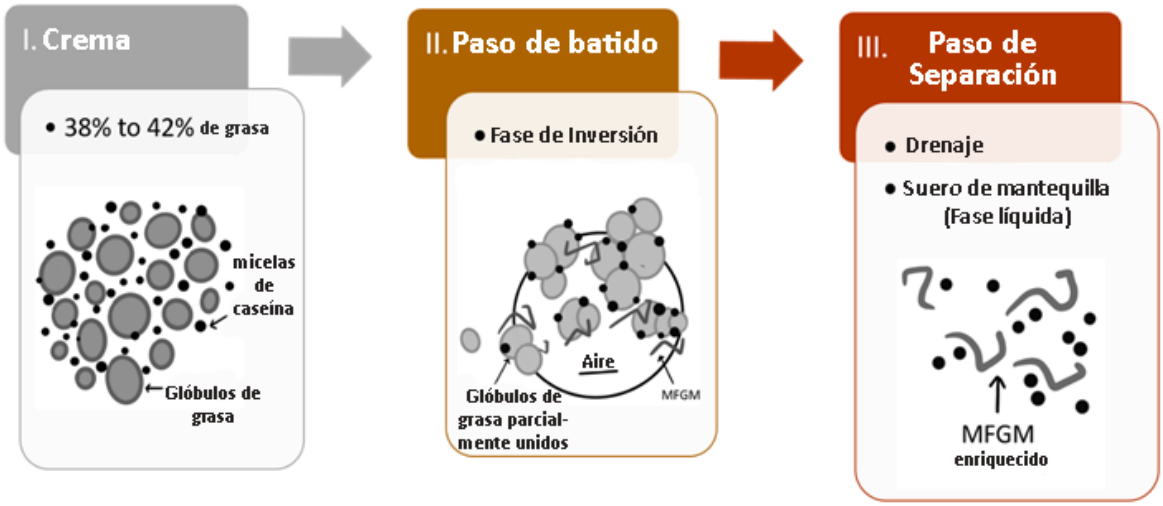


Figura 1. Esquema representativo de la manufactura de mantequilla. Adaptada de Conway; et al.,2014

En la literatura pueden referirse al suero de mantequilla como “buttermilk” o como “whey buttermilk”, aunque pueden referirse también a las leches fermentadas. El SM es frecuentemente comparado con la leche desnatada “skim milk” pero diferentes autores resaltan que el SM contiene mayor contenido de grasa y de material de la membrana de los glóbulos grasos de la leche (MFGM) (Gille, 2011; Jinjarak et al.2006; Sodini et.al. 2006). (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Comparación del suero de mantequilla con la leche desnatada. Recopiladade Gille, 2011la 4. Comparación del suero de mantequilla con la leche desnatada. (Gille, D. 2011).

Constituyentes	100g suero de mantequilla	100g leche desnatada
Agua	90.4 g	90.7 g
Proteína	3.43g	3.43g
Grasa	0.51g	0.07g
Colesterol	4.0 mg	3.0 mg
Carbohidratos	4.01g	4.80g
Minerales	0.75g	0.75g
Vitamina B12	200ng	300ng
Alpha Tocoferol	20µg	Trazas
Ácido Fólico	5 µg	3 µg

Muchos autores enfatizan que el SM contiene todos los componentes de la crema solubles en agua (ej. proteína, lactosa y minerales) y contiene siete veces más fosfolípidos que la leche entera. (Sodini, et.al.,2006). A pesar de los beneficios que tiene a la salud, y la alta cantidad de fosfolípidos presentes, ha sido subestimado por muchos años (Gille, 2011).

El consumo de suero de mantequilla fresco-varia dentro de las ciudades de Europa, pero en general es muy bajo debido a esto se han encontrado usos para el suero como suero en polvo o su uso para alimento de animales, (Gille, 2011). De acuerdo a Correding, y sus colaboradores (2003), el SM ha ganado atención recientemente como ingrediente funcional que podría tener un impacto económico.

La cantidad de mantequilla procesada en EU por mes es en promedio 50 millones de Kg con una producción de alrededor de 2 a 2.5 millones de kg/mes de SM en polvo (USDA, 2001). En general la producción de SM líquido mundialmente es de 4.1 millones de toneladas y 0.6 millones de toneladas en EU basado en la producción de mantequilla (Federación Internacional de lácteos, 2002) (Sodini et. al.,2006). A pesar de todo lo que se produce y los beneficios del SM, la venta de productos de SM ha declinado de 420.5 millones a 248.1 millones de Kg entre 1980 y 2003. Como resultado los bio productos como el SM han tenido que ser desechados (Jinjarak, et. al.,2006).

3.2.1. Composición del Suero de mantequilla

De acuerdo con Jinjarak y sus colaboradores (2006), la composición del SM es similar a la leche desnatada, aunque esta contiene más grasa y componentes de la membrana de glóbulos de la leche (MFGM). Los MFGM está compuesta de una doble capa de lípidos polares con proteína, enzimas, lípidos neutrales y otras trazas de elementos (Rezenda et.al., 2010). Los MFGM son abundantes en fosfolípidos, incluyendo fosfatidilcolina (lecitina), fosfofatidiletanolamina y espingomielina.

Por otro lado, O'Connell, y Fox (2000); Correding y Dalgleish, (1998); Rezenda, et.al. (2010), también señalan que el SM es similar en composición y apariencia a la leche desnatada con la diferencia que este contiene más MFGM, lo cual hace al SM un importante ingrediente

funcional para productos como aderezos, salsa de pastas y mezclas de helados y yogurt. Según Gille, (2011) la existencia de grandes cantidades de MFGM es el responsable de la estabilidad, integridad y protección de la grasa de la leche en la fase acuosa de la leche entera. Al igual que un sin número de autores Rezenda, (2010) y colaboradores, recalca que el SM contiene cantidades considerables de MFGM, pero contiene poca cantidad o no detectable de caseína. También enfatiza que la composición del SM cambia significativamente luego de aplicar ultrafiltración ya que aumenta el contenido de proteína alrededor de 91% y de lípidos alrededor de 200% mientras que el contenido de cenizas se reduce a un 74%.

Tabla 5. Composición del SM. Recopilada de Rezenda, et al.2010

Componentes %	Suero de mantequilla
Solidos totales	8.05 ±0.32
Proteínas	24.89±2.02
Lípidos	16.27±2.06
Fosfolípidos	2.01± 0.16
Cenizas	7.01 ± 0.47

3.2.2 Usos del suero de mantequilla

Desde hace muchos años, el SM es utilizado en una variedad de alimentos como un ingrediente rico en proteína, pero no era utilizado por sus atributos funcionales y los efectos de sus constituyentes individualmente (Correding y Dalgleish,1998). Sin embargo, recientemente el SM ha ganado atención como potencial fuente de ingrediente funcional debido a que varios estudios sugieren que el consumo de fosfolípidos puede traer beneficios a la salud por su actividad biológica y efecto en contra de toxinas bacterial e infecciones (Correding,

et.al.,2003).

Por otro lado, Rezenda, y colaboradores (2010), mencionan que los MFGM especialmente los fosfolípidos tienen un rol importante como emulsificador en alimentos y puede ser usado para mejorar las características del pan, chocolate, margarinas, y productos lácteos. También puede ser usado como un ingrediente funcional en productos como aderezos, salsa de pastas, endurecimientos de quesos, helados o yogurt (O'Conell and Fox, 2000). El SM es usado en muchos productos para mejorar las propiedades sensoriales y físicas, siendo añadido a jugos de frutas como suplemento, al helado como un sustituto de leche en polvo baja en grasa y en yogurt para mejorar la textura (Jinjarak, et.al. 2006). Sodini y colaboradores (2006), mencionan que el SM en la industria de horneado es usado para mejorar la textura y sabor ya que el SM proporciona estabilidad al calor, por otra parte, es usado en la industria de quesos para mejorar la textura de estos por la capacidad de retención de agua de los fosfolípidos.

De acuerdo a Morin y colaboradores (2006), en adición a su uso como emulsificante, es usado en productos de horneado por su sabor. Además, debido a ser rico en proteínas y fosfolípidos, tiene potencial de ser usado en aplicaciones funcionales y nutraceúticas. Gille, (2011), sugiere que las aplicaciones nutraceúticas se deben principalmente a los lípidos de MFGM que incluyen: fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, espingomielina, fosfatidilinositol y fosfatidilserina. La espingomielina puede ayudar en la prevención de varias enfermedades incluyendo el cáncer de colon y la fosfatidilcolina puede interferir en el desarrollo de enfermedades hepáticas. El consumo de fosfolípidos también ha sido asociado con el beneficio de enfermedades cardiovasculares, inflamación y cáncer desde principios del 1990 (Conway, et. al., 2014). El SM es una excelente fuente de glycerofosfolípidos los cuales tienen un efecto similar a los esfingolípidos los cuales juegan un rol importante en la señalización de células y

tienen un impacto fuerte en el desarrollo de las funciones del cerebro (Gille, 2011).

Gille, 2011 y Wong & Kitts, 2003, sugieren que el consumo de SM tiene actividades antioxidantes puesto que las proteínas donan hidrógenos que reducen los radicales libres y, a su vez, liberan los grupos sulfhídricos de la cisteína; lo cual es efectivo para inhibir la autooxidación de lípidos. Dado que el SM tiene 3.2% de proteína correspondiente a la leche (caseína) la cual tiene actividad antioxidante, reduce el daño oxidativo en humanos. Esto debido a que la oxidación es un proceso esencial en el organismo relacionado a la producción de energía. Sin embargo, la oxidación en exceso puede producir especies de oxigeno reactivos (ROS) y daño a las moléculas biológicas. (Gille, 2011).

Sin embargo el contenido de proteínas de suero es mayor que la caseína ya que contiene alrededor de 3.2 g proteína/100 ml donde aproximadamente 20% son proteínas del suero como: beta lactoglobulina (48%), alfa lactoalbúmina (18%), inmunoglobulinas (11%), peptonas proteasas (11%), albuminas (6%), lactoferrinas (1%) y otras (5%) las cuales le ofrecen al SM grandes propiedades funcionales (Gille, 2011).

3.3 Yogurt

De acuerdo al código de regulaciones federales de la FDA (221 CFR 131.200) el yogurt es un alimento producido por el cultivo de uno o más ingredientes lácteos como crema, leche, leche parcialmente desnatada o desnatada usada sola o en combinación. En adición con una caracterización de cultivo bacteriano que contiene bacterias productoras de ácido láctico como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Al mismo se le pueden añadir ingredientes como vitaminas, leche en polvo, leche concentrada desnatada, suero de mantequilla, lactosa, lactoalbúminas, lactoglobulinas y minerales. Según el Decreto Real de España 271(2014) por el que se aprueba la Norma de Calidad para el yogurt, éste debe contener

microorganismos vivos y presentes al momento de su compra y consumo en cantidad mínima de 1 x 10^7 unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro, de lo contrario se cataloga como leche fermentada y no como yogurt. La especificación de un yogurt de acuerdo a USDA (United States Department of Agriculture) requiere menos de 3.25% de grasa y no menos de 8.25% de sólidos no grasos en la leche. Además, las guías de USDA indican que un yogurt debe tener las siguientes características: sabor ácido, firmeza, cuerpo cremoso, textura homogénea, color natural y apariencia suave. El proceso de elaboración de yogurt puede presentar diferentes variantes, pero la mayoría de basan en los pasos presentados en la Figura 2 (Vélez, y Rivas, 2001).

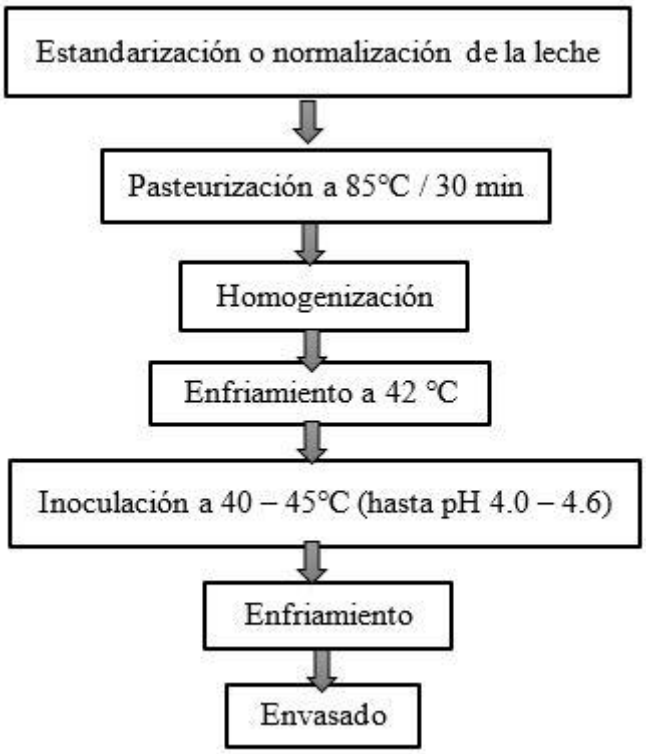


Figura 2. Diagrama de elaboración de yogurt. Recopilada de Vélez y Rivas,2001

El yogurt es uno de los productos fermentados más antiguo, originado en el Oriente medio y Asia (Desai, N.T. et al. 2013). Desde el punto de vista estructural, el yogurt es conocido como un gel particulado en el que los glóbulos de grasa actúan como relleno e

interactúan con la matriz proteica (Vélez, J.F y Rivas, A.H. 2001). El yogurt es un alimento fermentado, suave, viscoso y de sabor propio, con una estructura proteica o gel débil. El yogurt es consumido mundialmente debido a la creencia acerca de sus efectos benéficos en la salud y nutrición humana (Tamime y Robinsons, 1991). Entre los efectos del yogurt en la salud humana figuran: prevención de cáncer de colón, disminución de colesterol, mejoramiento de la flora intestinal, efectos en el sistema inmune, prevención de alergias alimentarias, y prevención de *Helicobacter pylori* causante principal de úlceras gástricas (Parras-Huerta, 2012). Según Parras- Huertas (2012), esto se debe a que el yogurt contiene cultivos iniciadores con funciones probióticas, los cuales pueden ser definidos como suplementos de microorganismos vivos que afectan benéficamente al huésped al mejorar el balance microbiano intestinal; convirtiéndose en un alimento funcional. Por esta razón, el consumo per cápita del yogurt ha aumentado más de 400% durante los pasados 30 años (Dairy Foods Magazine, 2012).

El yogurt es considerado un producto versátil ya que puede ser consumido por personas intolerables a la lactosa y con deficiencia en vitaminas esenciales incluyendo riboflavina (vitamina B2), vitamina B12, fósforo y potasio (Stall, S. 2012). Por estos beneficios la producción de yogurt en el 2011 fue de 4.3 billones de libra en 130 plantas de procesamiento, donde el consumo aumentó a 11.8 libras por persona, obteniendo un recaudo en ventas de $5.2 billones para finales de mayo 2011 en EU. (Schultz, M. 2013)

3.3.1 Yogurt Griego

De acuerdo a Tamime y Robinsosn (1991), existen gran variedad de tipos de yogurt a nivel mundial, los cuales dependen de los procesos de manufactura (Figura 3).

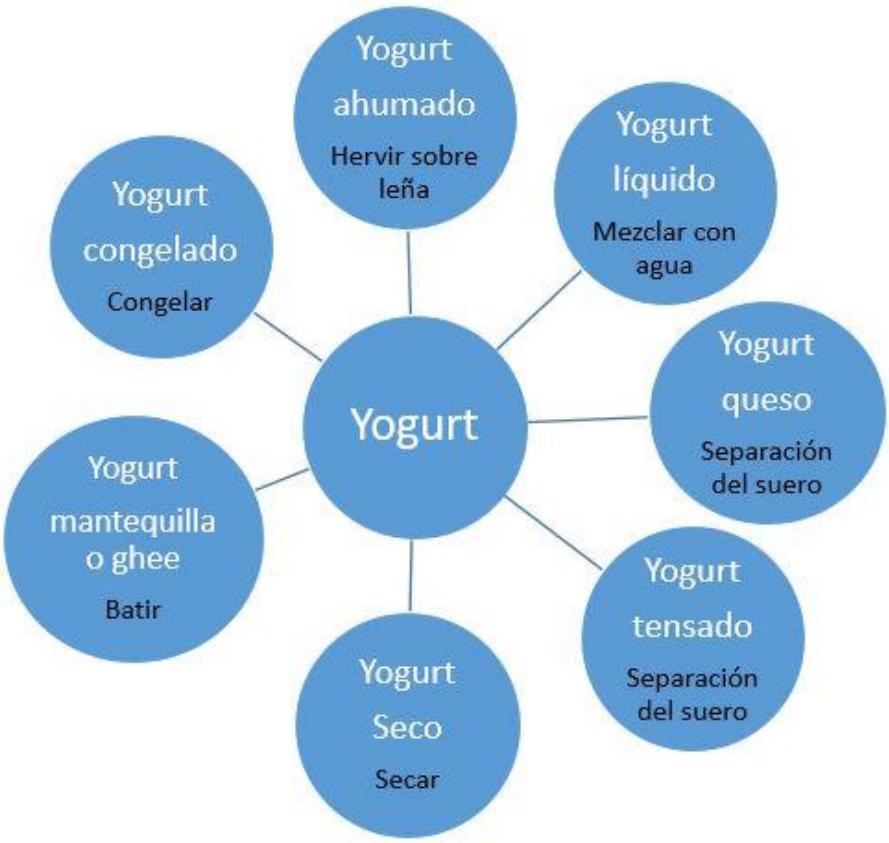


Figura 3. Esquema de los diferentes yogurts dependiendo el proceso de manufactura. Recopilada de Tamime y Robinsons 1991

El yogurt griego o concentrado es conocido en Europa como yogurt tensado. Este es un producto fermentado semi sólido derivado del yogurt por el drenaje de agua y compuestos solubles en agua (Dasai, et. al, 2013). En el pasado, el yogurt griego se producía colocando el yogurt en piel de animal hasta que el líquido era absorbido o evaporado, pero por razones de higiene, los sacos de tela son extensamente utilizados (Tamime and Robinsons, 1991). Sin embargo, métodos modernos de manufactura incluyen el uso de centrifugación y ultrafiltración del yogurt (Dasai, et. al, 2013). El proceso tradicional de obtención del yogurt griego incluye la fermentación de la leche hasta pH 4.6, seguido por presión del producto (a través de un paño para queso) durante varias horas para el drenaje del suero. Esto incrementa los sólidos totales desde un 14%

hasta el 21% (Miranda, O. et. al;2016). En adición al drenaje del suero, el yogurt también puede ser manufacturado usando la adición de hidrocoloides para proveer la textura espesa que lo caracteriza (Gyawali y Ibrahim, 2016).

El yogurt griego es un producto lácteo producido por la fermentación de la leche utilizando bacterias ácido-lácticas. (Parras- Huertas, R.A., 2012). Algunas de las bacterias usadas para la elaboración del yogurt son *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (Serafeimidou, A. et al. 2012). Tradicionalmente el yogurt griego es hecho con 3 ingredientes: leche, crema y cultivos de bacterias vivas, las cuales le dan la textura y el sabor (Stall, S., 2012). Dicho yogurt puede hacerse utilizando leche de cabra o de oveja, pero comúnmente se utiliza leche de vaca. Cabe mencionar que este se manufactura sin estandarización ni homogenización de la leche (Serafeimidou A. et al. 2012).

De acuerdo a la Asociación Nacional de Yogurt (NYA, 2011), el yogurt griego puede contener más de 10 gramos de proteína por porción. Este además contiene menor cantidad de sodio y azúcar que el yogurt regular (Stall, S. 2012). Este tipo de alimento ha tomado popularidad debido a que los mismos contienen probióticos, los cuales son definidos como suplementos de microorganismos vivos que afectan benéficamente al huésped al mejorar el balance microbiano intestinal (Parras- Huertas, R.A., 2012).

Las regulaciones de Codex para el yogurt indican que el mínimo del contenido de proteínas de la leche es 2.7% excepto para el yogurt griego donde el mínimo del contenido de proteína es 5.6% después de concentrado y un máximo de contenido de grasa de 15% (Lee, & Lucey, 2010). La concentración de proteína en la leche es de gran importancia para la fabricación del yogurt griego, siendo mejor con una mayor concentración de caseína. A medida que aumenta la concentración de proteína, el

incremento en la acidez produce la coagulación de la caseína y se obtiene un producto mucho más espeso; convirtiéndose en un producto deseable para el consumidor (Villeda-Fuentes, 2015). Cabe mencionar que, a pesar de que existen niveles establecidos de grasa y sólidos totales, para él yogurt griego, no existen estándares legales o definición en los Estados Unidos para el yogurt griego (Dasai, et. al, 2013).

3.3.2. Diferencias entre el Yogurt y el Yogurt Griego

De acuerdo al "Dairy Council of California" (2018), ambos, tipos de yogurt tienen la leche como ingrediente principal y ambos contribuyen a una dieta saludable. Pero se diferencian en que el yogurt griego tiene el doble de proteína, la mitad del contenido de sodio y carbohidratos que el yogurt regular como se observa por ejemplo en el yogurt marca Dannon (Tabla 6). El yogurt griego es más denso debido a que se le remueve mayor cantidad de suero líquido, lactosa y azúcar provocando una consistencia más gruesa que el yogurt regular (Hiatt y Haupt, 2011). Debido a que en la preparación del yogurt griego se pierde mucho volumen de líquido, este es más costoso ya que típicamente se usan 4 tazas de leche para producir 1 taza de yogurt griego, mientras que con 1 taza de leche se puede producir 1 taza de yogurt regular (Feutz, 2012). De acuerdo al Codex Alimentarius para leches fermentadas (2003), el yogurt griego tiene que tener un aumento en el contenido de proteína después de la fermentación a un mínimo de 5.6% comparado con el yogurt regular el cual tiene un contenido de proteína mínimo de 2.7%.

Tabla 6. Comparación de yogurt regular y el yogurt griego marca Danno. Modificada de Feutz, 2012

Información nutricional	Dannon regular	Dannon Oikos (griego)
Tamaño	170 g	150 g
Calorías	150	160
Grasa total	1.5 g	4.5 g
Colesterol	5 mg	15 mg
Sodio	110 mg	55 mg
Potasio	290 mg	170 mg
Carbohidratos totales	28 g	18 g
Fibra dietaría	<1 g	0 g
Azúcar	26 g	17 g
Proteína	6 g	11 g
Calcio	25% DV	15% DV

3.4. Viscosidad

El concepto de viscosidad nació con Newton, cuando en su obra "Philosophiae Naturalis Principia Matemática" afirmó que la resistencia ejercida que surge a partir de una falta en el deslizamiento de un fluido, si el resto de los factores se mantienen, es proporcional a la velocidad a la que las partes de un fluido son separadas entre sí. Esta capacidad de deslizamiento de un fluido más tarde fue llamada viscosidad (García-Quesada, 2008). La fuerza de atracción que mantiene las moléculas a distancias ínfimas dando a los líquidos suficiente cohesión, determinan que estos produzcan fricción al fluir a través de un tubo. La resistencia que el líquido ofrece al flujo es lo que actualmente se conoce como viscosidad. En el caso de los líquidos, la viscosidad disminuye a medida que aumenta la temperatura y decrece la presión

atmosférica (Ramírez-Navas, 2006).

Para medir la viscosidad se utilizan viscosímetros los cuales están basados principalmente en principios de: flujo a través de un tubo capilar (viscosímetro de Ostwald); flujo a través de un orificio (viscosímetro de Saybolt); rotación de un cilindro o aguja en el material de prueba (viscosímetro de Stomer y Brookfield) (Pérez, 2000). Las unidades de viscosidad más utilizadas son los milipascales por segundo (mPa.s), aunque aún se sigue usando el centiPoise (Cp) como unidad de medida (1Cp = 1 mPa.s) (Ramírez-Navas, 2006). Las medidas de la viscosidad y las propiedades de flujo de los alimentos son fundamentales para un gran número de propósitos tales como control de calidad, análisis estructural, aplicaciones de ingeniería de procesos y evaluación sensorial (ej. cremosidad, jugosidad, suavidad, fragilidad, dureza, esponjosidad, etc.) y en el entendimiento de los procesos de transporte en la industria de los alimentos incluyendo extrusión. (Ciro-Velásquez, 2006).

3.4.1. Tipos de viscosidad

Existen tres tipos de viscosidad; la viscosidad dinámica (velocidad del movimiento de las partículas y el esfuerzo cortante), la viscosidad cinética (división entre la dinámica y a densidad del fluido) y la viscosidad aparente (división del esfuerzo cortante entre la velocidad de deformación del fluido, cuando su comportamiento no es lineal). Estas viscosidades están influenciadas por la densidad o velocidad de fluidez de los fluidos (sustancia que se deforma continuamente bajo la aplicación de esfuerzos cortantes (Ramírez-Navas, 2006). Los alimentos fluidos pueden exhibir un amplio comportamiento de diferentes propiedades reológicas, los que tienen bajas viscosidades fluyen fácilmente como el agua, leche y jugos concentrados. Otros son muy viscosos, como las mieles y purés, por lo que existe una amplia gama de investigaciones donde determinan el comportamiento reológico de los alimentos (Ciro-Velásquez, 2006).

Al igual que la viscosidad, existen 2 tipos de fluidos: 1. Newtonianos (proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación), 2. No newtonianos (no hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación) (Ramírez-Navas, J.S., 2006). (Ver Figura 4.)

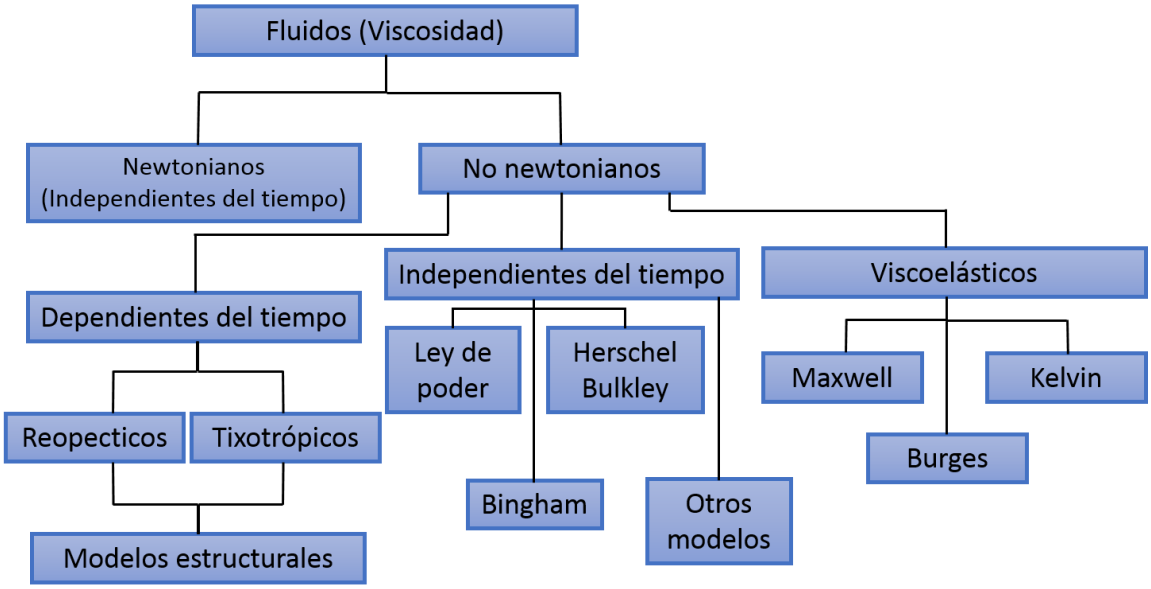


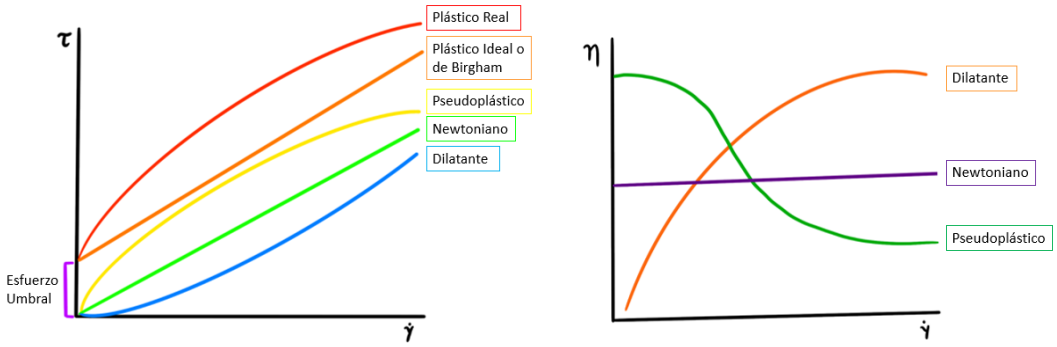
Figura 4. Esquema de los tipos de fluidos existente en reología. Recopilada de Ramírez, 2006

Los fluidos newtonianos, se caracterizan por cumplir la Ley de Newton, es decir, fluidos en los que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. En estos fluidos la viscosidad no depende del tiempo de aplicación del esfuerzo, aunque si puede depender de la temperatura o la presión a la que se encuentre el fluido (Ramírez-Navas, 2006). De acuerdo a Ciro-Velásquez, (2008), los fluidos newtonianos, o líquidos ideales, son exhibidos por algunos alimentos bajo ciertas condiciones como por ejemplo el agua, té, café, jugos concentrados, algunas mieles y leche. Sin embargo, hay otros que no tienen un comportamiento ideal y son denominados como no newtonianos. Los fluidos no newtonianos presentan una deformación que no es lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Estos a su vez, pueden ser dependientes o independientes del tiempo

de aplicación del esfuerzo cortante (Ramírez-Navas, J.S., 2006).

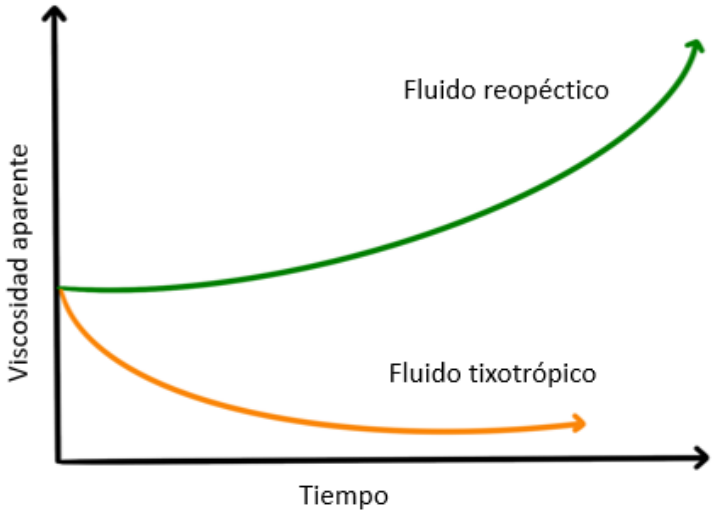
Los fluidos no newtonianos que no varían su viscosidad con la razón de cizalla por lo que se denominan fluidos pseudoplásticos (manifiesta un decrecimiento en la viscosidad a medida que la tasa de corte aumenta, comúnmente referido como "Shear thinning", fluidos dilatantes (aumento en la viscosidad a medida que la tasa de corte aumenta, referido como "shear thickening") o fluidos plásticos (valor del esfuerzo cortante que debe ser aplicado antes de que el fluido fluya) (Ciro-Velásquez, 2006). (Ver Gráficas 1)

Gráfica 1. Curvas de flujos para distintos tipos de comportamiento. Recopilada de García-Quesada, 2008



Por otro lado, los no newtonianos que son dependientes del tiempo se pueden clasificar como fluidos reopécticos (viscosidad aparente aumenta con el tiempo cuando está sujeto a una razón de corte constante) o fluidos tixotrópico (viscosidad aparente disminuye con el tiempo cuando está sujeto a tasa de corte constante) (Ciro-Velásquez, 2006) Los fluidos tixotrópicos son considerados como pequeñas partículas agregadas unidas por fuerzas débiles, esto debido a que una vez la fuerza es removida, los agregados pueden reestructurarse con el tiempo, a medida que las partículas colisionan unas con otras debido al movimiento. Un ejemplo típico de este comportamiento es el yogurt griego, el cual puede recuperar su viscosidad aparente si les es permitido permanecer en reposo durante suficiente tiempo (Ramírez-Navas, 2006) (Ver Gráfica 2.)

Gráfica 2. Comportamiento de fluidos no newtonianos dependientes del tiempo. Recopilada de Ciro-Velázquez, 2006



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materia prima: Suero de mantequilla y suero lácteo ácido

El suero de mantequilla se obtuvo de la Compañía Indulac, Inc., y se mantuvo refrigerado a 4°C hasta su utilización para la elaboración del yogurt griego.

Para la obtención de suero lácteo ácido se preparó inicialmente queso blanco en el Laboratorio de Productos Lácteos del Departamento de Ciencia Animal. La leche cruda utilizada para la producción de dicho queso blanco fue obtenida de la vaquería de la Subestación de Lajas. Para elaborar el queso blanco se calentó la leche a 85 - 90°C y una vez alcanzada la temperatura se le añadió ácido acético revolviendo continuamente hasta observar la precipitación de la caseína y obtener el suero lácteo. El suero lácteo ácido recolectado fue filtrado, neutralizado y almacenado a -5°C hasta la elaboración del yogurt griego.

4.1.1 Estandarización del sustrato

Previo a la utilización del suero lácteo ácido, este se neutralizó con una solución de hidróxido de potasio (KOH) 8M llevando el pH de 4.6 a 6.4 (pH de la leche), luego se filtró y almacenó en el congelador (-5ºC).

Se determinó el contenido de grasa del suero lácteo ácido, del suero de mantequilla y de la leche utilizando el método de Mojonnier AOAC 989.05 (AOAC, 1998). También se determinó la humedad por el método de secado al horno "Draft Oven Method" (AOAC 948.12). Los datos obtenidos fueron utilizados en la siguiente ecuación para calcular la cantidad de sólidos no grasos (SNG) del suero de leche, suero de mantequilla y leche.

$$SNG = 100 - \text{humedad} - \%\ \text{grasa} \qquad [1]$$

Los valores obtenidos fueron utilizados con el fin de determinar la cantidad de SNG a adicionar para estandarizar la formulación a un 14 % SNG. Para aumentar el % de SNG en el

suero ácido y de mantequilla se le adicionó leche en polvo descremada. Para determinar la cantidad de leche en polvo a adicionar se utilizó el cuadrado de Pearson (Tabla. 7) y luego se homogenizó y pasteurizó la muestra a 85 °C por un periodo de 30 minutos.

Tabla 7. Cuadrado de Pearson para la formulación del yogurt griego

Ingredientes	% SNG	% SNG deseado en el Yogurt	Resta cruzada (Partes)	% ingredientes en la formulación
Leche en polvo "Mi vaquita"	% SNG leche en polvo (LP)	14% SNG	ej. %SM= 14 - %SNG SM	$\frac{\%SM}{\Sigma\ \%SNG\ (LP+SM)}$
Sueros (SM o SA)	%SNG Sueros		+ (vertical) $\Sigma\ \%SNG\ (LP+SM)$	

4.2 Elaboración del yogurt

4.2.1. Desarrollo de formulaciones

Para la elaboración del yogurt griego a base de leche se utilizó uno de los 3 métodos propuestos por Labropoulos y colaboradores (1983) donde la leche es pasteurizada por métodos convencionales a (Figura 5.)

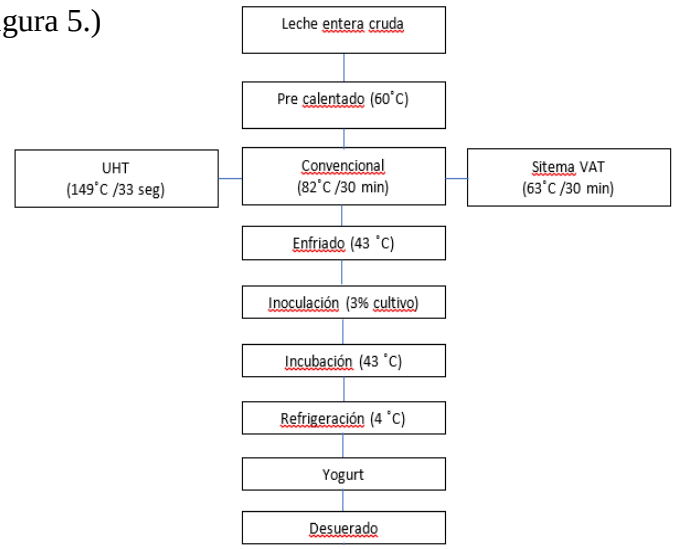


Figura 5. Proceso de fermentación del yogurt. Recopilada por Labropoulos, et al.1983

La elaboración del yogurt griego se inició calentando en baño de María a 85 °C por un periodo de 30 minutos para pasteurizar el suero de mantequilla o el suero ácido previamente estandarizados. Una vez completada la pasteurización se prosiguió a preparar las formulaciones. Se realizaron tres formulaciones distintitas preliminarmente basadas en el contenido de sólidos no grasos (SNG) y el % de grasa de la leche: 1) 8.25% SNG y 2% grasa, 2) 14% SNG y 2% grasa y 3) 14%SNG y 1% grasa. De estas distintas formulaciones finalmente se escogió la que contenía 14% SNG y leche con 1% grasa. Basado en esta formulación se prepararon 3 tratamientos: yogurt griego leche (control), yogurt griego con suero ácido (YG-SA) y yogurt griego con suero de mantequilla (YG-SM) los cuales se muestran a continuación (Tabla 8)

Tabla 8. Formulación para la elaboración del yogurt griego

Formulación	***% Suero***	***%Leche***	***% Leche en polvo***	***% Inóculo***
YG – L (control)	_	97	2	1
YG- SA	91.2	-	7.8	1
YG- SM	92.3	-	6.7	1

En el proceso de elaboración del yogurt control, la leche utilizada no se pasteurizó ya que se usó leche Indulac ® UHT de 1% de grasa. Por otro lado, el SA y SM si fueron pasteurizados, luego de añadir la leche en polvo descremada previamente pesada para añadirle la cantidad necesaria de sólidos y se mezcló para obtener una solución homogénea. Una vez concluido el tratamiento térmico, se colocaron las mezclas en baño de María invertido para bajar la temperatura a cerca de 40°C. Cuando alcanzó dicha temperatura se inoculó (1% inóculo) el lote con yogurt griego “plain”

bajo en grasa de la marca Chobani® el cual contenía cultivos de *Lactobacillus bulgaricus spp* y *Streptococcus thermophilus*. Los lotes inoculados de SM, SA y control, estos fueron colocados en la incubadora (VWR, BOD low temp incubator) a 40°C hasta que se completó el proceso de fermentación y los lotes alcanzaron un pH de 4.40, aproximadamente.

Se removieron los lotes de la incubadora y la cuajada fue transferida a sacos de tela de algodón para extraer la mayor cantidad de líquido y obtener la consistencia de un yogurt griego (espesa). Los sacos se colocaron en el refrigerador a 5°C por 24 horas para detener el proceso de fermentación a la misma vez que las muestras se desueraban. (Figura 6). Una vez pasado el tiempo de desuerado, se removió el yogurt griego de los sacos de tela y se almacenaron en envases de plástico en el refrigerador hasta realizarle los análisis correspondientes.

Figura 6. Método de desuerado en sacos de tela

4.3 Análisis

4.3.1. Análisis proximal

4.3.1.1 Determinación de humedad

Para determinar la humedad se siguió el método de la AOAC 990.20 (AOAC, 2006) donde se tomó 1 platillos de aluminio previamente identificado y se secó en el horno convencional (Napco, model 630) a una temperatura de 105°C por 24 horas. Se enfrió en un desecador y se tomó su peso en una balanza analítica (Sartorius, M- power AZ) hasta obtener un peso constante. Una vez pesado, se le añadieron 3.0 ± 0.01g de muestra (YG-L, YG-SA y YG- SM). Se realizó un pre- secado en un "hot plate" evaporando el agua de la muestra por aproximadamente 2 min. Luego se colocaron los platillos de aluminio con la muestra en el horno convencional por un periodo de 24 horas. Después de transcurrido este tiempo, los platillos de aluminio con la muestra se dejaron enfriar en un desecador por un periodo de 30 minutos y se pesaron. Este método se realizó por triplicado para cada tratamiento. El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(Peso\ de\ muestra\ húmeda - Peso\ muestra\ seca)}{Peso\ muestra\ húmeda}\ x\ 100 \quad [2]$$

4.3.1.2. Determinación de cenizas

El contenido de cenizas fue determinado por el método de AOAC 923.03. Para este método se secaron los crisoles con tapa en el horno convencional a 100°C por 24 horas, se enfrió en el desecador y el peso. Seguido se pesaron 5g ± 0.01g de muestra húmeda y se colocaron en el horno convencional para hacer un pre secado a 100°C por 24 hr. Luego se colocaron las muestras en la muffla (Muffle Furnance, Isotemp, Fisher Scientific, USA)

utilizando una rampa de intérvalos de temperatura que comenzaba a una temperatura de 120°C hasta alcanzar 550 °C (Tabla 9). Luego de este tiempo los crisoles se colocaron en un desecador, se dejaron enfriar por aproximadamente 3 horas y se pesaron. La determinación de cenizas se realizó por triplicado y se obtuvo de la siguiente ecuación.

$$\%\ Cenizas\ (BH) = \frac{Peso\ cenizas}{Peso\ muetra\ húmeda} x\ 100 \qquad [3]$$

Tabla 9. Rampa de temperatura para cenizas

Temperatura	Tiempo
120 °C	3 hr
150 °C	3 hr
190 °C	2 hr
225 °C	1 hr
275 °C	40 min
350 °C	40 min
440 °C	20 min
500°C	20 min
550 °C	24 hr

4.3.1.3 Determinación de proteína bruta

La cantidad de proteína es una medida importante debido a que ésta indica la diferencia entre un yogurt regular y un yogurt griego. El método utilizado para determinar la cantidad de proteína fue el Método de Kjeldahl 991.20 (AOAC, 1998). Para este método se pesaron 10 g de muestra húmeda. La muestra se deshidrató en el horno convencional a 100 °C por 24 hr. Una vez

deshidratada y enfriada se molió con un mortero y se pesaron 0.5 g. La muestra se transfirió a un tubo de digestión de 100 ml al cual se le adicionaron 3.5 g de mezcla catalizadora [sulfato de potasio (K_2SO_4) y Sulfato de cobre ($CuSO_4$)], 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y 5 ml de peróxido de hidrógeno al 35%. Los tubos se colocaron en el bloque de digestión (Digestion System 6, Tecator, Sweeden) donde permanecieron por 40 minutos, aumentando la temperatura con una rampa hasta alcanzar los 420°C aproximadamente. Una vez transcurrido el tiempo se sacaron los tubos y se dejaron enfriar. Las muestras destiladas y enfriadas se enjuagaron con 50 ml de agua destilada y se le adicionaron 50 ml de NaOH al 40 %. Para el proceso de destilación se encendió el destilador (Rapidstill II, Labconco, USA) el cual destila a 80% de flujo de vapor por 3 minutos. La muestra destilada se recogió en un frasco con 25 ml de ácido bórico 4% (indicador) el cual se tornó de color verde. El destilado se tituló con HCL 0.2N estandarizado hasta obtener un color gris rosado y tener un punto de equivalencia. Esto se realizó por triplicado y se calculó el contenido de nitrógeno y el porcentaje de proteína usando las siguientes ecuaciones:

$$\% \ N = \frac{Vol.HCL\ utilizado\ en\ la\ titulación\ (ml) x\ Normalidad\ de\ HCl\ x\ peso\ atómico\ N\ x100}{Peso\ muestra\ seca\ (g) x\ 1000}$$

[4]

% PRO = % de N x F [5]

F (Factor de conversión para lácteos) = 6.38

4.3.1.4 Determinación de Grasa

El contenido de grasa se determinó usando el método de Mojonnier AOAC 989.05 (AOAC, 1998). Los platos de vidrio y el tubo de extracción de Mojonnier identificados, se secaron en un horno a 105 °C por 24 hr, se enfriaron

en un desecador y se pesaron hasta que llegaron a peso constante. Se pesaron 10 g ± 0.001g en el tubo de extracción Mojonnier y se le adicionaron 1.5 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH) y 3 gotas de indicador fenolftaleína. Luego de ser agitado por 2 minutos se adicionaron 10 ml de etanol al 95% y se agitó por 2 minutos. Luego se adicionaron 25 ml de éter etílico y 25 ml de éter de petróleo y se agitó por 2 minutos después de adicionarle cada uno de los reactivos. Se dejó reposar por 30 min aproximadamente o hasta que estuvieron completamente separadas las fases.

Una vez separadas las fases, se decantó la fase etérea en un matraz y se repitió la extracción 2 veces más usando una mezcla de 5 ml de etanol, 25 ml de éter etílico y 25 ml de éter de petróleo, agitando luego de cada adición de ésteres como se mencionó anteriormente. La fase orgánica obtenida en el plato de vidrio se calentó en una plancha de calentamiento para evaporar el éter y luego se colocó en el horno (Napco, model 630) por 15 min para eliminar el extracto lipídico. Pasado dicho tiempo se colocó en un desecador para enfriarlas y, una vez fríos, se pesaron en una balanza analítica (Sartorius M-power). Este método se realizó por triplicado tanto para las muestras de yogurt griego a base de leche como a base de sueros usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ grasa} = \frac{peso\ plato + grasa - peso\ plato}{peso\ muestra\ humeda}\ x\ 100 \qquad [6]$$

4.3.2. Análisis fisicoquímicos

4.3.2.1. Determinación de acidez titulable

Para determinar la acidez titulable (AT) se utilizó el método utilizado

por Bong y Moraru (2014), el cual es tomado a su vez de la Federación Internacional de Lácteos. Para determinar la AT se diluyeron 9 g de yogurt griego con 18g de agua deionizada. S se le adicionaron 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N hasta que se observó un color rosado. El volumen de NaOH 0.1 N requerido para la titulación fue utilizado para determinar la AT. El AT fue realizado por triplicado en los días 0, 15 y 28 de la siguiente manera:

$$\%\, acidez = \frac{ml\ de\ NaOHx\ \ 0.1Nx\ 90}{peso\ mustra\ humeda} \text{ x } 100 \quad [7]$$

4.3.2.2. Medida de pH

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) se realizó utilizando un potenciómetro (VWR Sartorius Docu-pHMeter, USA) previamente calibrado con buffers de 4, 7 y 10 de acuerdo a las instrucciones del manual. Los electrodos del potenciómetro fueron directamente sumergidos en las 3 muestras de yogurt: YGL, YG-SA, YG-SM hasta que la lectura fuera constante. Esta prueba se realizó por triplicado en los días 0, 15, 28.

4.3.2.3. Medida de "Water holding Capacity" (WHC)

La medida de cantidad de agua retenida se determinó según estableció Dong y Moraru (2014). La misma es una versión modificada de la reportada por Sodini et al (2004). Para este método se pesaron 10 g de yogurt griego y se colocaron en un tubo de centrífuga. Se centrifugó a 1,250 g por 10 min a 20ºC en una centrífuga de alta velocidad (*Eppendorf centrifuge 5702)* (Vélez y Rivas, 2001). Dicho método se realizó por triplicado en los días 0, 15 y 28. La cantidad de suero liberado durante la centrifugación (g), fue pesado para calcular el WHC utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{WHC} = \frac{peso\ de\ la\ muestra - suero\ liberado}{peso\ de\ la\ muestra} x\ 100 \text{ [8]}$$

$$\text{Sinéresis} = 100 - \%\text{WHC [9]}$$

4.3.2.4. Determinación de viscosidad

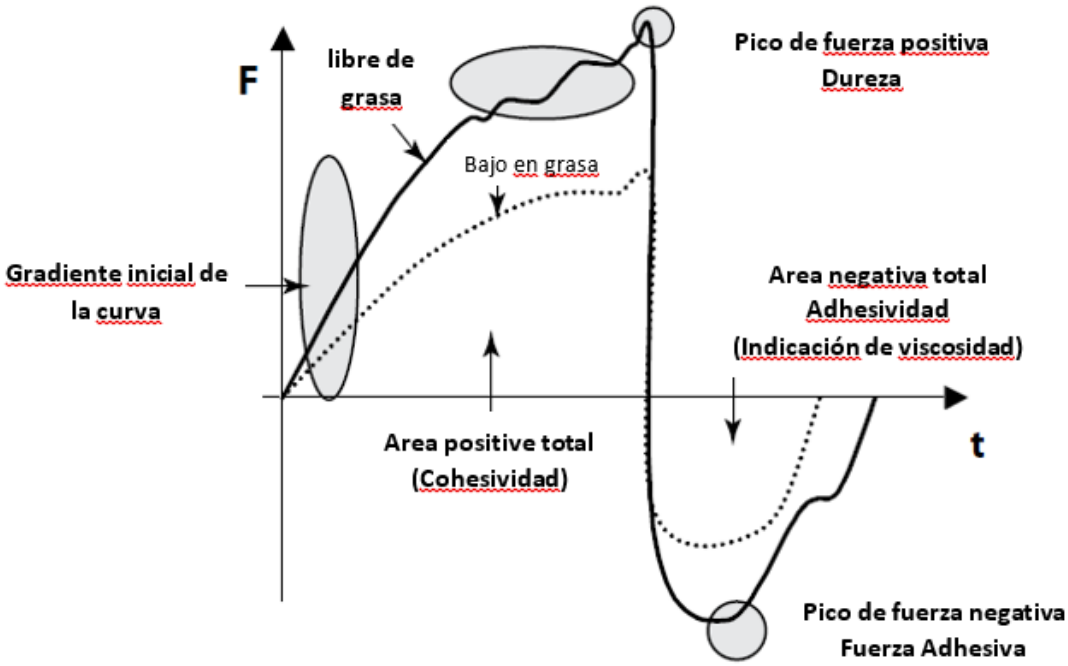
El yogurt es clasificado como un fluido no newtoniano (no hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación). Este es un comportamiento de flujo complejo, dependiente del esfuerzo cortante y del tiempo, por lo que es importante estudiar la reología con respecto al proceso, manejo, desarrollo de productos y aspectos de control de calidad (Vélez y Rivas, 2001). La viscosidad se puede definir como una medida de la resistencia a la deformación del fluido. Para medir la viscosidad del YG se utilizó un viscosímetro rotacional (Brookfield DV-E Viscosimeter) con una sonda rotacional S06. Las muestras de YG-L, YG-SA y YG-SM fueron servidas en “beakers” de 600 ml y se les analizó la viscosidad a 3, 6, 10, 12, 20, 30, 50, 60 y 100 rpm. Este procedimiento se realizó por triplicado.

4.3.2.5 Análisis de Textura

El análisis de textura se realizó utilizando el texturómetro (Texture Technologies Analyzer-Stable Micro System Model TA-XT2, USA). Se escogió una prueba preajustada para yogurt la cual permitió tomar medidas de firmeza, consistencia, adhesividad y viscosidad utilizando un implemento de disco de 4mm. La prueba se realizó a una velocidad de 1.0 mm/seg, una distancia de entrada de 30mm y una fuerza de disparo de 10g. Para este análisis se colocó la muestra en un frasco de cristal donde el implemento penetraba 30 mm en el yogur midiendo el pico de fuerza máxima determinado como la firmeza en la primera compresión. También se determinó el área

debajo de la curva de fuerza tomada como la consistencia y la medida de adhesividad determinada por la región negativa de la gráfica debido a la resistencia de la muestra para sacar el disco. (Gráfica 3) Las muestras utilizadas fueron preparadas y desueradas con anticipación y se dejaron reposando por dos días en refrigeración. Esta prueba se realizó por triplicado a los 3 tratamientos.

Gráfica 3. Curva de la textura de yogurt medida por un texturometro. Recopilada del Manual No. M08-372-E0315



4.3.3 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron siguiendo los protocolos del Bacteriological Analytical Manual (BAM por sus siglas en inglés) y Standard Methods for the Examination of

Dairy Products (Wehr & Frank, 2004). Las preparaciones de los medios se realizaron siguiendo las instrucciones del manufacturero de cada medio. Se hicieron diluciones seriadas para coliformes, bacterias ácido-lácticas, y mohos y levaduras. Los resultados fueron reportados como UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramo). Se hicieron análisis por duplicado los días 0, 15, 28.

4.3.3.1. Enumeración de coliformes

La presencia de coliformes en YG-L, YG-SA, YG-SM se enumeró usando 3M ™ Petrifilm E.coli and Coliform count. Se examinó por duplicado al inicio (día 0), al día 15 y al final (día 28) utilizando diluciones seriadas desde 10^{-1} - 10^{-4} las cuales se incubaron (Isotemp Incubadora, Fisher Scientific) a 35º C ± 2 por un periodo de 48 horas.

4.3.3.2. Enumeración de Mohos y levaduras

Los mohos y levaduras se enumeraron usando PDA (Potato Dextrose Agar) a pH 3.5 ± 0.1 el cual fue ajustado con ácido tartárico al 10% según las instrucciones del manufacturero. Los análisis se realizaron por duplicado al inicio (día 0), al día 15 y al final (día 28) con diluciones desde 10^{-1} - 10^{-4} las cuales se incubaron (Isotemp Incubadora, Fisher Scientific) a 25º C ± 2 por un periodo de 5 días.

4.3.3.3 Enumeración de bacterias ácido-lácticas

Las bacterias ácido-lácticas se determinaron usando el medio de cultivo MRS (Man Ragosa y Sharpe), con muestreos al inicio (día 0), al día 15 y al final (día 28) con diluciones desde 10^{-4} - $10^{-8.}$ Para el medio MRS se usó el método de vertido en plato y se incubaron anaeróbicamente utilizando una jarra

hermética donde se eliminó el oxígeno utilizando un “gas pack” (Isotemp Incubadora, Fisher Scientific) a 35° C ± 2 por un periodo de 48 horas. Este se método se realizó por duplicado.

4.3.4. Análisis Sensorial

4.3.4.1 Preparación de las muestras

Luego de elaborado y desuerado el yogurt se prepararon 700 muestras de cada tratamiento: YG-L, YG-SA y YG-SM las cuales se empacaron en vasos plásticos de una onza en porciones iguales y se almacenaron a 4° C, previamente codificadas con 3 dígitos aleatorios hasta el día del sensorial.

4.3.4.2. Prueba de ordenamiento

Para el análisis de la prueba de ordenamiento participaron 144 panelistas los cuales se componían principalmente de estudiantes y empleados del Recinto Universitario de Mayagüez. A cada panelista se les brindaron las tres muestras de yogurt griego, una de cada tratamiento, codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Los panelistas tenían que evaluar de izquierda a derecha y asignar un valor de acuerdo a la preferencia (1 era el de mayor preferencia y el 3 el de menor preferencia). Para una mejor evaluación de las muestras, se les brindo agua y galleta para limpiar el paladar entre muestras y brindar una mejor evaluación. Luego de asignarle valores a las muestras, se les solicitó que comentarán en que basaron su preferencia y que contestarán la siguiente pregunta, ¿De estar el producto disponible en el mercado lo compraría? (Ver en Anejo 9.6.2.1).

4.3.4.3 Prueba de referencia al control

La prueba de diferente al control pretende evaluar si hay alguna diferencia entre

los tres tratamientos y la referencia la cual se encuentra también dentro de los tres tratamientos. Para esta prueba se les ofreció a los panelistas tres muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos y una muestra del tratamiento control identificada con la letra R. Para su evaluación se les ofreció la siguiente escala de categoría: extremadamente diferente, demasiado diferente, muy diferente, diferente, moderadamente diferente y nada diferente. Para realizar la prueba de diferente al control participaron 40 panelistas, los cuales en su mayoría eran estudiantes o empleados del Recinto Universitario de Mayagüez. Estos panelistas fueron ubicados en el cuarto de sensorial donde se le ofrecieron las cuatro muestras, galleta y agua para limpiar su paladar entre muestras. También se le ofreció la hoja del panelista con instrucciones y lápiz. (Ver la hoja del panelista en el Anejo 9.6.1.1)

4.3.5 Análisis Estadístico

Todos los análisis realizados se evaluaron por medio de análisis estadístico. Para esto se calcularon las medias y desviaciones estándar para cada experimento. Los resultados fueron comparados con un análisis de varianza ANOVA de uno o dos factores dependiendo del análisis evaluado. Para determinar si había diferencia entre los tratamientos se utilizó un intérvalo de confianza de un 95% (α= 0.05). La hipótesis utilizada fue:

H_o (nula) = no existe diferencia entre los tratamientos

H_a (alterna) = existe diferencia entre los tratamientos

Si el valor estadístico de $P > \alpha$ se acepta la hipótesis nula de no diferencia, por lo que los tratamientos son con 95% de confianza semejantes. Si el valor de $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna; lo que indica que al menos uno de los tratamientos es diferente. De aceptarse la hipótesis alterna se prosiguió a realizar la prueba de Tukey al 95% para determinar el tratamiento diferente. Para estos análisis se utilizaron los programas estadísticos InfoStat

(InfoStat Software Estadistico, 2018) y Minitab 18. Para la organización y manejo de los datos se utilizó Excel. También se realizó el análisis de X^2 (chi- cuadrado) para el análisis sensorial donde se utilizó la tabla de X^2 y Prueba de Tukey (q).

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Caracterización de la materia prima

La materia prima utilizada en este trabajo fue suero de mantequilla (SM), suero ácido (SA), leche (L) y leche en polvo (LP), por lo tanto, fue necesario caracterizar la materia prima para poder desarrollar las formulaciones del yogurt griego. En la Tabla 10. se pueden observar los porcientos de humedad, sólidos totales, cenizas, proteínas, grasas, lactosa y sólidos no grasos. Como podemos observar los porcentajes son similares en el contenido de solidos no grasos mientras que en términos de solidos totales y cenizas los porcentajes difieren. Sin embargo, el SM y L son más parecidos mientras que el SA tuvo porcentajes menores, excepto en la humedad. Estos resultados eran de esperarse ya que autores como Toshiniwal, 2009, mencionan que la composición química de SM bajo condiciones ideales es similar a la leche baja en grasa. Igualmente, Poduval y Mistry (1999), mencionan que los porcentajes son similares entre el SM y la leche, determinando el % proteína 2.82% y 3.20%, y % de cenizas 0.60% y 0.73%, respectivamente para SM y leche. Como se puede observar en la Tabla 10 los valores obtenidos fueron similares a los reportados en la literatura.

Tabla 10. Valores en porcentaje obtenidos en el análisis proximal

Componentes (%)	L(1%)	SA	SM	LP
Humedad (BH)	91.20	92.67	91.47	0.75
Sólidos Totales(BH)	8.80	7.33	8.53	99.25
Cenizas (BS)	0.72	0.50	0.70	7.60
Proteínas (BH)	3.25	0.58	2.9	33.99
Grasa(BH)	0.99	0.50	0.65	0.25
Lactosa (BH)	7.30	6.82	6.93	50.06
Solidos no grasos	7.81	6.83	7.88	99.00

5.2 Formulaciones

El contenido de sólidos no grasos fue el porcentaje utilizado para determinar la formulación del yogurt la cual se calculó usando el cuadrado de Pearson. con esto se desarrollaron 3 formulaciones diferentes: (1) se desarrolló con sustrato (SM, SA o L) 2% grasa al 8.25%SNG (valor mínimo que debe tener el yogurt griego). (2) sustrato 2% grasa y 14% SNG, (3) sustrato 1% grasa y 14%SNG. La última formulación (3) fue la seleccionada debido a las características fisicoquímicas del producto final. De acuerdo a Villeda-Fuentes (2015), la leche en polvo es ampliamente utilizada para aumentar la viscosidad y proteína en la fabricación de yogurt. Por tanto, para todas las formulaciones se utilizó leche descremada en polvo la cual también es útil para la adición de SNG. En

todas las formulaciones se evaluaron los 3 tratamientos, pero de acuerdo al resultado obtenido se escogió la formulación de leche 1% grasa y 14 % SNG ya que con 8.25% de grasa el YG-SA no se fermentó al mismo tiempo que los demás tratamientos y la consistencia no era la deseada. Por otro lado, el uso de leche al 2% y 14% SNG los tratamientos mostraban características adecuadas. Sin embargo, de acuerdo al contenido de grasa de los sueros, era más adecuado usar leche 1% grasa para poder tener formulaciones con composiciones similares.

5.3 Comparaciones para análisis proximal

Se determinó para las diferentes formulaciones el análisis proximal. En la Tabla 11 se observan los productos fermentados para la formulación de 1% grasa y 14% SNG. Como se observa en la Tabla 11 no hubo diferencias significativas para la humedad, grasa y sólidos totales en los tratamientos. Mientras que en el contenido de cenizas no hubo una diferencia significativa entre el YG-SM y YG-SA, pero si mostró una diferencia en el control ya que este tiene menor % de cenizas que los otros dos tratamientos. Esta diferencia pudo ser causada por la composición química de la leche, del suero o al fortalecer el suero con la leche en polvo ya que su composición varía dependiendo también del animal y del proceso de obtención de los sueros. De acuerdo a Tamime y Robinsons, (2007), dependiendo del lugar de origen o métodos de procesamiento, el contenido de cenizas, proteína y grasa pueden cambiar. En el caso del yogurt griego de UK, este tiene un 0.9% de cenizas mientras que el de USA y Grecia tienen 1.5% y 1.7%, respectivamente.

En cuanto al contenido de proteína presente en los tratamientos, estos mostraron una diferencia significativa entre los 3 tratamientos, siendo el control el de mayor contenido proteico. De acuerdo Lee y Lucey (2010), el contenido mínimo de proteína para el yogurt griego después de concentrado es 5.6% y de grasa 15%. Lo mismo sugieren Desai y Drake

(2013), el mínimo de proteína es de 5.6% en yogurt griego, a diferencia del yogurt regular que es 2.7%; aunque hace mención de que no existe un estándar legal o definición existente en los USA para el yogurt griego.

Tabla 11. Análisis proximal para la formulación de 1%grasa y 14%SNG

Tratamientos	Humedad y Sólidos totales	Cenizas		Proteína		Grasa	
		(BS)	(BH)	(BS)	(BH)	(BS)	(BH)
Control	82.09^{a} ± 0.41 17.91 ^{a} ± 0.41 29.72 CHO	0.87^{a} ± 0.02	0.16^{a} ± 0.02	52.20^{c} ± 0.73	9.35^{c} ± 0.73	17.21^{a} ± 6.19	3.07 ^{a} ± 1.06
YG-SM	82.05^{a} ± 0.14 17.95^{a} ± 0.14 33.85 CHO	1.29^{b} ± 0.04	0.23^{b} ± 0.04	43.93^{b} ± 0.04	7.89^{b} ± 0.04	20.93^{a} ± 5.26	3.75^{a} ± 0.92
YG-SA	82.38^{a} ± 0.12 17.62^{a} ± 0.12 38.39 CHO	1.36^{b} ± 0.10	0.24^{b} ± 0.02	42.04^{a} ± 0.73	7.41^{a} ± 0.08	18.21^{a} ± 2.41	3.21^{a} ± 0.41

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey). El porcentaje de proteína fue determinado en base seca.

También se determinó el análisis proximal para la formulación de leche 2% grasa, 14% SNG. En la Tabla 12 se pueden observar los porcentajes de cada componente, excepto el de proteína (debido a que en el proceso se determinó hacer el análisis con leche a 1% de grasa por lo que no se completó para evitar el gasto de reactivos).

Tratamientos	Humedad	Sólidos totales	Cenizas		Grasa	
			(BS)	(BH)	(BS)	(BH)
Control	82.75^{a} ± 1.99	17.26^{a} ± 1.99	1.38^{a} ± 0.24	0.24^{a} ± 0.07	18.15^{a} ± 11.43	3.02^{a} ± 1.61
YG-SM	83.33^{a} ± 2.40	16.68^{a}± 2.40	1.00^{a} ± 0.01	0.17^{a} ± 0.02	12.47^{a} ± 2.40	2.05^{a} ± 0.10
YG-SA	82.39^{a} ± 0.34	17.61^{a} ± 0.34	1.49^{a} ± 0.12	0.26^{a} ± 0.02	18.84^{a} ± 0.15	3.32^{a} ± 0.04

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

Tabla 12. Análisis proximal para la formulación 2%grasa y 14%SNG

Según los datos en la Tabla 12, no hay diferencia significativa en los porcentajes de

ceniza entre los tres tratamientos. Esto contrasta con la formulación leche 1% grasa, 14% SNG (Tabla 11) donde el control mostró diferencia en términos del contenido de cenizas. Por otro lado, podemos ver que en esta formulación no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos en los porcentajes de humedad, cenizas, grasas y sólidos totales. Esto sugiere que podría utilizarse el suero como sustituto de la leche en la elaboración de yogurt griego.

También se realizó el análisis proximal para la formulación 2% grasa, 8.25% SNG (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis proximal para la formulación 2% grasa y 8.25%SNG

Tratamientos	Humedad	Cenizas		Grasa		ST
		(BS)	(BH)	(BS)	(BH)	
Control	$84.94^{a} \pm 0.54$	$1.06^{b} \pm 0.02$	0.16 ± 0.01	$41.11^{b} \pm 3.93$	$6.20^{b} \pm 0.76$	$15.06^{b} \pm 0.54$
YG-SM	$87.34^{b} \pm 0.07$	$0.90^{a} \pm 0.04$	0.12 ± 0.01	$21.97^{a} \pm 8.44$	$2.78^{a} \pm 1.07$	$12.66^{a} \pm 0.07$
YG-SA	___	___	___	___	___	___

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$, Prueba de Tukey). El porcentaje de proteína fue determinado en base seca.
indica que no se re realizó el yogurt griego

La formulación con leche 2% grasa y 8.25% SNG fue la primera formulación preliminar realizada. En la Tabla 13, se observa que el YG-SA no fermentó durante el tiempo de 8h (aproximadamente) en que fermentaron los demás tratamientos. El YG-SA, tardo aproximadamente el doble de tiempo y el rendimiento fue mínimo, por lo que no se le pudo realizar el análisis proximal a este tratamiento. Esta tardanza en el proceso de fermentación pudiera estar asociada a la utilización del hidróxido de potasio (KOH) utilizado para neutralizar el suero ácido hasta alcanzar pH de 6.6 – 6.8 y estandarizarlo al pH de la leche. Este neutralizador, al estar en contacto con el suero, puede formar lactato de potasio o citrato de potasio. De acuerdo con Perumalla y colaboradores (2012), el lactato de potasio es una sal derivada del ácido láctico que actúa como agente bacteriostático por la extensión de la fase Lag

y fase latente de patógenos; prolongando así la vida útil del alimento.

Con relación a los componentes del proximal en esta formulación, a diferencia de las otras formulaciones, observamos diferencias significativas en todos los componentes. Estos resultados no fueron como se esperaba ya que, de acuerdo a diferentes autores, el SM es similar en composición a la leche desnatada (Wong y Kitts, 2003; O'Connell y Fox, 2000; Correding y Dalgleish, 1998; Rezende, et.al.,2010; Correding,, et al.,2003; Conway et.al.,2014) De acuerdo a Salij (1991), el yogurt griego tiene propiedades nutricionales superiores al yogurt regular debido al contenido de proteína y por tener un 1.5 % mayor concentración de los minerales presentes en la leche. Esto confirma que los procesos y métodos de desuerado influyen en la concentración y presencia de nutrientes en el producto final.

5.4. Acidez titulable (AT)

La acidez titulable o acidez total se expresa en gramos del ácido por g de producto. En este caso se presenta en gramos de ácido láctico. Según reportado por Villeda-Fuentes (2015), el yogurt griego presenta una AT mucho mayor que cualquier otro yogurt regular. Su conteniendo sea reportado entre 1.8 y 2% de ácido láctico o cual le proporciona una mejor calidad final. Como podemos observar en la Tabla 14, la AT tuvo un leve aumento a medida que pasaban los días de almacenamiento. Sin embargo, la diferencia no fue estadísticamente significativa para ninguno de los tratamientos. Tampoco se observó diferencia significativa entre los tratamientos, a pesar de que el control mostró mayor AT al día 0 que los tratamientos. Estos leves cambios en la AT pueden estar relacionados a cambios en la temperatura a través del tiempo de almacenamiento. El cambio en temperatura disminuye la actividad de los cultivos iniciadores, sin embargo, no detiene su actividad y continúa produciendo ácido láctico. Los resultados coinciden con lo mencionado por Tamime y Robinsons (2007), quienes reportaron que diferencias en temperatura entre los 5 y 25ºC afectaron la acidez titulable, sinéresis y

conteo microbial del Labneh (yogurt griego del este mediterráneo).

Tabla 14. Acidez titulable para formulaciones con 1% grasa, 14% SNG

	Tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	1.77[a] ± 0.14	1.63 [a] ± 0.19	1.67 [a] ± 0.10
15	1.55 [a] ± 0.39	1.68 [a] ± 0.12	1.54 [a] ± 0.39
28	1.79 [a] ± 0.03	1.70 [a] ± 0.21	1.78 [a] ± 0.02

Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

La acidez titulable fue determinada también para la formulación de 8.25% SNG (Tabla 15). Al igual que la formulación de 14 % SNG,no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos durante el almacenamiento. Sin embargo, podemos ver que a medida que pasa el tiempo la acidez aumenta tanto para el control como para el YG-SM, pero no es una diferencia estadísticamente significativa. Este aumento en AT puede estar asociado a la conversión de lactosa a ácido láctico por los cultivos iniciadores, pero se encuentran en los parámetros mencionados por Villeda-Fuentes (2015) de 1.8% a 2% de ácido láctico.

Tabla 15. Determinación de acidez titulable para la formulación 2% grasa y 8.25%SNG

	Tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	1.41 [a] ± 0.34	1.36 [a] ± 0.12	_
15	1.40 [a] ± 0.09	1.45 [a] ± 0.17	_
28	1.58 [a] ± 0.17	1.77 [a] ± 0.21	_

Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey). ___ No se evaluó porque no fermentó adecuadamente.

5.5 Análisis de pH

El pH es una medida importante cuando hablamos de productos fermentado como el yogurt ya que el pH del sustrato disminuye desde 6.7 a ≤ 4.6 donde a pH de 5.2 a 5.4 ocurre la

gelación (Lee and Lucey, 2010). En la Tabla 16 podemos observar diferencias significativas entre los tratamientos a través del periodo de almacenamiento. En el día 0 el YG-SM y YG-SA no tuvieron diferencias significativas, ya que su pH fue igual en ambos mientras que el control presentó un pH más alto.

En el día 15 no presentaron diferencias significativas el control y el YG-SA ya que reportaron pH de 4.32 y 4.31, respectivamente, pero el YG-SM mostró el valor más bajo resultando en una diferencia significativa en comparación con los otros tratamientos. Para el día 28 hubo una diferencia significativa en todos los tratamientos, sin embargo, los resultados eran los esperados porque ya que con el transcurso de los días los yogures se hacen más ácido a causa de los cultivos iniciadores. Esto ocurre también debido a que una vez la leche alcanza valores de pH cercano al punto isoeléctrico de la caseína (pH 4.6), disminuye la carga negativa de la caseína. Dicha disminución conduce una disminución de la repulsión electroestática entre las moléculas de caseína; resultando en un proceso de acidificación que a su vez forma una red tridimensional que cosiste de un conglomerado y cadenas de caseína (Lee y Lucey; 2010).

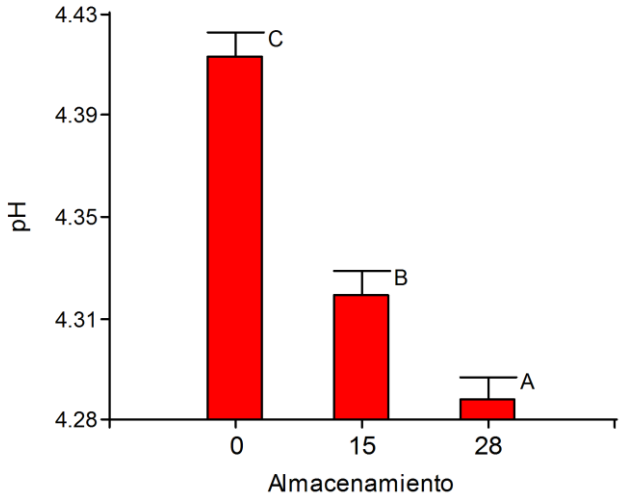
Tabla 16. pH para la formulación 1% grasa y 14% SNG

	Tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	$4.41^{b} \pm 0.02$	$4.29^{a} \pm 0.02$	$4.29^{a} \pm 0.02$
15	$4.32^{b} \pm 0.02$	$4.23^{a} \pm 0.01$	$4.31^{b} \pm 0.01$
28	$4.28^{b} \pm 0.01$	$4.15^{a} \pm 0.01$	$4.31^{c} \pm 0.01$

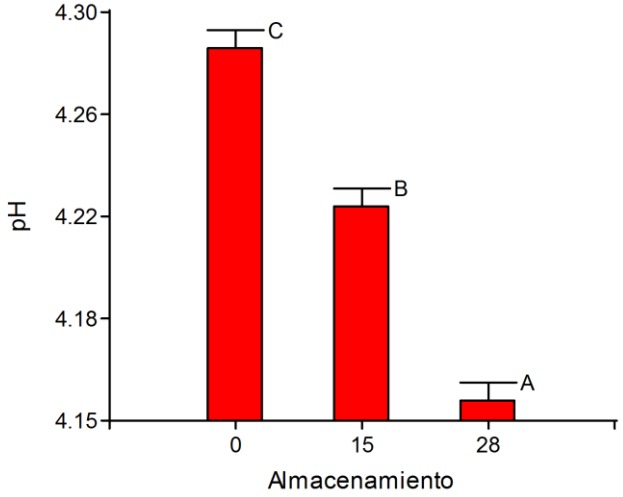
Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes ($p>0.05$, Prueba de Tukey).

Por otro lado, en las Gráfica 4 y 5 observamos que el tratamiento control, al igual que el tratamiento YG-SM, reportaron diferencias estadísticamente significativas en el transcurso de los días de almacenamientos; mostrando una disminución en pH proporcional al tiempo de

almacenamiento. Sin embargo, en la Gráfica 6 para el tratamiento YG-SA no hay una diferencia significativa ya que este tratamiento mantuvo su pH constante a través del tiempo. Este efecto puede ser causado por la concentración de lactosa, ya que el YG-SA libero mayor cantidad de suero en el proceso de desuerado que los otros tratamientos Esto se observó solo en el YG-SA ya que al tener mayor lactosa los cultivos iniciadores tardan más en convertirla en ácido láctico manteniendo el pH constante desde el día 15 a día 28.

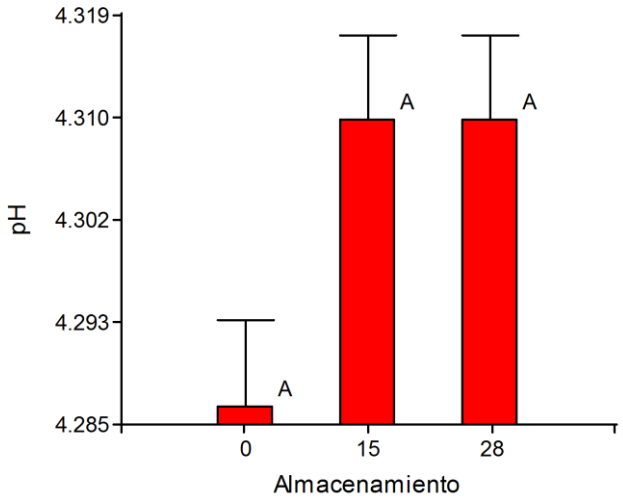


Gráfica 4 Medida de pH para el control a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 1%grasa y 14%SNG



Gráfica 5. Medida de pH para el YG-SM a través del tiempo de almacenamiento para la

formulación 1%grasa y 14%SNG



Gráfica 6. Medida de pH para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 1% grasa y 14%SNG

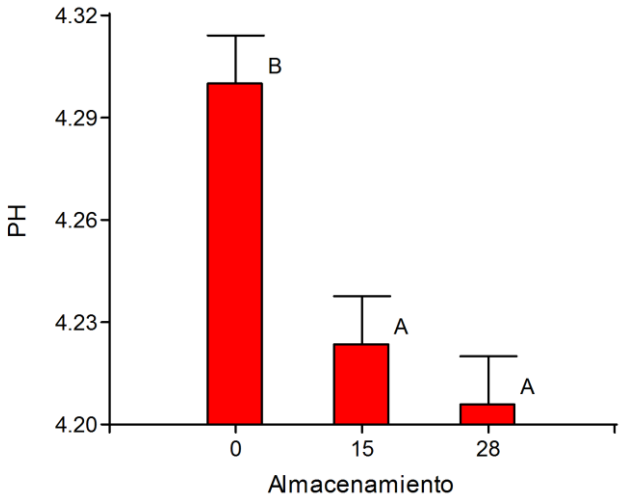
En cuanto a la formulación 2% grasa, 14% SNG, en la Tabla 17 podemos observar que en el día 0 no hubo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos mientras que en el día 15 y día 28 el YG-SA no mostro diferencia con el control ni con el YG-SM. Esta diferencia es debido a que los yogures con sueros mostraron valores de pH menores al control en todo el periodo de almacenamiento por lo que concuerda con lo mencionado por Gónzalez-Martínez (2002) donde menciona que el uso de suero desmineralizado contiene altas concentraciones de lactosa la cual lleva a una producción más rápida de ácido láctico. Por lo que a mayor AT menor es el pH.

Tabla 17. pH para formulación 2%grasa y 14%SNG

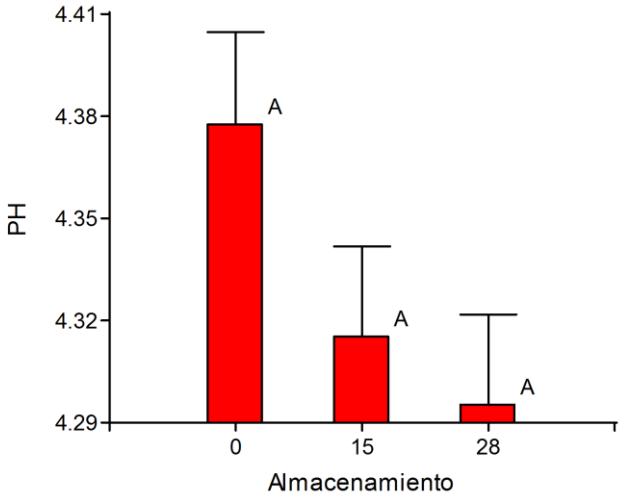
	Tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	4.38 [a] ± 0.06	4.30 [a] ± 0.01	4.29 [a] ± 0.04
15	4.31 [b] ± 0.05	4.22 [a] ± 0.03	4.28 [ab] ± 0.03
28	4.29 [b] ± 0.03	4.21 [a] ± 0.03	4.24 [ab] ± 0.03

Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

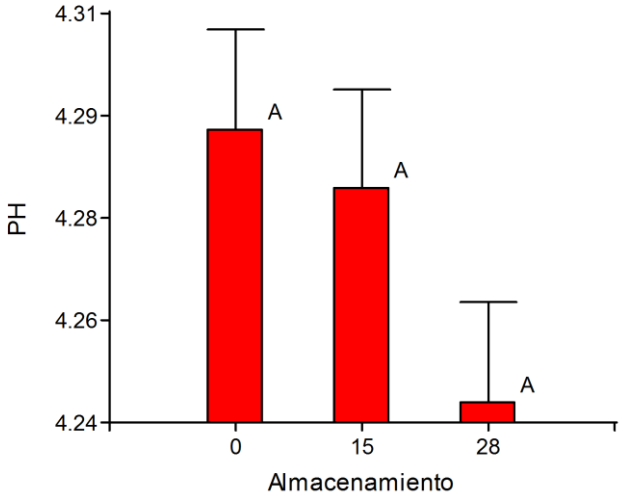
En la Gráfica 7 se puede observar que para el tratamiento YG-SM hubo una diferencia significativa en su pH a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento lo cual es el comportamiento esperado para este tipo de producto lácteo. Sin embargo, en los tratamientos control y YG-SA también se observa una disminución en el pH con el aumento de tiempo de almacenamiento, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa como en el YG-SM. (Gráfica 8 y 9)



Gráfica 7. Medida de pH para el YG-SM a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2%grasa y 14% SNG



Gráfica 8. Medida de pH para el control a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 14% SNG



Gráfica 9. Medida de pH para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 14% SNG

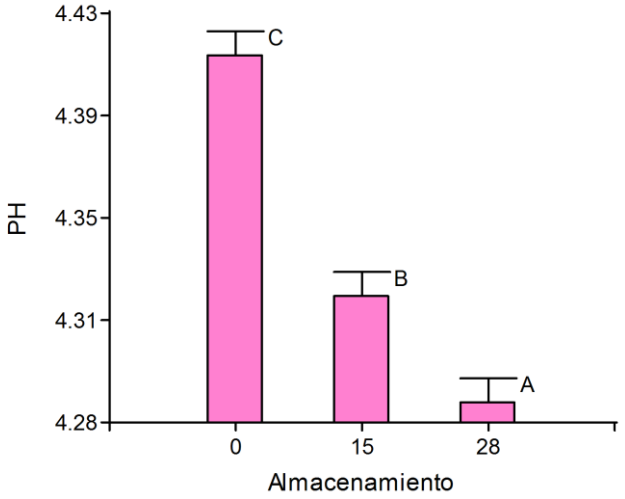
Por otro lado, en la Tabla 18 para la formulación 2% grasa y 8.25% de SNG, se observó diferencia significativa entre los tratamientos durante todos los días del almacenamiento esto debido a que desde el día 0 el control mostró un pH mayor que él Y-SM. Esta diferencia en pH se debe a la retención de sólidos a los cuales se le atribuye un aumento en el contenido de ácido láctico y una disminución más rápida de pH (Villeda-Fuentes, 2015). Por lo que eran de esperarse los resultados ya que al YG-SM se le añadió más cantidad de sólidos que al control.

Tabla 18. pH para formulación 2% grasa y 8.25%SNG

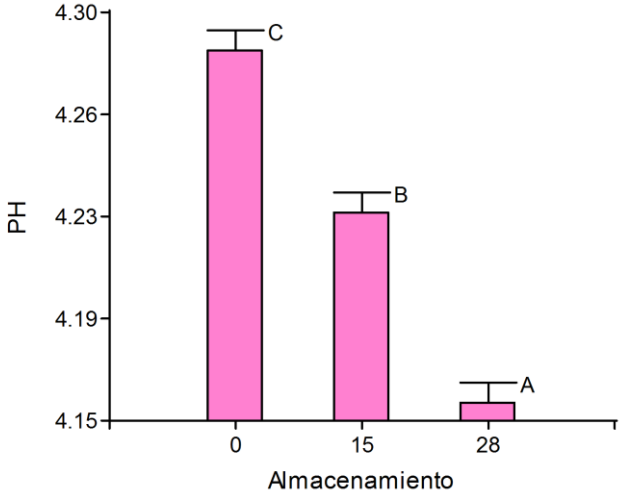
	Tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	4.41 [b] ± 0.02	4.29 [a] ± 0.02	*
15	4.32 [b] ± 0.02	4.23 [a]± 0.01	*
28	4.28 [b] ± 0.01	4.16 [a] ± 0.01	*

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).
*Datos faltantes por falta de fermentación.

En cuanto a los cambios de cada tratamiento individualmente respecto al tiempo de almacenamiento observamos en la Gráfica 10 y 11 que ambos tratamientos mostraron diferencias significativas en su pH a medida que transcurría el tiempo. Observándose una disminución en su pH, siendo el YG-SM el tratamiento con el pH más bajo por lo que podemos inferir que en este yogurt tendrá un sabor más ácido que el control.



Gráfica 10. Medida de pH para el control a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2%grasa y 8.25% SNG



Gráfica 11. Medida de pH para el YG-SM a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 8.25% SNG

5.6. "Water Holding Capacity" y Sinéresis

De acuerdo a Lee y Lucey (2010), la sinéresis o separación del suero es definida como la expulsión del suero desde su red de enlaces hasta que comienza a ser visible en la superficie. Mientras que el WHC es la habilidad del alimento pra retener su propia agua o la añadida durante la fuerza, presión de centrifugación o calor (Gyawali e Ibrahim, 2016). Los resultados obtenidos para la formulación de 1% grasa y 14% SNG se muestran en la Tabla 19 20. Se observa que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ni entre los días de almacenamiento. De acuerdo a los datos obtenidos todos los tratamientos mostraron un alto WHC, por lo que la sinéresis, resulto ser baja para todos los tratamientos. El tener un % bajo de sinéresis es ideal ya que esto indica que aun al día 28 el yogurt pudo retener el suero; lo cual es positivo en la aceptabilidad del producto por los consumidores. Como menciona Lee y Lucey (2010), la expulsión del suero afecta negativamente la percepción del consumo del yogurt por los consumidores ya que los consumidores piensan que hay algo mal microbiológicamente con el producto. Sin embargo, como era lo esperado ya al día 28 todos los tratamientos mostraron un aumento en el % de sinéresis y una disminución en el %WHC

por lo que tienen un comportamiento inversamente proporcional. Esto se debe a que el gel formado se hace más inestable a través del tiempo provocando la presencia de suero en la superficie. Según Gyawali e Ibrahim (2016), en la producción de yogurt el WHC es una de las propiedades físicas más importantes que contribuye a la estabilidad del coagulo, pero al igual es uno de los mayores defectos considerados durante el almacenamiento.

Tabla 19. Porcentajes de WHC para la formuación 1% grasa y 14% SNG

	WHC (%) para los tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	96.68[a] ± 1.14	95.02[a] ± 3.00	98.36[a] ± 1.51
15	95.56 [a] ± 1.36	94.69 [a] ± 1.32	97.41 [a] ± 1.67
28	95.09 [a] ± 1.03	93.41 [a] ± 1.79	96.17 [a] ± 1.85

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila o columna no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).
Valores de sinéresis se determinan por diferencia: 100 - %WHC

Tabla 20. Porcentaje de sinéresis para formulación 1%grasa y 14% SNG

	Sinéresis (%) para los tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	3.32 [a] ± 1.14	4.98 [a] ± 3.00	1.64 [a] ± 1.51
15	4.44 [a] ± 1.36	5.31 [a] ± 1.32	2.59 [a] ± 1.67
28	4.91 [a] ± 1.03	6.59 [a] ± 1.79	3.83 [a] ± 1.85

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila o columna no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).
Valores de sinéresis se determinan por diferencia: 100 - %WHC

El % WHC fue determinado también para la formulación de 2% grasa y 14% SNG. Los resultados obtenidos (Tabla 21 y 22) muestran que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, tanto en el %WHC como en el % sinéresis, para los días 0 y día 28. Mientras que si se observó diferencia significativa para el día 15 en el YG-SA. Esta diferencia es causada por una amplia disminución en el %WHC del día 0 al día 15. También hay otros factores que pueden influenciar en el %WHC los cuales incluyen la composición de la leche, los hidrocoloides, los cultivos iniciadores, probióticos, y condiciones de procesamiento (Gyawali y Ibrahim; 2016).

Tabla 21. Porcentaje de WHC para formulación 2%grasa y 14% SNG

	WHC (%) para los tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	97.78[a] ± 1.55	96.00 [a] ± 1.82	95.94 [a] ± 2.81
15	97.06 [b] ± 0.97	95.11 [b] ± 1.08	91.41 [a] ± 0.27
28	95.71 [a] ± 0.58	94.52 [a] ± 3.53	91.06 [a] ± 0.60

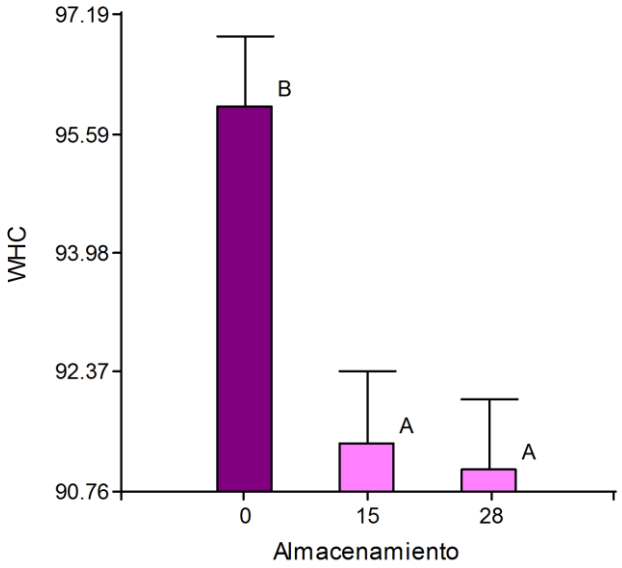
Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes ($p<0.05$, Prueba de Tukey)
Valores de sinéresis se determinan por diferencia: 100 - %WHC

Tabla 22. Porcentaje de sinéresis para la formulación 2%grasa y 14% SNG

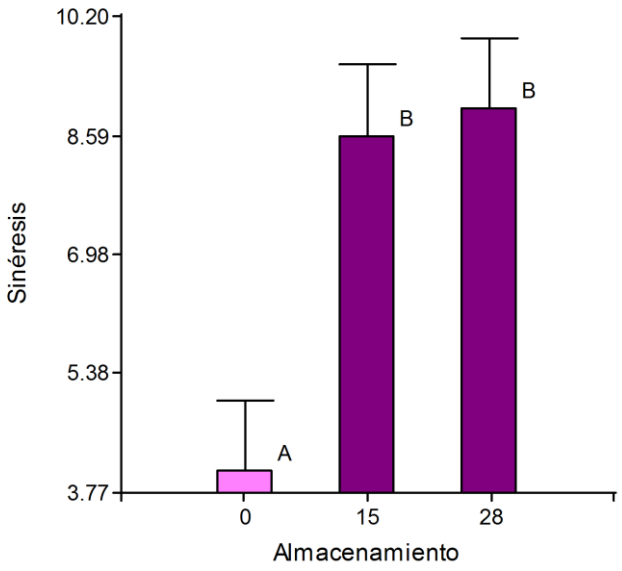
	Sinéresis (%) para los tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	2.22 [a] ± 1.55	7.67 [a] ± 2.35	4.06 [a] ± 2.81
15	2.94 [a] ± 0.97	1.08 [a] ± 3.53	8.59 [b] ± 0.27
28	4.29 [a] ±0.58	5.48[a] ± 3.53	8.94 [a] ± 0.60

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes ($p<0.05$, Prueba de Tukey).

Por otra parte, en comparación en los % WHC y % Sinéresis para los tratamientos control y YG-SM en los días de almacenamiento 0, 15 y 28 estos no mostraron diferencias significativas en ninguno de los días. Este comportamiento es debido a que el yogurt griego en su elaboración pasa por un proceso de desuerado causando que sea mínima la expulsión de suero en el almacenamiento. Yeganehzad (2007) reportó que el incremento en los sólidos en el yogurt aumentó la acidez y redujo la sinéresis. Sin embargo, el YG-SA mostro diferencias significativas en el % WHC y sinéresis para el día 0, pero no hubo diferencias significativas entre los días 15 y 28 (Gráfica 12 y 13). Este comportamiento es debido a que el YG-SA tenía una consistencia menos densa que los otros tratamientos por lo que el gel formado es más débil provocando una menor capacidad de retención de agua y por consiguiente la presencia de agua en la superficie del yogurt.



Gráfica 12. Medida de WHC para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa y 14% SNG



Gráfica 13. Medida de sinéresis para el YG-SA a través del tiempo de almacenamiento para la formulación 2% grasa, 14% SNG

En la Tabla 23 y 24 podemos observar los datos obtenidos para la formulación de 8.25% SNG, de acuerdo a los datos no se observa diferencia significativa entre los tratamientos para los días 0 y 15 por lo que el control y el YG-SM tienen la misma capacidad de retención de agua. Para el día 28 se observan diferencias significativas en el WHC, estas debido a que el YG-SM presento una disminución mayor en el día 28 que el control. Dichas diferencias afectan por consiguiente la sinéresis ya que mientras menor sea el WHC mayor será la sinéresis. Esta diferencia era según lo esperado ya que el control es hecho a base de leche el cual tiene mayor contenido de solidos que el suero de mantequilla. También, Gyawali y Ibrahim (2016) mencionan que las variaciones por temporada de la leche afectan la viscosidad, la sinéresis y acidez de yogurt, a diferencia de la grasa de la leche la cual estabiliza el gel formado después de la fermentación dificultando la separación del suero.

Tabla 23. Porcentaje de WHC para la formuación 2% grasa y 8.25% SNG

	WHC (%) para los tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	95.83[a] ± 0.61	94.45 [a] ± 1.1	ND
15	95.55 [a] ± 0.55	93.51 [a] ± 2.33	ND
28	95.26 [b] ± 0.21	92.31 [a] ± 1.68	ND

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila o columna no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey)
Valores de sinéresis se determinan por diferencia: 100 - %WHC
ND – no determinado debido a que no fermento

Tabla 24.Porcentaje de sinéresis para la formulación 2% grasa y 8.25% SNG

	Sinéresis (%) para los tratamientos		
Almacenamiento (días)	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
0	4.18 [a] ± 0.61	5.56 [a] ± 1.1	ND
15	4.46 [a] ± 0.55	6.49 [a] ± 2.33	ND
28	4.74 [a] ± 0.21	7.69 [b] ± 1.68	ND

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila o columna no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).
Valores de sinéresis se determinan por diferencia: 100 - %WHC
ND – no determinado debido a que no fermento

5.7. Viscosidad

De acuerdo a Duboc y Mollet (2001), la viscosidad es la propiedad de un material de resistirse a la deformación y es una importante propiedad para la calidad organoléptica del producto, atractivo de apariencia y agradable en la sensación de la boca. En la Tabla 25 podemos observar la medida de viscosidad en Cp para la formulación 1% grasa, 14% SNG para los tres tratamientos a diferentes RPM. Como podemos ver a medida que aumentan las revoluciones la viscosidad disminuye. Esto concuerda con lo mencionado por Duboc y Mollet

(2001) donde menciona que la viscosidad de leches fermentadas disminuye con un aumento en la razón de corte. En otras palabras, mientras más vigorosas son las condiciones de agitación más fluido se torna el producto fermentado. En el caso de los tratamientos mostraron diferencias significativas en todas las revoluciones comparándolos entre ellos. En el caso de las revoluciones 3, 10, 12, 20, 30, 50 y 100 se observan diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos YG-SM y YG-SA, pero estos en comparación con el control no muestran diferencias significativas. Estos resultados eran de esperarse ya que los sueros utilizados para la elaboración del yogurt griego tienen características diferentes entre sí, pero son semejantes en comparación a la leche. O'Connell y Fox (2000), mencionan que el suero de mantequilla es similar en composición y apariencia a la leche descremada. En cuanto a la RPM 6, observamos una diferencia significativa entre ambos yogures a base de suero, sin embargo, no hay diferencia estadística entre en YG-SM y el control De acuerdo a Jinjarak y colaboradores (2006), esto es debido a que el SM es similar a la leche descremada, aunque este contiene mayor grasa y MFGM.

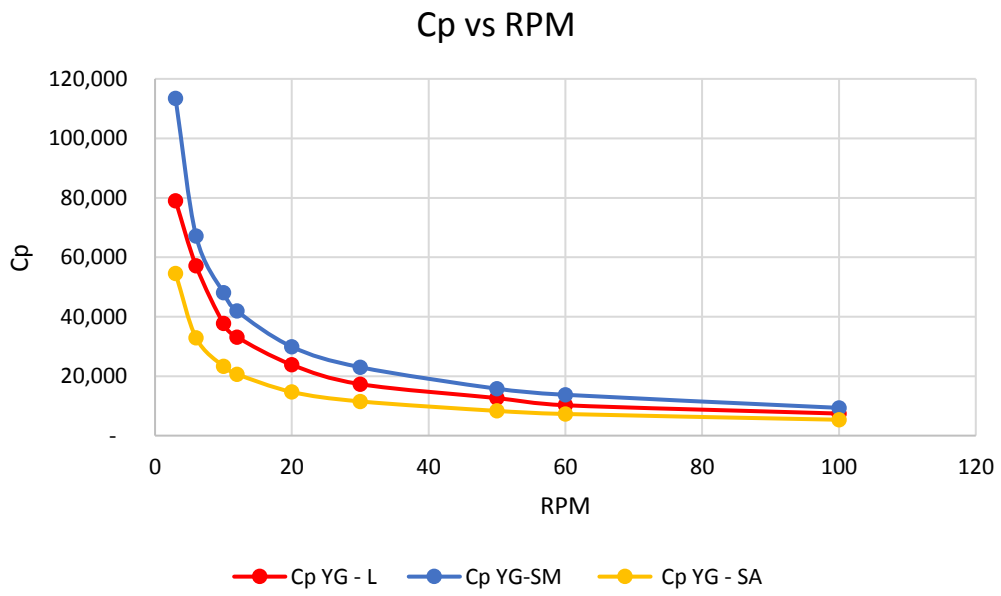
Por otro lado, en la RPM 60, hay diferencia significativa entre el YG-SM y YG-SA, pero en esta revolución no se observa diferencia significativa entre el control y el YG-SA esto pudo deberse a la estandarización del SA con leche descremada para lograr características similares a la leche.

Tabla 25. Comparación de la viscosidad de los tratamientos a diferentes revoluciones

Medida de Viscosidad (Cp) para formulación 1%grasa, 14%SNG			
	Tratamientos		
RPM	**Control**	**YG-SM**	**YG-SA**
3	79,000 ^{ab} ± 36,177.2	113,433.33^{b} ± 11,146.9	54,566.67 ^{a}± 12,933.03
6	57,133.33^{b} ± 4,600.36	67,133.33^{b} ± 4,654.39	32,900 ^{a} ± 8,296.38
10	37,700 ^{ab} ± 9,139.47	48,066.67 ^{b} ± 4,209.91	23,300 ^{a} ± 5,935.49
12	33,140 ^{ab} ± 5,944.55	41,886.67 ^{b} ± 4,377.74	20,666.67 ^{a} ± 5,169.84
20	23,833.33 ^{ab} ± 4,279.7	29,900 ^{b} ± 2,948.3	14,700 ^{a} ± 3,713.83
30	17,323.33 ^{ab} ± 3,054.26	23,020 ^{b} ± 1,912.67	11,510 ^{a} ± 2,942.67
50	12,626.67 ^{ab} ± 2,109.25	15,786.67 ^{b} ± 1,108.21	8,320 ^{a} ± 2,036.86
60	10,226.67 ^{a} ± 1,289.43	13,733.33 ^{b} ± 808.29	7,283.33 ^{a} ± 1,791.71
100	7,423.33 ^{ab} ± 721.69	9,346.67 ^{b} ± 64.29	5,343.33 ^{a} ± 1,301.24
Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).			

En la Gráfica 14 podemos ver el comportamiento del promedio de la viscosidad vs las revoluciones. De acuerdo a los valores obtenidos podemos determinar que el yogurt tiene un comportamiento no newtoniano pseudoplástico - tixotrópico. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Lee y Lucey (2010), donde menciona que el yogurt griego presentó un comportamiento no newtoniano, donde la viscosidad es dependiente de la razón de corte. De acuerdo a Duboc y Mollet (2001), la propiedad de tixotropía es la habilidad de recobrar la estructura original después de cesar la acción de deformación. Aunque autores como Lee y Lucey (2010) sugieren que el viscosímetro solo mide la viscosidad aparente por lo que la información es limitada relacionada a las propiedades del flujo. Por otro lado, Ciro-Velásquez (2006), menciona que experimentalmente es difícil determinar las diferencias entre la pseudoplasticidad o la tixotropía ya que los efectos combinados de la razón de corte y el tiempo

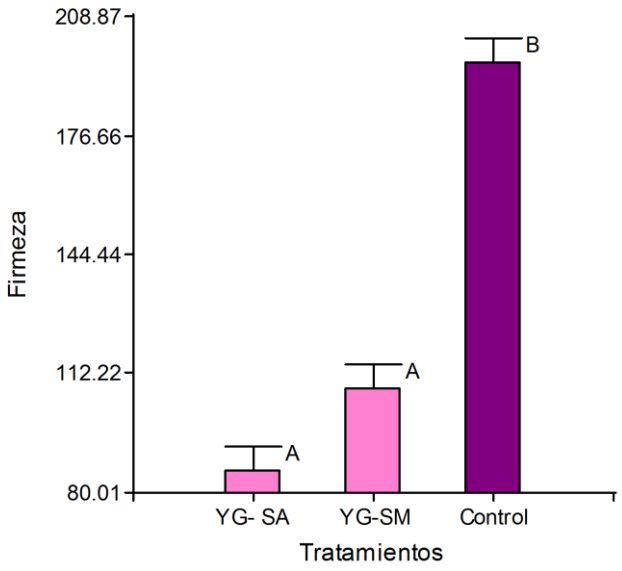
pueden suponerse durante una medida con el inconveniente añadido de que la mayoría de los fluidos tixotrópicos son pseudoplásticos.



Gráfica 14. Comparación de los tratamientos de acuerdo a su viscosidad (Cp) y RPM

5.8 Textura

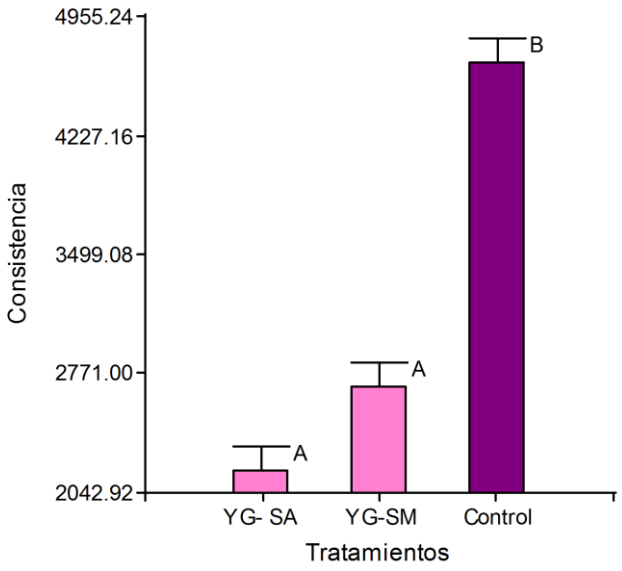
De acuerdo a Villeda-Fuentes (2015), la textura es un parámetro organoléptico determinante en la aceptación del consumidor ya que los consumidores prefieren yogures griegos con textura firme y densa. En la Gráfica 15 podemos ver que no hubo una diferencia significativa entre los yogures a base de sueros, pero si hubo una diferencia estadísticamente significativa entre ellos y el control. De los tres tratamientos el control fue el que mostró mayor firmeza en comparación con los otros tratamientos, esto está influenciado por el método y tiempo de desuerado. Según menciona Tamime y Robinson (2007), los yogures griegos ultrafiltrados mostraron mucha mayor firmeza en comparación con el yogurt regular.



Media determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

Gráfica 15. Análisis de firmeza para los tratamientos con texturometro

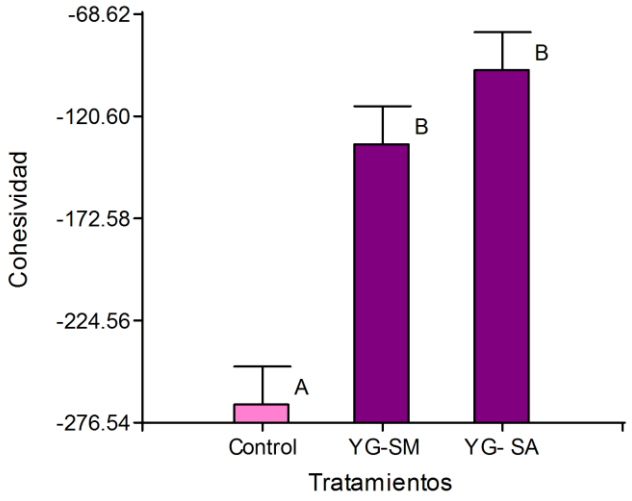
En la Gráfica 16 podemos ver la medida de la consistencia de los tres tratamientos. En este caso al igual que en la firmeza el YG-SM y YG-SA mostraron no tener diferencia significativa entre ellos, pero si presentaron una diferencia significativa en comparación con el control. Estos resultados eran los esperados debido a la relación entre la firmeza y la consistencia ya que la misma está determinada por el área debajo de la curva de la firmeza. Ciertamente esta diferencia puede estar asociada también a los cambios de temperatura, a la cantidad de proteínas, al desuerado y a la formación del coagulo. En adición según Duboc y Mollet (2001), la textura y la estabilidad son afectadas también por las condiciones del cultivo.



Media determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

Gráfica 16. Análisis de consistencia para los tratamientos con texturometro

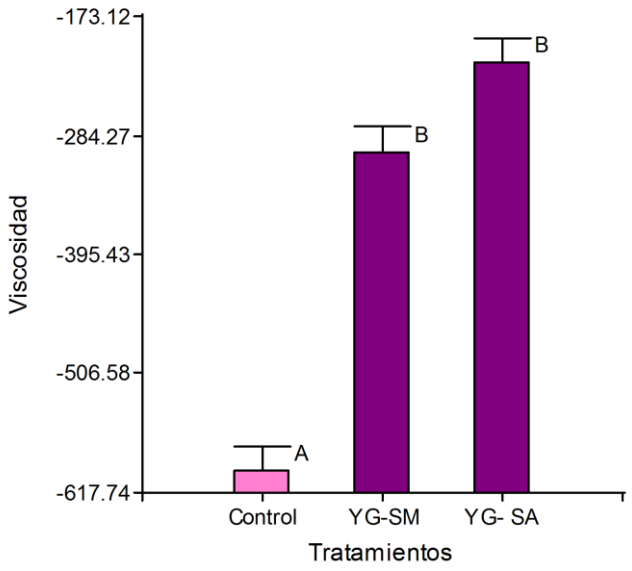
En relación a la cohesividad (límite antes de deformarse) podemos observar en la Gráfica 17 que el YG-SM y el YG-SA no mostró diferencias significativas entre ellos, pero si mostraron una diferencia estadísticamente significativa con el control el cual presentó una menor cohesividad. Este comportamiento era según lo esperado debido a que el control tenía una consistencia mayor por lo que se necesita mayor fuerza para sacar el implemento del yogurt o fuerza de "back extrusión" debido a esto los valores de cohesividad son negativos.



Media determinaciones ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

Gráfica 17. Análisis de cohesividad para los tratamientos con texturometro

En relación a la viscosidad este fue determinada por dos instrumentos el viscosímetro y el texturómetro. En la Tabla 25 podemos observar los resultados de la viscosidad obtenida con el viscosímetro a diferentes revoluciones mientras que en la Gráfica 18 podemos ver los resultados obtenidos por el texturómetro. De acuerdo a la Gráfica 18, podemos observar que no hay diferencias significativas entre el YG-SM y YG-SA, pero si hay una diferencia entre ellos y el control esto debido a que el control resultó ser más viscoso. Sin embargo, en la medida de viscosidad determinada con el viscosímetro no muestra diferencias entre el control y los yogures a base de sueros. Esta diferencia puede estar relacionada a los cambios en la temperatura del producto mientras se realizaba la experimentación al igual que a la precisión de ambos instrumentos.



Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).

Gráfica 18. Análisis de viscosidad para los tratamientos con texturometro

5.9 Análisis microbiológico

5.9.1 Enumeración de Coliformes y *E.coli*

En el periodo de almacenamiento de 0, 15 y 28 días se realizó una enumeración de coliformes y *E.coli* para los tratamientos de control, YG-SM y YG-SA, para las formulaciones de 2% grasa y 8.25% SNG y para la formulación 1% grasa y 14% SNG. (Ver Anejo 9.7.1.1). Debido a las buenas prácticas de manufactura no se encontró presencia de coliformes y *E.coli* en ninguno de los tratamientos en ningún periodo de almacenamiento. Por lo que los resultados cumplen con los parámetros establecidos por USDA (2001), para el yogurt el cual no debe ser mayor de 10 UFC por gramo. Estos resultados son indicativos de que ambos sueros fueron pasteurizados adecuadamente y que el producto final es uno apto para el consumo. También estos resultados pudieron ser a causa de las altas concentraciones de acidez titulable las cuales contribuyen a la inhibición del crecimiento de bacterias patogénicas (Villeda-Fuentes, 2015).

5.9.2 Recuento de Hongos y Levaduras

Para cada tratamiento se realizó un recuento de hongos y levaduras durante los tiempos de almacenamientos 0, 15 y 28 días para las formulaciones de 2% grasa, 8.25% SNG y 1% grasa, 14% SNG. Para la formulación de 8.25% SNG hubo crecimiento de hongos y levaduras en el YG-SM para el día 28 con 3.4 x 10^3 UFC, lo que indica que aún luego del día 28 el yogurt cumple con los parámetros permitidos por USDA.

Sin embargo, en la formulación de 14% SNG observamos un crecimiento de hongos y levaduras en todos los tratamientos (Ver Anejo 9.7.4.1). En el caso del control se observó crecimiento desde el día 15 con una cantidad de 3.30 x 10^2 UFC. En el tratamiento YG-SM se observó crecimiento en los días 15 y 28 con 1.95 x 10^2 UFC y 3.65 x 10^3 UFC respectivamente, este aumento puede deberse a la presencia de esporas de hongos en el lugar de elaboración y/o almacenamiento (waking cooler). También se observó crecimiento en los días 15 y 28 de almacenamiento para el tratamiento de YG-SA con 1.84 x 10^4 UFC y 4.88 x 10^4 UFC respectivamente. Estos valores exceden los parámetros establecidos por la USDA (2001), la cual permite no más de 50 UFC por gramo.

Los hongos y levaduras son los causantes del deterioro de las características organolépticas de diferentes productos. La presencia de estos en los yogures pudo estar asociada a las esporas presente en el lugar de refrigeración, elaboración y a la humedad presente en el yogurt. Esto se puede observar en la diferencia de crecimiento en las diferentes formulaciones ya que la formulación de 8.25% SNG se llevó a cabo en los meses de verano donde se utiliza menos el refrigerador por lo que hay menos movimiento de esporas por la entrada de estudiantes y personal versus la formulación 14% SNG donde el análisis se realizó durante el semestre escolar donde hay mayor uso del refrigerador. Por lo que si el yogurt griego se elabora y mantiene en lugares de

ambiente controlado pudiese mantenerse sin deteriorarse por mayor tiempo.

5.9.3 Recuento de bacterias ácido-lácticas

El recuento de bacterias ácido-lácticas se realizó por duplicado para los 3 tratamientos en las formulaciones 8.25% SNG y 14% SNG para diluciones desde 10^{-4} – 10^{-8}. En la formulación 8.25% SNG hubo crecimiento en todos los tratamientos para las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} para el tratamiento control en el día 0 hubo un recuento de 2.53 x 10^{6} UFC mientras que para el día 15 y 28 el recuento aumento a 6.55 x 10^{5} UFC y 1.12x 10^{6} UFC respectivamente (Tabla 26). Este comportamiento en la población bacteriana era de esperarse debido a la curva de crecimiento típica de las bacterias. De acuerdo a Mahdian y Tehrani (2007), el yogurt concentrado contiene un número mayor de bacterias acido lácticas benéficas y menor contenido de lactosa por lo que es beneficioso para las personas intolerables a la lactosa.

Por otro lado, en el tratamiento YG-SM el recuento de bacterias ácido-lácticas fue mayor que el tratamiento control con una cantidad de 3.98 x 10^{6} para el día 0. Sin embargo, en los días 15 y 28 vemos una disminución a 2.02 x 10^{6} la cual fue constante para ambos días del almacenamiento lo que representa que las bacterias están en una fase estacionaria.

Para la formulación 14% SNG se observa un recuento similar a la formulación de 8.25% SNG donde solo hubo crecimiento en las diluciones 10^{-4} y 10^{-5}. En la Tabla 27 observamos que el control tuvo un recuento de 3.29 x 10^{6} para el día 0, siendo el recuento más bajo en comparación con los otros tratamientos. En el caso del YG-SA y YG-SM se obtuvieron recuentos para el día 0 de 4.22 x 10^{7} y 4.31 x 10^{7} UFC respectivamente por lo que mostraron mayor crecimiento de bacterias ácido-lácticas que el control. En el caso de los yogures a base de suero se observó una disminución

en la carga bacteriana a medida que pasa el tiempo, lo que indica que las bacterias se encuentran en la fase de muerte.

Tabla 26. Medida de bacterias ácido lácticas para la formulación 2% grasa y 8.25% SNG

Almacenamiento	*UFC/g yogurt Formulación 2%, 8.25%*	
	Control	**YG-SM**
0	**2.53×10^6**	**3.98×10^6**
15	**6.55×10^5**	**2.19×10^6**
28	**1.12×10^6**	**2.18×10^6**

Tabla 27. Medida de bacterias ácido lácticas para la formulación 1% grasa y 14% SNG

Almacenamiento (días)	*UFC/g yogurt Formulación 1%, 14%*		
	Control	**YG-SM**	**YG-SA**
0	**3.29×10^6**	**4.31×10^7**	**4.22×10^7**
15	**9.10×10^6**	**4.05×10^7**	**1.77×10^7**
28	**6.28×10^6**	**2.79×10^7**	**5.13×10^6**

5.10. Análisis sensorial

5.10.1 Prueba de ordenamiento por preferencia

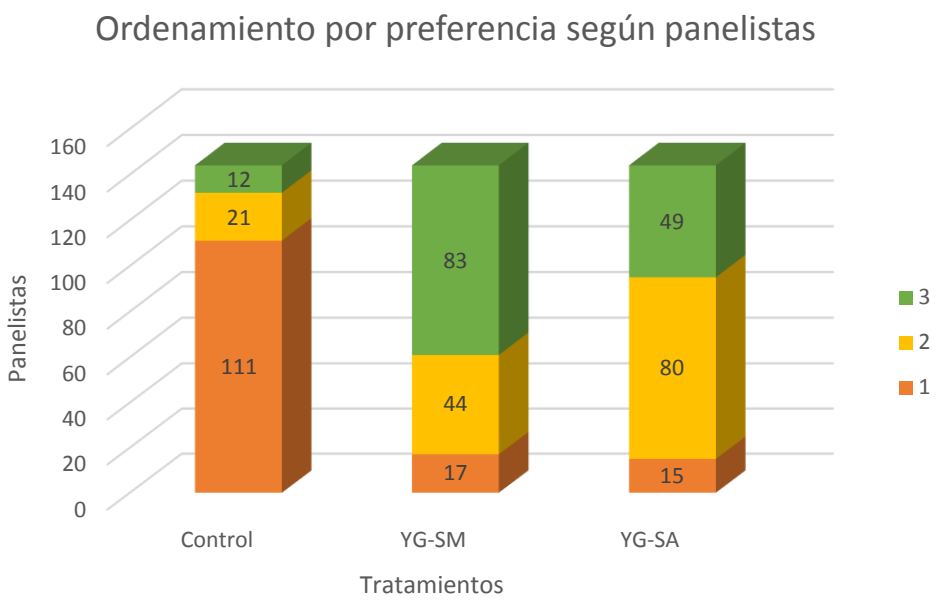
Al momento de desarrollar un producto es importante conocer la opinión de las personas en términos de sabor, textura y/o aroma. Por lo que, para este análisis sensorial, los panelistas (144) probaron los 3 tratamientos y los ordenaron por preferencia donde el 1 fue el de mayor preferencia y el 3 el de menor preferencia. Para el análisis estadístico de los datos se usó la prueba X^2 (chi-cuadrado). En este caso el valor de X^2 experimental fue de 110.34 y el X^2 teórico fue de 5.99, por lo tanto, dado que X^2 exp. > X^2teórico se acepta la hipótesis alterna. Para identificar cual es el tratamiento diferente se utilizó la

prueba de Tukey (HSD) con un nivel de confianza del 95%. En este caso el valor de HSD fue de 39.77 por lo que si las diferencias entre los tratamientos son mayores al valor de HSD el tratamiento es diferente.

En la Tabla 28 podemos observar como el control es significativamente diferente a los otros tratamientos, mientras que no se encontró diferencias entre YG-SM y YG-SA. Sin embargo, en la Gráfica 19 vemos como fue la distribución de preferencia según los panelistas en los tratamientos, siendo el control el de mayor preferencia (1) para 111 panelistas. Mientras que el YG-SM fue el tratamiento con menor preferencia (3) determinado por 83 panelistas. La preferencia por el control era de esperarse ya que este yogurt fue elaborado con leche al igual que los yogures griegos comerciales por lo que los panelistas tienen su paladar adaptado a ese tipo de sabor provocando que su preferencia se inclinara más por un sabor conocido. Como sugiere Desai y colaboradores (2013), los consumidores prefieren yogures griegos que tengan una cantidad moderada de sabor dulce y agrio, alto sabor a grasa de leche, alta firmeza y textura densa. A pesar de esto vemos en la Gráfica 19 que hubo alrededor de 32 panelistas que preferían los YG-SM y YG-SA.

Tabla 28. Comparación de preferencia entre los tratamientos

Tratamientos	Media	Suma de Rangos
Control	1.31 ± 0.62	189[a]
YG-SM	2.46 ± 0.70	354[b]
YG-SA	2.24 ± 0.63	322[b]
Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p>0.05, Prueba de Tukey).		



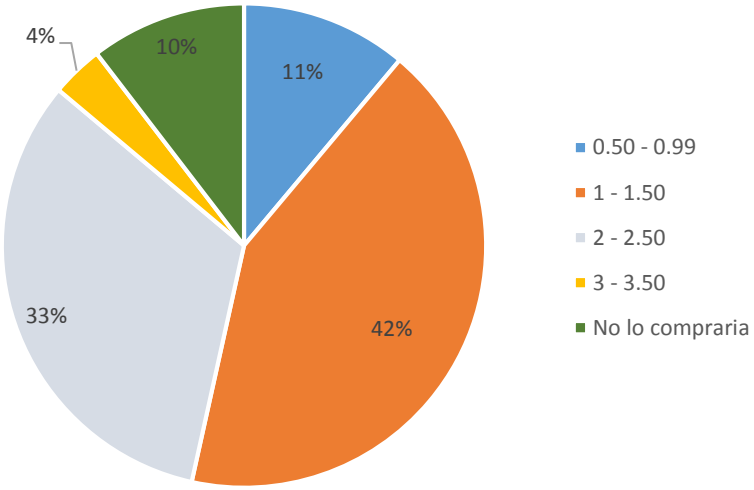
Gráfica 19. Distribución de preferencia para los tratamientos en prueba de ordenamiento

La prueba de ordenamiento también se les pidió a los panelistas que mencionaran en que se basaba su preferencia. La mayoría de los panelistas mencionó que su preferencia se basó en textura y sabor, por lo que comentaron que el control tenía un sabor suave y una textura cremosa. (Ver anejo 9.6.1.3). En cuanto al YG-SA la mayoría comentó que su sabor era más agrio que los demás tratamientos, pero su textura era agradable mientras que para el YG-SM mencionaron que al inicio el sabor era agradable pero el "after taste" era semejante a leche descompuesta. Otros mencionaron que tenía un sabor leve a mantequilla y un olor diferente a los demás tratamientos.

También para esta prueba se les preguntó a los panelistas si comprarían estos yogures griegos, para medir así su aceptabilidad. En la Gráfica 20 vemos que un 42% estarían dispuestos a comprar el yogurt griego de 4 onzas a un costo de $1.00 a $1.50 y un 33% estarían dispuestos a pagar $2.00 a $2.50. Por otro lado, un 10% de los panelistas no comprarían este tipo de yogurt.

En la Gráfica 20 vemos en términos generales que un 90% de los panelistas comprarían

el producto versus un 10% que no lo compraría. Basado en los datos obtenidos podemos determinar que el producto tuvo una buena aceptabilidad por lo que podría ser un producto competitivo en el mercado.



Gráfica 20. Resultados de aceptabilidad en caso de estar a la venta expresado en porcientos

5.10.2. Prueba de referencia al control

Para el análisis sensorial de referencia al control se analizó la opinión de 40 panelistas, los cuales tenían que determinar de acuerdo con la escala de la Tabla 29, cuál era la diferencia entre la referencia y los tratamientos. En la Tabla 30 podemos ver que el YG-SM y YG-SA mostraron diferencia respecto al control, pero no mostraron diferencias entre ellos.

En la Gráfica 21 podemos observar la distribución de las respuestas de los panelistas. Alrededor de 10 panelistas le dieron valores entre 1 al 3 para el YG-SA y YG-SM. Los resultados fueron como se esperaban ya que los panelistas están familiarizados con el yogurt griego comercial el cual es elaborado a base de leche. Sin embargo, se esperaba que los panelistas no se percataran de las diferencias entre los

tratamientos, ya que se pretende sustituir la leche por los SM o SA.

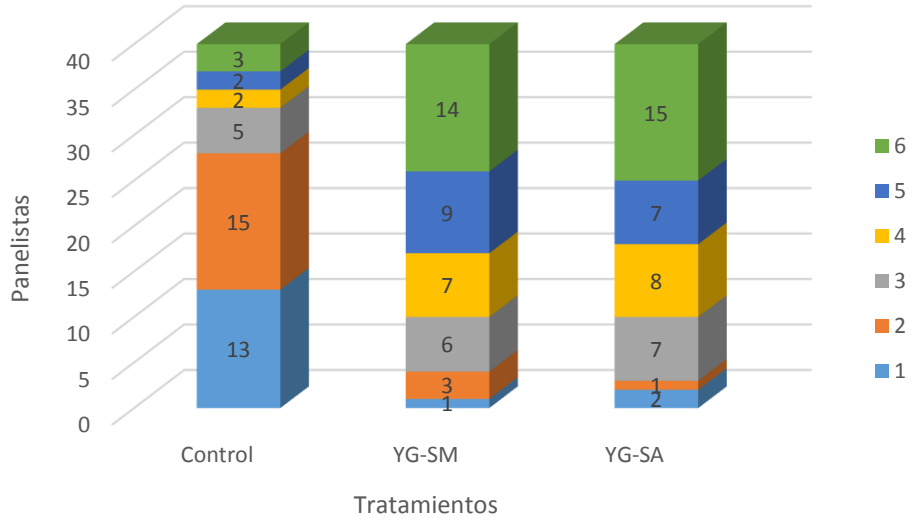
Muchos de los panelistas comentaron que su elección se basó en términos de la textura y viscosidad la cual era más cremosa en el control que en el otro tratamiento. Otros indicaron que el sabor del control era más agradable ya que era menos ácido. Según Tamime y Robinsons (2007), los sabores fuertes que se presentan en el yogurt griego se deben a las altas concentraciones de ácido láctico las cuales se enmascaran por el diacetilo producido en la fermentación y por el contenido de grasa de la leche empleada para la elaboración del yogurt griego. Otros panelistas indicaron que el aroma del YG-SM era mucho más fuerte que los demás tratamientos por lo que les fue útil para determinar que era diferente a la referencia. De acuerdo con Guerra-Hernández et al. (1995), el diacetilo es uno de los compuestos principales responsables del aroma del yogurt. Routray y Mishara (2011), mencionan que el acetaldehído es otro compuesto que contribuye al aroma del yogurt y es el resultado del efecto combinado de todos los compuestos aromáticos del yogurt.

Tabla 29. Valoración de escala utilizada en prueba de referencia al control

Valor	Escala
1	Nada diferente
2	Moderadamente diferente
3	Diferente
4	Muy diferente
5	Demasiado diferente
6	Extremadamente diferente

Tabla 30.Comparación de tratamientos con referencia

Tratamientos	Media
Control	2.35[a] ± 1.49
YG-SM	4.58 [b] ± 1.41
YG-SA	4.50[b] ± 1.48
Media ± la desviación estándar. Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes	



Gráfica 21. Distribución de escala de referencia para los tratamientos en prueba de referencia al control

6. CONCLUSION

Para esta investigación se desarrollaron 3 tratamientos de yogurt griego (control, YG-SM y YG-SA) a los cuales se le añadió leche descremada en polvo para la adición de sólidos. Para estos tres tratamientos, se prepararon 3 formulaciones diferentes con 8.25% de SNG y leche 2% grasa, 14% SNG y leche 2% grasa, y 14% SNG y leche 1% grasa. Esta última fue la formulación con los mejores resultados por lo que fue la que se le realizaron todos los análisis.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar si las características físico-químicas y sensoriales de los tratamientos eran igual al control. Esto con el propósito de poder

sustituir el uso de la leche por suero de mantequilla y suero ácido en la elaboración de yogurt griego. Para evaluar si había diferencia entre los tratamientos o no, se utilizó un intervalo de confianza de un 95%. Donde la hipótesis nula indica que no hay diferencia entre los tratamientos y el control y la hipótesis alterna indica que al menos uno de los tratamientos es diferente.

Para determinar la composición de los tratamientos se realizó un análisis proximal. De acuerdo a los resultados obtenidos los tratamientos son iguales al tratamiento control en cuanto al contenido de humedad (82.05 – 82.38), grasa (3.07 - 3.75) y sólidos totales (17.62 – 17.95). Sin embargo, los tratamientos difirieron en su contenido de cenizas y proteínas, respecto al control. Dado dichos resultados se acepta la hipótesis nula para humedad, solidos totales y grasa y se rechaza la hipótesis nula respecto al contenido de cenizas y proteína.

También se evaluó la acidez titulable, WHC y sinéresis, durante los periodos de almacenamiento de 0, 15 y 28 días. En este caso se acepta la hipótesis nula ya que no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos a través del tiempo de almacenamiento.

Por otro lado, se evaluó el pH de los diferentes YG y se encontró una diferencia significativa para los días 15 y 28 entre el YG-SM y el control, pero no entre el YG-SA y el control.

También se compararon las diferencias entre los tratamientos en relación a las propiedades reológicas de viscosidad y textura. En cuanto a la viscosidad determinada con el viscosímetro a diferentes revoluciones por minuto se observó una diferencia significativa entre el YG-SM y YG-SA, pero no entre ellos y el control, por lo que se cumplen el objetivo y se acepta la hipótesis nula. Con los resultados obtenidos se determinó que el YG tiene un

comportamiento no newtoniano pseudoplástico- tixotrópico, lo cual fue congruente con lo mencionado en la literatura. Por otro lado, relacionado a la textura del YG se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna, ya que se encontró diferencia entre los tratamientos y el control, siendo el control el tratamiento con mayor consistencia, adhesividad y firmeza. Esto a su vez influye en el análisis sensorial ya que la mayoría de los panelistas prefieren un YG firme y denso, siendo el tratamiento control el de mayor preferencia, seguido por el YG-SA. Esto también causo que los panelistas lograran identificar cuál de los tratamientos era igual a la referencia (control). Los panelistas indicaron que su identificación se basó principalmente en la textura y sabor ya que el control era más denso y menos ácido que el YG-SA y YG-SM. Debido a que hubo diferencia en relación a la textura y sensorial entre los tratamientos y el control se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna. Sin embargo, en cuanto a la aceptación del YG a base de sueros, un 90% de los panelistas indicaron que de estar disponibles en el mercado lo comprarían.

Para determinar el largo de vida útil del producto, se realizó un análisis microbiológico para coliformes y *E. coli*, hongos y levaduras y bacterias ácido-lácticas. En el caso de coliformes todos los tratamientos cumplieron con los parámetros establecidos por USDA (2001) ya que no hubo crecimiento en ninguno de los tratamientos en el periodo de almacenamiento. En el caso de los hongos y levaduras el crecimiento se observó mayormente en los días 28 y en las bacterias acido lácticas al día 28 se empezó a ver una disminución, lo que indica que ya para el día 28 el yogurt comienza a afectarse organolépticamente por lo que su largo de vida útil es de aproximadamente un mes bajo condiciones de temperatura adecuadas.

En conclusión, el objetivo principal de esta investigación se cumplió ya que, si se pudo sustituir la leche por el suero de mantequilla y suero ácido, desarrollando un YG a base de

sueros. Sin embargo, no se logró en los tratamientos que las características fisicoquímicas (proteína y cenizas), pH, viscosidad y textura fueran iguales al control. En cuanto al análisis sensorial también se encontró diferencia entre los tratamientos y el control, por lo tanto, no se lograron los objetivos generales, aceptando entonces la hipótesis alterna la cual indica que al menos uno de los tratamientos es diferente.

7. RECOMENDACIONES

Para futuros proyectos se recomienda:

- Comparar los cambios en la composición del yogurt griego utilizando diferentes métodos de desuerado.
- Utilizar en los YG-SM o YG-SA el uso de diferentes pectinas, gomas, o cultivos iniciadores que produzcan exopolisacáridos con el fin de ver los cambios en textura y viscosidad.
- Promover el uso del SM fresco en diferentes productos ya que el mayor uso del SM es procesado (polvo).
- Medir el efecto de diferentes neutralizadores como KOH o NaOH en el YG-SA en el tiempo de fermentación, viscosidad, textura y largo de vida útil.

8. BIBLIOGRAFIA

Barukcic, I. (2018) Whey as a potential functional food- properties, processing and future perspective. *Journal of Food Biotechnology Research;* 2(1.2): 1-2.

Ciro-Velásquez, H.J (2006). Reología de los fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. *Departamento de Ingeniería Agrícola y alimentos, Universidad Nacional de Colombia; 1-88.*

Codex Alimentarius (2003). Codex Standard for Fermented Milks. Acessed June 2017. www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243e.pdf.

Correding, M. Roesch,R.R., Dalgleish, D.G. (2003). Production of a Novel Ingredient from Buttermilk. *Journal of Dairy Science*; 86:2744-2750.

Dairy Council of California (2018). Nutrients in yogurts https://www.healthyeating.org/Milk-Dairy/Nutrients-in-Milk-Cheese-Yogurt/Yogurt-Nutrition

Dairy Foods Magazine (2012). Nonfat Greek Yogurt from Sophie. Dairy Foods. Jan.12, 2012.

Decreto Real 271/2014**,** de 14 de febrero, por el que se aprueba la Norma de Calidad para el Yogurt o Yoghourt.

Desai N. T. Shepard, L. Drake, M.A. (2013). Sensory properties and drivers of liking for Greek yogurts. *Journal of Dairy Science* 96(12): 7454 -7465.

Duboc, P. and Mollet, B. (2001). Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. International Dairy Journal, 11(9), pp.759-768.

Feutz, M. (2012). Comparison of regular yogurt and greek yogurt. *Agricultured: Food questions answered. http://agricultured.org/*

Food and Drug Administration (2014). *CFR- Code Of Federal Regulations Title 21 (Yogurt). https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm*

Garcia_Quesada, J.C (2008). Fluidos viscosos. *Repositorio institucional de la Univeridad de Alicante:* 1-19.

Gille, D (2011). The Health Aspect of buttermilk components. A review. *ALP Sciencce*. 540: 1-16.

González-Martínez, C., Becerra, M., Cháfer, M., Albors, A., Carot, J.M., y Chiralt, A. (2002). Influence of substituting milk powder for whey powder on yogurt quality. *Trends in Food Science & Technology;* 13: 334-340.

Gyawali, R. Ibrahim, S.(2016). Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt.

Yu, H., Wang, L. and McCarthy, K. (2016). Characterization of yogurts made with milk solids nonfat by rheological behavior and nuclear magnetic resonance spectroscopy. Journal of Food and Drug Analysis, 24(4), pp.804-812.

Hernández-Rojas, M. y Vélez-Ruíz, J.F (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*; 8: 13 – 22.

Hervert, C.J., Martin, N.H., Boor, K.J.,Wiedmann, M. (2016). Survival and detection of coliforms, Enterobacteriaceae, and gram – negative bacteria in Greek yogurt. *J.Dairy Sci*. 100:950-960.

Hiatt, K. Haupt, A. (2011). Greek Yogurt Vs. Regular Yogurt: Which is more healthful? *U.S News & World report*. https://health.usnews.com/health-news/diet-fitness/diet/articles/2011/09/30/greek-yogurt-vs-regular-yogurt-which-is-more-healthful

Jinjarak, S., Olabi, A., Jiménez-Flores, R. and Walker, J. (2006). Sensory, Functional, and Analytical Comparisons of Whey Butter with Other Butters. Journal of Dairy Science, 89(7), pp.2428-2440.

Królczyk, J.B., Dawidziuk, T.,Janiszewka-Turak, E., Sotowiej,B. (2016) Use of whey and whey preparations in the food industry - a review. *Pol.J.Food Nutr. Sci; 66(3): 157-165.*

Lee, W.J., Lucey, J.A.(2010). Formation and Physical Properties of yogurt. *Asian-*

Aust.J.Anim.Sci: 23(9):1127-1136.

Miranda, O. Espinosa, E.N. Ponce,I. (2016). Características fisicoquímicas y propiedades nutricionales del suero resultante del proceso de obtención del yogurt griego. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición:* 1(26): 172-174.

Morin, P., Pouliot, Y. and Jiménez-Flores, R. (2006). A comparative study of the fractionation of regular buttermilk and whey buttermilk by microfiltration. Journal of Food Engineering, 77(3), pp.521-528.

O'Connell, J. E. Fox, P.F. (2000). Heat Stability of Buttermilk. *Journal of Dairy Science*: 83:1728-1732.

Parras-Huertas, R.A. (2009). Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.* 62(1):4967-4982.

Parras- Huertas, R.A. (2012). Yogurt en la salud humana. *Revista La Sallista de investigación.* 9(2):162-177.

Polat, Z. (2009). Integrated approach to whey utilization though natural zeolite adsorption/desorption and fermentation. *Izmir Institute of Technology:* 1-209.

Prazeres, A., Carvalho, F. and Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. Journal of Environmental Management, 110, pp.48-68.

Ramírez-Navas, J.S.(2006). Introducción a la reología de los alimentos. *RcCiTeIA;*6(1): 1-42.

Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J. and Zoon, P. (2002). An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. International Dairy Journal, 12(2-3), pp.163-171.

Skryplonek, K., Jasinska, M. (2015). Fermented probiotic beverages based on acid whey. *Acta Sci. Pol.Technol.Aliment.* 14(4): 397-405. DOI: 10.17306/J.AFS.2015.4.39

Smithers, G.W. (2015). Whey-ing up the options – Yesterday, today and tomorrow. *International Dairy Journal*; 48: 2-14.

Smithers, G.W. (2008) Whey and whey proteins – From “gutter to gold”. *International Dairy Journal*; 18: 695-704.

Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., Jiménez-Flores, R. (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: A comparison between sweet, sour and whey buttermilk. *Journal of Dairy Science*; 89:525-536.

Stall, S. (2012). Considering Greek Yogurt for Chronic Kidney. *Journal of Renal Nutrition.* 22(6): e57 – e62.

Tamime, A.Y., Robinson, R. K. (2007). Taminsons and Robinson’s yogurt. *Woodhead publishing limited Cambridge England.* 2: 1-808.

United States Department of Agriculture (2001). USDA Specifications for yogurt, nonfat yogurt and lowfat yogurt. https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/yogurtlowfatnonfat.pdf

Vélez, J.F. y Rivas, A.H. (2001). Propiedades y características del yogurt. *Información tecnológica*: 12(6): 35 – 42.

Villeda Fuentes, C.M. (2015). Elaboración de yogur estilo griego con diferentes porcentajes de ATECAL, leche en polvo y horas de desuerado. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano:* 1-33.

Wong, P. and Kitts, D. (2003). Chemistry of Buttermilk Solid Antioxidant Activity. Journal of Dairy Science, 86(5), pp.1541-1547.

9. ANEJOS

9.1 Análisis proximal

9.1.1 Formulación 1%grasa, 14%SNG (BH)

Cenizas

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cenizas	9	0.93	0.91	5.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	2	0.01	41.36	0.0003
Tratamientos	0.01	2	0.01	41.36	0.0003
Error	9.3E-04	6	1.6E-04		
Total	0.01	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03125

Error: 0.0002 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
Control	0.16	3	0.01	A	
YG-SM	0.23	3	0.01		B
YG-SA	0.24	3	0.01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Proteina

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Proteina	9	0.97	0.96	2.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.13	2	3.07	103.78	<0.0001
Tratamientos	6.13	2	3.07	103.78	<0.0001
Error	0.18	6	0.03		
Total	6.31	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43061

Error: 0.0295 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
YG-SA	7.41	3	0.10	A		
YG-SM	7.89	3	0.10		B	
Control	9.35	3	0.10			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

% Grasa

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% Grasa	9	0.15	0.00	25.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.78	2	0.39	0.54	0.6064

Tratamientos	0.78	2	0.39	0.54	0.6064
Error	4.28	6	0.71		
Total	5.05	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.11532

Error: 0.7129 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Control	3.07	3	0.49	A
YG-SA	3.21	3	0.49	A
YG-SM	3.75	3	0.49	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Medidas resumen

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Control	Cenizas	3	0.16	0.01	0.15	0.16
Control	Proteina	3	9.35	0.28	9.07	9.63
Control	% Grasa	3	3.07	1.06	2.07	4.18
YG-SA	Cenizas	3	0.24	0.02	0.22	0.26
YG-SA	Proteina	3	7.41	0.08	7.32	7.46
YG-SA	% Grasa	3	3.21	0.41	2.74	3.49
YG-SM	Cenizas	3	0.23	0.01	0.23	0.24
YG-SM	Proteina	3	7.89	0.06	7.84	7.96
YG-SM	% Grasa	3	3.75	0.92	3.00	4.78

9.2 Acidez titulable

9.2.1 Formulación 1% grasa, 14% SNG

Análisis de la varianza

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
0	%AT	9	0.19	0.00	8.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	2	0.02	0.72	0.5257
Tratamientos	0.03	2	0.02	0.72	0.5257
Error	0.13	6	0.02		
Total	0.16	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36724

Error: 0.0215 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SM	1.63	3	0.08	A
YG-SA	1.67	3	0.08	A
Control	1.77	3	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
15	%AT	9	0.06	0.00	20.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor

Modelo.	0.04	2	0.02	0.18	0.8388
Tratamientos	0.04	2	0.02	0.18	0.8388
Error	0.62	6	0.10		
Total	0.66	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.80770

Error: 0.1039 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SA	1.54	3	0.19	A
Control	1.55	3	0.19	A
YG-SM	1.68	3	0.19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
28	%AT	9	0.15	0.00	7.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	2	0.01	0.53	0.6164
Tratamientos	0.02	2	0.01	0.53	0.6164
Error	0.09	6	0.02		
Total	0.11	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31179

Error: 0.0155 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SM	1.70	3	0.07	A
YG-SA	1.78	3	0.07	A
Control	1.79	3	0.07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Medidas resumen

Almacenamiento	Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Control	%AT	3	1.77	0.14	1.67	1.93
0	YG-SA	%AT	3	1.67	0.10	1.57	1.77
0	YG-SM	%AT	3	1.63	0.19	1.44	1.81
15	Control	%AT	3	1.55	0.39	1.27	1.99
15	YG-SA	%AT	3	1.54	0.39	1.09	1.77
15	YG-SM	%AT	3	1.68	0.12	1.59	1.81
28	Control	%AT	3	1.79	0.03	1.76	1.82
28	YG-SA	%AT	3	1.78	0.02	1.77	1.81
28	YG-SM	%AT	3	1.70	0.21	1.55	1.94

Análisis de la varianza Control

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
%AT	9	0.24	0.00	13.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.11	2	0.05	0.93	0.4456
Almacenamiento	0.11	2	0.05	0.93	0.4456

Error	0.34	6	0.06
Total	0.44	8	

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.59625

Error: 0.0566 gl: 6

Almacenamiento	Medias	n	E.E.	
15	1.55	3	0.14	A
0	1.77	3	0.14	A
28	1.79	3	0.14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza YG-SM

Variable	N	R²	R² Aj	CV
%AT	9	0.04	0.00	10.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	2	4.0E-03	0.13	0.8805
Almacenamiento	0.01	2	4.0E-03	0.13	0.8805
Error	0.19	6	0.03		
Total	0.19	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.44006

Error: 0.0309 gl: 6

Almacenamiento	Medias	n	E.E.	
0	1.63	3	0.10	A
15	1.68	3	0.10	A
28	1.70	3	0.10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza (YG-SA)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
%AT	9	0.22	0.00	13.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.09	2	0.05	0.86	0.4709
Almacenamiento	0.09	2	0.05	0.86	0.4709
Error	0.32	6	0.05		
Total	0.41	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.57904

Error: 0.0534 gl: 6

Almacenamiento	Medias	n	E.E.	
15	1.54	3	0.13	A
0	1.67	3	0.13	A
28	1.78	3	0.13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

9.3 pH

9.3.1 Formulación 1%grasa 14% SNG

Análisis de la varianza

Almacenamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV

0	pH	9	0.96	0.94	0.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	2	0.02	68.76	0.0001
Tratamiento	0.03	2	0.02	68.76	0.0001
Error	1.4E-03	6	2.3E-04		
Total	0.03	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03827

Error: 0.0002 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
YG-SM	4.29	3	0.01	A	
YG-SA	4.29	3	0.01	A	
Control	4.41	3	0.01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
15	pH	9	0.93	0.90	0.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	2	0.01	37.05	0.0004
Tratamiento	0.02	2	0.01	37.05	0.0004
Error	1.3E-03	6	2.2E-04		
Total	0.02	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03735

Error: 0.0002 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
YG-SM	4.23	3	0.01	A	
YG-SA	4.31	3	0.01		B
Control	4.32	3	0.01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
28	pH	9	0.99	0.99	0.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.04	2	0.02	379.40	<0.0001
Tratamiento	0.04	2	0.02	379.40	<0.0001
Error	3.3E-04	6	5.6E-05		
Total	0.04	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01867

Error: 0.0001 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
YG-SM	4.15	3	4.3E-03	A		
Control	4.28	3	4.3E-03		B	
YG-SA	4.31	3	4.3E-03			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Medidas resumen

Almacenamiento	Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Control	pH	3	4.41	0.02	4.40	4.43
0	YG-SA	pH	3	4.29	0.02	4.27	4.30
0	YG-SM	pH	3	4.29	0.02	4.27	4.30
15	Control	pH	3	4.32	0.02	4.30	4.34
15	YG-SA	pH	3	4.31	0.01	4.30	4.32
15	YG-SM	pH	3	4.23	0.01	4.22	4.24
28	Control	pH	3	4.28	0.01	4.28	4.29
28	YG-SA	pH	3	4.31	0.01	4.30	4.32
28	YG-SM	pH	3	4.15	0.01	4.15	4.16

Análisis de la varianza

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Control	pH	9	0.95	0.93	0.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	2	0.01	57.00	0.0001
Almacenamiento	0.03	2	0.01	57.00	0.0001
Error	1.4E-03	6	2.3E-04		
Total	0.03	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03827

Error: 0.0002 gl: 6

Almacenamiento	Medias	n	E.E.			
28	4.28	3	0.01	A		
15	4.32	3	0.01		B	
0	4.41	3	0.01			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
YG-SA	pH	9	0.56	0.41	0.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.1E-03	2	5.4E-04	3.77	0.0870
Almacenamiento	1.1E-03	2	5.4E-04	3.77	0.0870
Error	8.7E-04	6	1.4E-04		
Total	2.0E-03	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03011

Error: 0.0001 gl: 6

Almacenamiento	Medias	n	E.E.	
0	4.29	3	0.01	A
28	4.31	3	0.01	A
15	4.31	3	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV

YG-SM	pH	9	0.97	0.96	0.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	2	0.01	100.33	<0.0001
Almacenamiento	0.03	2	0.01	100.33	<0.0001
Error	8.0E-04	6	1.3E-04		
Total	0.03	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02893

Error: 0.0001 gl: 6

Almacenamiento	Medias	n	E.E.			
28	4.15	3	0.01	A		
15	4.23	3	0.01		B	
0	4.29	3	0.01			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

9.4 WHC y Sinéresis

9.4.1 Formulación 1% grasa, 14%SNG

Análisis de la varianza

% WHC

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
0	% WHC	9	0.40	0.20	2.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16.73	2	8.37	2.00	0.2166
Tratamientos	16.73	2	8.37	2.00	0.2166
Error	25.16	6	4.19		
Total	41.89	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.12982

Error: 4.1928 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SM	95.02	3	1.18	A
Control	96.68	3	1.18	A
YG-SA	98.36	3	1.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

%sineresis

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
0	%sineresis	9	0.40	0.20	61.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16.73	2	8.37	2.00	0.2166
Tratamientos	16.73	2	8.37	2.00	0.2166
Error	25.16	6	4.19		
Total	41.89	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.12982

Error: 4.1928 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.

YG-SA	1.64	3	1.18	A
Control	3.32	3	1.18	A
YG-SM	4.98	3	1.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

% WHC

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
15	% WHC	9	0.48	0.30	1.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.54	2	5.77	2.72	0.1439
Tratamientos	11.54	2	5.77	2.72	0.1439
Error	12.71	6	2.12		
Total	24.25	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.64606

Error: 2.1181 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SM	94.69	3	0.84	A
Control	95.56	3	0.84	A
YG-SA	97.41	3	0.84	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

%sineresis

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
15	%sineresis	9	0.48	0.30	35.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.54	2	5.77	2.72	0.1439
Tratamientos	11.54	2	5.77	2.72	0.1439
Error	12.71	6	2.12		
Total	24.25	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.64606

Error: 2.1181 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SA	2.59	3	0.84	A
Control	4.44	3	0.84	A
YG-SM	5.31	3	0.84	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

% WHC

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
28	% WHC	9	0.43	0.24	1.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.58	2	5.79	2.27	0.1849
Tratamientos	11.58	2	5.79	2.27	0.1849
Error	15.33	6	2.55		
Total	26.91	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.00437

Error: 2.5549 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SM	93.41	3	0.92	A
Control	95.09	3	0.92	A
YG-SA	96.17	3	0.92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

%sineresis

Almacenamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
28	%sineresis	9	0.43	0.24	31.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.58	2	5.79	2.27	0.1849
Tratamientos	11.58	2	5.79	2.27	0.1849
Error	15.33	6	2.55		
Total	26.91	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.00437

Error: 2.5549 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
YG-SA	3.83	3	0.92	A
Control	4.91	3	0.92	A
YG-SM	6.59	3	0.92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Medidas resumen

Almacenamiento	Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Control	% WHC	3	96.68	1.14	96.00	98.00
0	Control	%sineresis	3	3.32	1.14	2.00	4.00
0	YG-SA	% WHC	3	98.36	1.51	97.04	100.00
0	YG-SA	%sineresis	3	1.64	1.51	0.00	2.96
0	YG-SM	% WHC	3	95.02	3.00	92.00	98.00
0	YG-SM	%sineresis	3	4.98	3.00	2.00	8.00
15	Control	% WHC	3	95.56	1.36	94.50	97.09
15	Control	%sineresis	3	4.44	1.36	2.91	5.50
15	YG-SA	% WHC	3	97.41	1.67	95.76	99.09
15	YG-SA	%sineresis	3	2.59	1.67	0.91	4.24
15	YG-SM	% WHC	3	94.69	1.32	93.58	96.15
15	YG-SM	%sineresis	3	5.31	1.32	3.85	6.42
28	Control	% WHC	3	95.09	1.03	94.00	96.04
28	Control	%sineresis	3	4.91	1.03	3.96	6.00
28	YG-SA	% WHC	3	96.17	1.85	94.39	98.08
28	YG-SA	%sineresis	3	3.83	1.85	1.92	5.61
28	YG-SM	% WHC	3	93.41	1.79	91.67	95.24
28	YG-SM	%sineresis	3	6.59	1.79	4.76	8.33

9.5 Viscosidad

9.5.1 Viscosidad medida por el viscosímetro a diferentes RPM

Análisis de la varianza

RPM	Variable	N	R²	R² Aj	CV
3	CP	9	0.62	0.49	28.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5247926666.67	2	2623963333.33	4.92	0.0544
Tratamientos	5247926666.67	2	2623963333.33	4.92	0.0544
Error	3200613333.33	6	533435555.56		
Total	8448540000.00	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=57861.48177

Error: 533435555.5556 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	54566.67	3	13334.61	A	
Control	79000.00	3	13334.61	A	B
YG-SM	113433.33	3	13334.61		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R²	R² Aj	CV
6	CP	9	0.89	0.86	11.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1859175555.56	2	929587777.78	24.98	0.0012
Tratamientos	1859175555.56	2	929587777.78	24.98	0.0012
Error	223313333.33	6	37218888.89		
Total	2082488888.89	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=15283.76225

Error: 37218888.8889 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	32900.00	3	3522.26	A	
Control	57133.33	3	3522.26		B
YG-SM	67133.33	3	3522.26		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R²	R² Aj	CV
10	CP	9	0.77	0.70	18.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	928215555.56	2	464107777.78	10.20	0.0117
Tratamientos	928215555.56	2	464107777.78	10.20	0.0117
Error	272966666.67	6	45494444.44		
Total	1201182222.22	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16897.70619

Error: 45494444.4444 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	23300.00	3	3894.20	A	
Control	37700.00	3	3894.20	A	B
YG-SM	48066.67	3	3894.20		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
12	CP	9	0.81	0.74	16.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	682376622.22	2	341188311.11	12.60	0.0071
Tratamientos	682376622.22	2	341188311.11	12.60	0.0071
Error	162459133.33	6	27076522.22		
Total	844835755.56	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13036.01982

Error: 27076522.2222 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	20666.67	3	3004.25	A	
Control	33140.00	3	3004.25	A	B
YG-SM	41886.67	3	3004.25		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
20	CP	9	0.81	0.75	16.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	351262222.22	2	175631111.11	12.91	0.0067
Tratamientos	351262222.22	2	175631111.11	12.91	0.0067
Error	81601666.67	6	13600277.78		

Total	432863888.89	8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9238.94668

Error: 13600277.7778 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	14700.00	3	2129.18	A	
Control	23833.33	3	2129.18	A	B
YG-SM	29900.00	3	2129.18		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R²	R² Aj	CV
30	CP	9	0.82	0.76	15.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	198726955.56	2	99363477.78	13.77	0.0057
Tratamientos	198726955.56	2	99363477.78	13.77	0.0057
Error	43292266.67	6	7215377.78		
Total	242019222.22	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6729.42735

Error: 7215377.7778 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	11510.00	3	1550.85	A	
Control	17323.33	3	1550.85	A	B
YG-SM	23020.00	3	1550.85		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R²	R² Aj	CV
50	CP	9	0.81	0.75	14.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	84284088.89	2	42142044.44	12.87	0.0068
Tratamientos	84284088.89	2	42142044.44	12.87	0.0068
Error	19651733.33	6	3275288.89		
Total	103935822.22	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4533.91504

Error: 3275288.8889 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	8320.00	3	1044.87	A	
Control	12626.67	3	1044.87	A	B
YG-SM	15786.67	3	1044.87		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R²	R² Aj	CV
60	CP	9	0.85	0.80	13.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	62562422.22	2	31281211.11	16.98	0.0034

Tratamientos	62562422.22	2	31281211.11	16.98	0.0034
Error	11052400.00	6	1842066.67		
Total	73614822.22	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3400.17479

Error: 1842066.6667 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	7283.33	3	783.60	A	
Control	10226.67	3	783.60	A	
YG-SM	13733.33	3	783.60		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
100	CP	9	0.84	0.79	11.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24052288.89	2	12026144.44	16.26	0.0038
Tratamientos	24052288.89	2	12026144.44	16.26	0.0038
Error	4436400.00	6	739400.00		
Total	28488688.89	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2154.21127

Error: 739400.0000 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG-SA	5343.33	3	496.45	A	
Control	7423.33	3	496.45	A	B
YG-SM	9346.67	3	496.45		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RPM	Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
3	Control	CP	3	79000.00	36177.20	37300.00	102000.00
3	YG-SA	CP	3	54566.67	12933.03	40000.00	64700.00
3	YG-SM	CP	3	113433.33	11146.90	106700.00	126300.00
6	Control	CP	3	57133.33	4600.36	52500.00	61700.00
6	YG-SA	CP	3	32900.00	8296.38	23500.00	39200.00
6	YG-SM	CP	3	67133.33	4654.39	64200.00	72500.00
10	Control	CP	3	37700.00	9139.47	27600.00	45400.00
10	YG-SA	CP	3	23300.00	5935.49	16600.00	27900.00
10	YG-SM	CP	3	48066.67	4209.91	45200.00	52900.00
12	Control	CP	3	33140.00	5944.55	26580.00	38170.00
12	YG-SA	CP	3	20666.67	5169.84	14830.00	24670.00
12	YG-SM	CP	3	41886.67	4377.74	38500.00	46830.00
20	Control	CP	3	23833.33	4279.70	19050.00	27300.00
20	YG-SA	CP	3	14700.00	3713.83	10500.00	17550.00
20	YG-SM	CP	3	29900.00	2948.30	27700.00	33250.00
30	Control	CP	3	17323.33	3054.26	13870.00	19670.00
30	YG-SA	CP	3	11510.00	2942.67	8200.00	13830.00
30	YG-SM	CP	3	23020.00	1912.67	21400.00	25130.00
50	Control	CP	3	12626.67	2109.25	10200.00	14020.00
50	YG-SA	CP	3	8320.00	2036.86	6040.00	9960.00
50	YG-SM	CP	3	15786.67	1108.21	14540.00	16660.00
60	Control	CP	3	10226.67	1289.43	8750.00	11130.00
60	YG-SA	CP	3	7283.33	1791.71	5320.00	8830.00
60	YG-SM	CP	3	13733.33	808.29	12800.00	14200.00
100	Control	CP	3	7423.33	721.69	6590.00	7840.00
100	YG-SA	CP	3	5343.33	1301.24	3940.00	6510.00
100	YG-SM	CP	3	9346.67	64.29	9300.00	9420.00

9.6 Textura

Análisis de la varianza

Firmeza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Firmeza	9	0.96	0.95	8.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20544.67	2	10272.34	81.01	<0.0001
Tratamientos	20544.67	2	10272.34	81.01	<0.0001
Error	760.81	6	126.80		
Total	21305.49	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=28.21059

Error: 126.8023 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG- SA	85.86	3	6.50	A	
YG-SM	108.18	3	6.50	A	
Control	196.51	3	6.50		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

consistencia

Variable	N	R²	R² Aj	CV
consistencia	9	0.97	0.95	7.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10480762.54	2	5240381.27	82.98	<0.0001
Tratamientos	10480762.54	2	5240381.27	82.98	<0.0001
Error	378905.48	6	63150.91		
Total	10859668.03	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=629.56183

Error: 63150.9138 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
YG- SA	2175.29	3	145.09	A	
YG-SM	2689.25	3	145.09	A	
Control	4677.77	3	145.09		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cohesividad

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cohesividad	9	0.88	0.84	19.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	47859.59	2	23929.80	22.22	0.0017
Tratamientos	47859.59	2	23929.80	22.22	0.0017
Error	6461.91	6	1076.99		
Total	54321.51	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=82.21546

Error: 1076.9854 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
Control	-267.09	3	18.95	A	
YG-SM	-134.76	3	18.95		B
YG- SA	-97.02	3	18.95		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Viscosidad

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Viscosidad	9	0.96	0.95	11.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	240388.56	2	120194.28	71.55	0.0001
Tratamientos	240388.56	2	120194.28	71.55	0.0001
Error	10079.61	6	1679.94		

Total	250468.17	8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=102.68212

Error: 1679.9353 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Control	-597.53	3	23.66	A
YG-SM	-299.61	3	23.66	B
YG- SA	-216.99	3	23.66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Medidas resumen

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Control	Firmeza	3	196.51	14.99	179.94	209.14
Control	consistencia	3	4677.77	329.48	4333.97	4990.76
Control	Cohesividad	3	-267.09	54.87	-325.37	-216.42
Control	Viscosidad	3	-597.53	68.61	-674.68	-543.37
YG- SA	Firmeza	3	85.86	4.29	81.01	89.13
YG- SA	consistencia	3	2175.29	80.56	2097.41	2258.28
YG- SA	Cohesividad	3	-97.02	4.89	-102.51	-93.12
YG- SA	Viscosidad	3	-216.99	3.12	-220.16	-213.92
YG-SM	Firmeza	3	108.18	11.71	95.15	117.84
YG-SM	consistencia	3	2689.25	272.78	2381.39	2900.85
YG-SM	Cohesividad	3	-134.76	14.00	-147.32	-119.66
YG-SM	Viscosidad	3	-299.61	17.97	-319.14	-283.78

9.7 Análisis sensorial

9.7.1.1 Prueba de Referencia contra el control

9.7.1.1 Hoja del panelista

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

PRUEBA DE REFERENCIA AL CONTROL

Fecha: _____ No. Panelista: _____

Producto: Yogurt Griego a base de leche, suero ácido y suero de mantequilla

INSTRUCCIONES: Se le están entregando 4 muestras de Yogurt Griego, 3 de ellas codificadas con un número aleatorio de 3 dígitos y una identificada con la R (referencia). Seleccione cada muestra de izquierda a derecha y anote los códigos en los espacios correspondientes. Marque con una X en la escala de diferencias la que mejor describa las diferencias percibida en comparación con la referencia. Recuerde comer la galleta y tomar agua entre muestras para limpiar las papilas gustativas.

Código: **R**

Escala	Códigos de muestras		
Extremadamente diferente			
Demasiado diferente			
Muy diferente			
Diferente			
Moderadamente diferente			
Nada diferente			

Comentarios:

_____

_____

_____

Gracias

9.7.1.2 Datos obtenidos por panelistas

Panelistas	Control	YG-SM	YG-SA
1	3	6	6
2	4	5	5
3	3	6	1
4	6	3	6
5	6	6	4
6	3	4	3
7	2	6	6
8	6	4	5
9	1	2	4
10	2	3	6
11	2	4	5
12	1	2	6
13	2	5	3
14	1	3	4
15	1	4	6
16	4	2	6
17	2	4	3
18	1	5	6
19	2	5	6
20	1	6	5
21	2	6	6
22	2	6	3
23	2	5	6
24	2	6	5
25	5	1	3
26	3	4	4

27	2	6	3
28	5	6	1
29	1	6	4
30	2	5	3
31	1	6	3
32	1	5	4
33	1	3	6
34	2	6	4
35	1	4	6
36	2	5	5
37	1	5	6
38	3	4	2
39	2	3	4
40	1	6	6

9.7.1.3 Comentarios de panelistas

Comentarios

El 646 (YG-SM) es amargo a diferencia del 922 (YG-SA) y el 824 (Control).

El 479 (Y-SM) y el 984 (Control) son moderadamente diferente en su sabor.

El 957 (YG-SM) es muy diferente al control (según panelista YG-SA) pero el 359 (control) solo tiene pocas diferencias

El 756 (Control) fue mejor en sabor; 229 (YG-SA) tenía a consistencia agradable pero no fui fanático de su sabor y el 137 (YG-SM) me supo bastante diferente.

El 872 (YG-SA) y el 191 (YG-SM) tienen un sabor similar a queso crema mientras que el 773 (Control) es semejante a la referencia. Los 3 tenían consistencia más líquida que el control.

El espesor es un buen indicador de cuál es el control.

Me gusto más el 822 (Control)

9.7.1.4 Análisis estadístico

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Control	40	94	2.35	2.23333333
YG-SM	40	183	4.575	1.99423077
YG-SA	40	180	4.5	2.20512821

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	127.716667	2	63.85833333	29.7814649	3.50954E-11	3.073762904
Within Groups	250.875	117	2.144230769			
Total	378.591667	119				

Prueba de Friedman

Control	YG-SM	YG-SA	T^2	p
1.29	2.38	2.34	26.71	<0.0001

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 13.452

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n		
Control	51.5	1.29	40	A	
YG-SA	93.5	2.34	40		B
YG-SM	95	2.38	40		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.050)

9.7.2. Prueba de Ordenamiento y aceptación

9.7.2.1.Hoja del Panelista

Formulario de hoja de panelista para Prueba de Ordenamiento

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

PRUEBA DE ORDENAMIENTO

Fecha: _____ No. Panelista: _____

Producto: Yogurt Griego a base de leche, suero ácido y suero de mantequilla

INSTRUCCIONES: Se le están entregando tres muestras de Yogurt Griego, codificadas con un número aleatorio de 3 dígitos. Seleccione cada muestra de izquierda a derecha y anote los códigos en los espacios correspondientes. Se utilizará una escala de 1-3, donde 1 será el de mayor preferencia y 3, el de menor preferencia. Pruebe las muestras y coloque en orden de preferencia. Recuerde comer la galleta y tomar agua entre muestras para limpiar las papilas gustativas.

Código	_____	_____	_____
Valor	☐	☐	☐

Comente en que se basó su preferencia (sabor, textura, olor y etc.)

9.7.2.2 Datos obtenidos de los panelistas

Panelista	Control	GY-SM	GY-SA
1	1	2	3
2	1	3	2
3	2	1	3
4	1	3	2
5	1	3	2
6	1	3	2
7	1	3	2
8	1	3	2
9	1	3	2
10	1	3	2
11	1	3	2
12	3	2	1

13	1	3	2
14	1	2	3
15	2	3	1
16	1	3	2
17	3	1	2
18	2	1	3
19	1	3	2
20	2	1	3
21	1	3	2
22	1	3	2
23	1	3	2
24	1	2	3
25	2	3	2
26	1	3	2
27	1	2	3
28	1	2	3
29	1	3	2
30	2	3	1
31	1	3	2
32	1	3	2
33	1	3	2
34	3	1	2
35	1	3	2
36	1	2	3
37	1	3	2
38	1	2	3
39	1	3	2
40	1	3	2
41	1	3	2

42	1	2	3
43	3	1	2
44	1	3	2
45	1	3	2
46	1	3	2
47	1	3	2
48	1	3	2
49	1	2	3
50	1	2	3
51	1	3	2
52	1	3	2
53	1	2	3
54	1	3	2
55	1	2	3
56	3	2	1
57	2	3	1
58	1	2	3
59	2	3	1
60	1	3	2
61	1	3	2
62	1	3	2
63	2	3	1
64	1	3	2
65	1	2	3
66	1	2	3
67	1	2	3
68	1	3	2
69	3	1	2
70	1	3	2

71	1	2	3
72	3	2	1
73	1	3	2
74	1	3	2
75	1	3	2
76	1	2	3
77	1	3	2
78	1	2	3
79	1	3	2
80	1	3	2
81	2	3	1
82	1	3	2
83	1	3	2
84	1	2	3
85	1	3	2
86	3	1	2
87	3	2	1
88	1	2	3
89	2	3	1
90	1	3	2
91	1	2	3
92	1	3	2
93	2	3	1
94	2	1	3
95	3	1	2
96	1	2	3
97	1	2	3
98	1	2	3
99	1	2	3

100	1	3	2
101	1	3	2
102	1	2	3
103	1	2	3
104	1	3	2
105	2	3	1
106	1	3	2
107	1	3	2
108	2	1	3
109	1	3	2
110	1	3	2
111	1	3	2
112	1	3	2
113	1	2	3
114	1	2	3
115	1	2	3
116	1	3	2
117	1	3	2
118	1	3	2
119	1	3	2
120	1	2	3
121	1	2	3
122	2	1	3
123	1	2	3
124	2	1	3
125	1	2	3
126	1	2	3
127	1	3	2
128	1	3	2

129	3	1	2
130	2	3	1
131	1	3	2
132	3	1	2
133	1	2	3
134	1	3	2
135	1	3	2
136	1	3	2
137	1	2	3
138	2	1	3
139	1	3	2
140	1	3	2
141	2	3	1
142	1	2	3
143	2	1	3
144	1	2	3

9.7.2.3 Datos obtenidos de la pregunta ¿De estar el producto en el mercado lo compraría?

Costos	**Cantidad de panelistas**
0.50 - 0.99	16
1 - 1.50	61
2 - 2.50	47
3 - 3.50	5
No lo compraría	15
Total	**144**

9.7 Análisis Microbiológico

9.7.3 Enumeración de Coliformes y E.coli

9.7.3.1. Análisis microbiológico para E.coli y Coliformes a los días 0,15,28 para el Control (1%L, 14%SNG)

Días	**Muestras**	**10^{-1}**	**10^{-2}**	**10^{-3}**	**10^{-4}**
0	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.3.2 Análisis microbiológico para E.coli y Coliformes a los días 0,15,28 para el YG-SM (1%L, 14%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.3.3 Análisis microbiológico para Coliformes a los días 0,15,28 para el YG-SA (1%L, 14%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.3.4 Análisis microbiológico para E.coli y coliformes día 0,15 y 28 para el

Control (L2%G, 8.25%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.3.5 Análisis microbiológico para E.coli y coliformes día 0,15 y 28 para YG-SM (L2%, 8.25%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.4. Recuento de Hongos y Levaduras

9.7.4.1. Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el Control (1%L, 14%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	3.9×10^2 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	2.7×10^2 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	TNTC	TNTC	TFTC	TFTC
	2	TNTC	TNTC	TFTC	TFTC

9.7.4.2. Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el YG-SM (1%L, 14%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	1.9×10^2 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	2.0×10^2 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	TNTC	6×10^2 CFU	TFTC	TFTC
	2	TNTC	6.7×10^3 CFU	TFTC	TFTC

9.7.4.3. Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el YG-SA (1%L, 14%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	TNTC	1.56×10^4 CFU	TFTC	TFTC
	2	TNTC	2.11×10^4 CFU	TFTC	TFTC
28	**1**	TNTC	4.13×10^4 CFU	TFTC	TFTC
	2	TNTC	5.63×10^4 CFU	TFTC	TFTC

9.7.4.4. Análisis microbiológico para Mohos y levaduras al día 0,15,28 en Control (2%L, 8.25%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	**1**	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.4.5. Análisis microbiológico para Mohos y levaduras al día 0,15,28 en YG-SM (2%L, 8.25%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	TFTC	3.4×10^3 CFU	TFTC	TFTC (1)
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC (3)

9.7.5. Recuento de bacterias ácido-lácticas

9.7.5.1 Análisis microbiológico para Mohos y Levaduras a los días 0,15,28 para el Control (1%L, 14%SNG)

Días	Muestras	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0	1	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	3.9×10^2 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	2.7×10^2 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	TNTC	TNTC	TFTC	TFTC
	2	TNTC	TNTC	TFTC	TFTC

9.7.5.2. Análisis microbiológico para Bacterias ácido-lácticas a los días 0,15,28 para el YG-SM (1%L, 14%SNG)

Días	**Muestras**	**10^{-4}**	**10^{-5}**	**10^{-6}**	**10^{-7}**	**10^{-8}**
0	**1**	5.33×10^{6}	8.09×10^{7}	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	9.10×10^{6}	7.20×10^{7}	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	**1**	1.74×10^{6}	5.41×10^{7}	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.5.3. Análisis microbiológico para Bacterias ácido-lácticas a los días 0,15,28 para el YG-SA (1%L, 14%SNG)

Días	**Muestras**	**10^{-4}**	**10^{-5}**	**10^{-6}**	**10^{-7}**	**10^{-8}**
0	**1**	4.12×10^{6}	8.03×10^{7}	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	**1**	8.0×10^{5}	3.45×10^{7}	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	**1**	7.26×10^{6}	3.0×10^{6}	TFTC	TFTC	TFTC
	2	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.5.4. Análisis microbiológico para Bacterias ácido-lácticas al día 0, 15, 28 en Control (L2%, 8.25%SNG)

Días	Muestras	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
0	1	1.28 x 10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	1.25x10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	6.8 x 10^5 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
	2	6.3 x 10^5 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	5.8 x 10^5 CFU	1.2 x 10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	6.1 x 10^5 CFU	2.1 x 10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC

9.7.5.5. Análisis microbiológico para Bacterias ácido lácticas al día 0, 15, 28 en YG-SM (2%L, 8.25%SNG)

Días	Muestras	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
0	1	8.9 x 10^5 CFU	7.0 x 10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	1.03 x10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
15	1	3.3 x 10^5 CFU	4.0 x 10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	4.3 x 10^5 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
28	1	3.9 x 10^5 CFU	4.0 x 10^6 CFU	TFTC	TFTC	TFTC
	2	3.1 x 10^5 CFU	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC

9.8 Figuras

Figura 7. Neutralización del suero ácido

Figura 8. Pasteurización en baño de María

Figura 9. Baño de María invertido para bajar temperatura

Figura 10. Incubadora utilizada para la fermentación

Figura 11. Centrifuga utilizada para determinar WHC

Figura 12. Equipo CEM para determinación rápida de humedad

Figura 13. Texturometro utilizado para medir textura

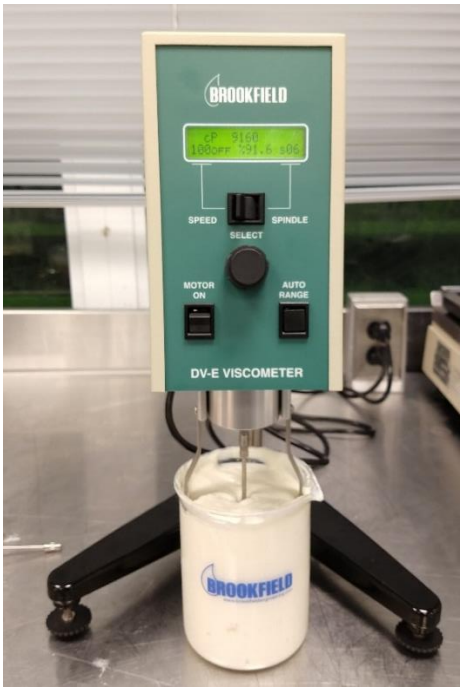


Figura 14. Viscosímetro utilizado para medir viscosidad

Figura 15. Autoclave utilizada para esterilizar medios de cultivos

Figura 16. Determinación de grasa

Figura 17. Determinación de humedad por secado al horno

Figura 18. Determinación de cenizas

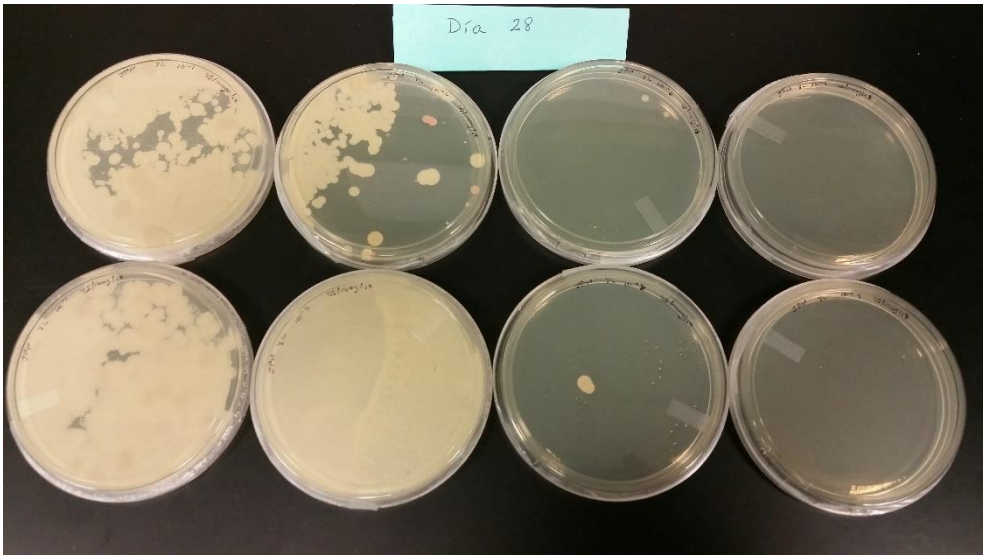


Figura 19. Plato de Potato Dextrose Aar para determinación de hongos y levaduras

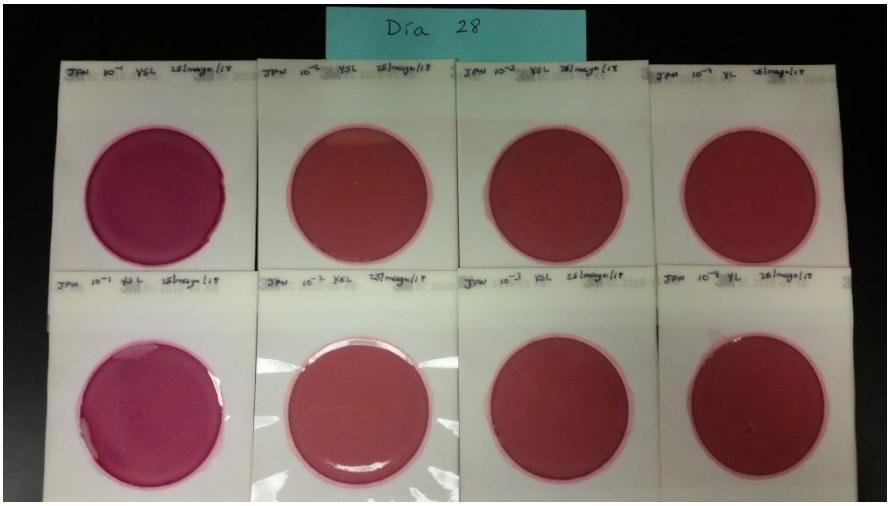


Figura 20. Petri film para determinación de coliformes y E.coli

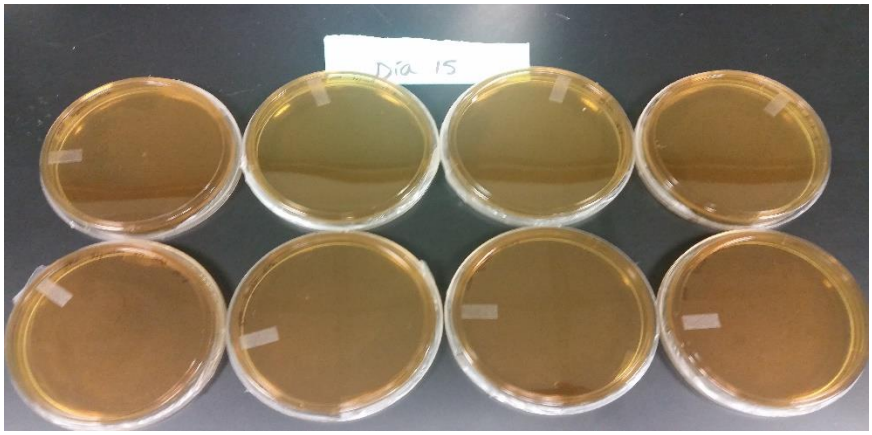


Figura 21Plato de MRS para determinación de bacterias ácido lácticas