PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE UN POSTRE CONGELADO ELABORADO CON SUERO DE LECHE

Por

Carlos Iván Ortiz Alemán

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
CAMPUS DE MAYAGUEZ
2013

Aprobada por

_____	_____
Leyda Ponce de León, Ph.D. Presidente del comité graduado	Fecha
_____	_____
Fernando Pérez, Ph.D. Miembro del comité graduado	Fecha
_____	_____
María Plaza, Ph.D. Miembro del comité graduado	Fecha
_____	
Ana Vélez, M.S. Representante de Estudios Graduados	_____ Fecha
_____	
Edna Negrón, Ph.D. Coordinadora del Departamento	_____ Fecha

Derechos de Autor Reservados ©
Carlos Iván Ortiz Alemán
2013

ABSTRACT

This project evaluated the physical and chemical properties during storage of a frozen dessert made from acid whey in order to provide an added value to the acid whey, as it is a waste and an environmental pollutant. Six formulations were elaborated, three with neutralized acid whey and three with milk (control), with variations in the amount of butterfat (3%, 7% and 10%). Maltodextrin was used as a fat substitute for the formulations with 3% and 7% fat. The formulations of frozen desserts with neutralized acid whey resulted with lower pH than milk formulations because the acid whey was neutralized to pH 6.5. In the composition, the formulations made of acid whey had less protein percent than milk formulations but had more lactose and ash. In general, acid whey formulations didn't have significant difference between them for hardness and adhesiveness during storage. In contrast the hardness and adhesiveness of milk formulations increased during storage with significant differences between percent of fat. Formulations with maltodextrin didn't show resistance to melt, increasing the melting rate as fat reduces. Formulations with 3% fat had the least resistance to melting, without differences between storage, melting almost 90% of their weight for milk formulations and 80% of whey formulations in 60 minutes. In the sensory analysis, panelists preferred the flavor of the formulations with the larger amount of fat (Milk 10% fat and whey 10% fat), although they found flavors for all of the formulations "just right" except for the formulation of 3% fat whey. In texture, the panelists preferred the whey formulations with 7% and 10% fat. This study demonstrates the ability of using acid whey to formulate a frozen dessert with similar properties of a regular ice cream and the use of maltodextrin as fat substitute to formulate a reduced and low fat ice cream with good properties.

RESUMEN

Se evaluaron las propiedades físico-químicas durante el almacenamiento de un postre congelado elaborado con suero ácido con el propósito de brindarle un valor agregado al suero, ya que es un desecho y un contaminante ambiental. Se elaboraron seis formulaciones, tres de suero ácido neutralizado y tres de leche (controles), con variaciones en la cantidad de grasa láctea (3%, 7% y 10%). Se estudió el uso de maltodextrina como sustituto de grasa para las formulaciones 3% y 7% grasa. Las formulaciones del postre congelado con suero ácido neutralizado resultaron con menor pH a la muestras con leche, debido a que se neutralizó el suero ácido a pH 6.5. En la composición se encontró que las formulaciones con suero tenían menor cantidad de proteína que las formulaciones con leche, pero tenían una mayor cantidad de lactosa y de ceniza. En general las formulaciones a base de suero no tuvieron diferencia en la dureza y adhesividad durante el almacenamiento. En cambio, en las formulaciones de leche, la dureza y la adhesividad aumentaron durante el almacenamiento teniendo diferencias entre las cantidades de grasa. La maltodextrina no mostró resistencia a derretir, ocasionando que, a medida que disminuyera la grasa, más rápido derretía el postre congelado. La formulaciones de 3% grasa tuvieron la menor resistencia a derretir en todos los almacenamientos, derritiéndose un 90% con leche y un 80% con suero a los 60 minutos. En el análisis sensorial, los panelistas prefirieron el sabor de las formulaciones con más grasa (10% grasa) en suero y leche, aunque encontraron todas las formulaciones con un sabor justo excepto la formulación de suero 3%. En la textura prefirieron las formulaciones de suero 7 y 10% grasa. Este estudio demostró la posibilidad de usar suero ácido para formular un postre congelado con propiedades parecidas a un mantecado regular y el uso de maltodextrina como sustituto de grasa para formular un postre congelado reducido o bajo en grasa.

Dedicatoria

A Dios por guiarme siempre en este largo camino.

A mis padres, hermanos, tíos y abuelos por creer siempre en mí

y apoyarme, en especial a mí abuelita María que fue mi luz en todo el camino.

A mi esposa, por su comprensión, ayuda y apoyo en todo momento.

A mis amigos y profesores por sus consejos y colaboración.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y darme luz y fuerza en todas las etapas de mi vida.

A mis padres, Juan Ortiz López y Walleska Alemán, por siempre ayudarme, confiar en mí en todo lo que hiciera, darme apoyo, motivación e inspiración para echar hacia adelante. A mis hermanos Juan Carlos y Johnsie Ortiz, por siempre creer en mí y apoyarme. A mis abuelos Fundador Alemán y María Martínez que siempre me apoyaron. Mis tíos Jesús Alemán, Margaret Martínez y Lizette Alemán, por su ayuda incondicional cuando estaba por el oeste.

A mí esposa, María José Pérez, por siempre estar ahí conmigo, ayudarme, guiarme, aconsejarme y darme ese apoyo para siempre seguir. Gracias por aguantar ese tiempo que estuve trabajando en la tesis. Sin ti hubiera sido un camino más largo y difícil.

A mí directora de tesis, Dra. Leyda Ponce de León, por su ayuda, buenos consejos, su amistad y siempre estar ahí para cuando tenía dudas o me encontraba en un problema y por su confianza de dejarme trabajar en su laboratorio.

Al Dr. Fernando Pérez, gracias por su apoyo y consejos que siempre me ayudaban cuando me encontraba en una gran duda.

A la Dra. María Plaza, gracias por tus consejos, ayuda y aclarar dudas cuando me salía un problema en la tesis. Gracias por las oportunidades que me brindaste para unirme a las asociaciones y así crecer profesionalmente.

A la Dra. Edna Negrón, por siempre colaborar cuando uno necesitaba una ayudita.

A Miguel Rivera, que siempre confió en mí con todos los equipos del laboratorio y por enseñarme a usar cada equipo y por sus consejos.

A la profesora Aixa Rivera, por sus consejos y ayudarme con los materiales del Mojonnier.

A la Dra. Rosa Chávez, por sus consejos siempre que me preguntaba cómo va la tesis.

A todos mis amigos de CITA, en especial a Eduardo Díaz, Susie-ling Meletich y Ariana Méndez que siempre dieron esa ayuda cuando más se necesitaba.

A mis amigos Gabriel Irizarry y Yesenia López que llegaban a ayudar cuando estaba solo y necesitaba ayuda, se los agradeceré toda mi vida.

Al personal de CITA que siempre me ayudaron en el transcurso del programa.

A Suiza Dairy, por brindarme la crema de leche para poder realizar esta tesis.

A Rosa Regalado de Palsgaard, por los emulsificantes de la tesis.

Tabla de contenido

1. Justificación 1

2. Objetivos 3

3. Revisión de Literatura 4

3.1 El Suero 4

3.1.1 Composición del suero 5

3.2 Mantecado 6

3.2.1 Sólidos totales en el mantecado 8

3.3 Tendencias en la elaboración de productos lácteos bajos o libres de grasa 9

3.4 Sustitutos de Grasa 11

3.4.1 Sustitutos de grasa a base de carbohidratos 12

3.4.2 Sustitutos de grasa a base de proteínas 15

3.4.3 Efecto de los sustitutos de grasa a base de carbohidratos y proteínas en la viscosidad del mantecado 18

3.5 Productos congelados con suero 19

3.5.1 Problemas con el uso del suero 23

4. Materiales y Métodos 24

4.1 Obtención del suero (materia prima) 24

4.2 Formulación de la mezcla y almacenamiento 25

4.3 Análisis proximal 28

4.3.1 Determinación de proteína bruta: 28

4.3.2 Determinación de grasa cruda: 29

4.3.3 Determinación de sólidos totales: 30

4.3.4 Determinación de cenizas: 30

4.3.5 Determinación de carbohidratos 31

4.3.6 Determinación de pH 31
4.4 Análisis Microbiológico a la mezcla 32
4.5 Análisis de viscosidad a la mezcla 32
4.6 Análisis de capacidad de fusión 33
4.7 Análisis de Textura 33
4.8 Análisis Sensorial 34
4.9 Análisis estadístico 35
5. Resultados y Discusión 36
5.1 Analisis Proximal 36
5.1.1 pH 36
5.1.2 Composición del suero, la leche y las mezclas 37
5.2 Análisis Microbiológico 41
5.3 Overrun 42
5.4 Análisis de Textura 43
5.5 Reología 52
5.6 Análisis de “Melting Rate” 55
5.7 Analisis Sensorial 59
6. Conclusión 64
7. Recomendaciones 67
8. Referencias 68
9. Apendices 73
9.1 Análisis de Varianza por Tukey y Desviación Estándar 73
9.2 Formularios del investigador para los análisis sensoriales en sabor y textura 87
9.3 Formularios de hoja de panelistas 94
9.4 Análisis de ANOVA para muestras de sensorial y los intervalos de confianza 96

9.6 Tablas “overrun” muestras de sensorial..... 101

9.7 Figuras de los procedimientos realizados en la investigación 102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la Leche…….....04

Tabla 2. Comparación entre Composición de Suero Ácido y Suero Dulce.....05

Tabla 3. Tipos de Mantecado Según la Grasa Láctea…….....07

Tabla 4. Cantidad Mínima de Sólidos Totales para Mantecados Regular y Premium ……..….....08

Tabla 5. Evaluación Sensorial de Textura para Mantecados con Almidón Modificado. ……..13

Tabla 6. Evaluación Sensorial de Textura para Mantecados con Polydextrosa y Maltodextrina……...14

Tabla 7. Evaluación Sensorial para Atributos de Textura y Sabor para Mantecados con Sustituto de Grasa a Base de Proteínas…….……16

Tabla 8. Comparación de Atributos para Mantecado Libre de Grasa con Simplesse y Mantecado Regular……..…….…….17

Tabla 9. Comparación de Viscosidad y Porcentaje de "Overrun" para Mantecados con Sustitutos de Grasa de Proteínas de Suero Aisladas (WPI) e Inulina……...19

Tabla 10. Promedios de Evaluación Sensorial al Consumidor para Muestras con Sustitución de un 50% y 100 % de los Sólidos no Grasos……..….20

Tabla 11. Composición de las Seis Formulaciones……..….25

Tabla 12. Abreviaciones de las Formulaciones…….……28

Tabla 13. pH del Suero Neutralizado y Leche Utilizados…….36

Tabla 14. pH de las Mezclas……..37

Tabla 15. Resultados del Análisis Proximal para los Componentes del Suero y la Leche……...38

Tabla 16. Análisis Proximal a las Mezclas de los Postres Congelados……..…...38

Tabla 17. “Overrun” de las Formulaciones……...…….43

Tabla 18. Valores de índices de comportamiento (n) y de consistencia (k) …….
……...…….53

Tabla 19. Viscosidad Aparente a 30rpm para los Diferentes Tratamientos…….…….54

Tabla 20. Efecto del Porcentaje de Grasa y el Almacenamiento en la Porciento Derretido de los Postres Congelados…….……..55

Tabla 21. Puntuación Promedio de Prueba “Just About Right”en Textura……..…61

Tabla 22. Puntuación Promedio de Prueba “Just About Right”en Sabor……..…...62

Tabla 23. “Overrun” de las Formulaciones del Análisis Sensorial……...……..….101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de Obesidad a través de los Años 1999-2010 para Adultos en Estados Unidos. ……...…..……..……..…10
Figura 2. Proceso de Homogenización de la Mezcla……...……102
Figura 3. Proceso de Pasteurización de la Mezcla……...……102
Figura 4. Análisis de Textura……...…103
Figura 5. Análisis de Viscosidad……...……..103
Figura 6. Análisis de Grasa por Mojonnier……...……...104
Figura 7. Método para Prueba "Melting Rate"……..…….104
Figura 8. Plato Violet Red Bile Agar para Prueba de Coliformes en la Mezcla……..105
Figura 9. Plato Plate Count Agar para Prueba de Bacterias Totales en la Mezcla..…...105

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Efecto del % de Grasa y el Tiempo de Almacenaje en la Dureza de los Postres Congelados……...……50

Gráfica 2. Efecto del % de Grasa y el Tiempo de Almacenaje en la Adhesividad de los Postres Congelados ……..51

Gráfica 3. Medidas de Viscosidad a las Diferentes Revoluciones por Minuto…….……54

Gráfica 4. Porciento de Postre Congelado Derretido en 60 minutos para Formulaciones con Menos de 1 Semana de Almacenamiento a -30°C……...…..56

Gráfica 5. Porciento de Postre Congelado Derretido en 60 minutos para Formulaciones con 1 Mes de Almacenamiento a -30°C……..…..57

Gráfica 6. Porciento de Postre Congelado Derretido en 60 minutos para Formulaciones Almacenadas en Cambios de Temperatura por un Mes de -15°C a -30°C…...58

Gráfica 7. Distribución de la Puntuación para Textura……...……...61

Gráfica 8. Distribución de la Puntuación para Sabor…….62

Gráfica 9. Intervalos de Confianza para Determinar Variación entre Medias en Análisis de Textura……..……..98

Gráfica 10. Intervalos de Confianza para Determinar Variación entre Medias en Análisis de Sabor……...……..……..……....101

LISTA DE FORMULARIOS

Formulario 1. Hoja del Experimentador para el Panel Sensorial de Textura……..…..88

Formulario 2. Hoja del Experimentador para el Panel Sensorial de Sabor…….…..91

Formulario 3. Hoja del Panelista para Análisis Sensorial de Sabor y Textura…….…….94

1. Justificación

El queso es uno de los productos lácteos de mayor producción en el mundo (USDA, 2012). Durante la elaboración de queso, al coagular la caseína se obtiene un líquido conocido como suero. Este subproducto forma el 85-95% del volumen de la leche y contiene el 55% de los nutrientes de la leche (Dragone, et al., 2009.). Dependiendo del tipo de queso se produce suero dulce y suero ácido. El suero ácido es el líquido sobrante durante la producción de quesos donde se precipita la proteína caseína por medio de ácidos orgánicos y no orgánicos. Por otro lado, el suero dulce es el líquido sobrante durante la elaboración de queso en donde se coagula la caseína por medio de la enzima renina. El suero no se consume directamente pero se puede obtener otros productos tales como quesos de proteínas de suero conocido como queso ricotta, concentrados de suero en polvo, bebidas fermentadas, sopas, entre otros productos (Mandal, et al., 2012).

Estados Unidos y Europa son los mayores productores de queso. En Estados Unidos la producción de queso ha ido aumentando en la pasada década. De acuerdo al "Dairy Products Annual Summary" de USDA para el 2000 se producían 8,258 millones de libras de queso mientras que en el 2011 se produjeron 10,597 millones de libras de queso (USDA, 2012). En Puerto Rico es poca la elaboración de quesos que produzca suero dulce. Actualmente solo se encuentra la compañía Quesos Vaca Negra que producen quesos curados. En Puerto Rico, se elabora mayormente queso blanco, cuya elaboración es distinta a la de los quesos curados, porque se realiza precipitando la caseína con ácidos débiles.Esto resulta en la obtención de suero ácido.

Se estima que en el 2008, a nivel mundial se produjeron 180 millones de toneladas de suero. De estas, un 70% provenía de Estados Unidos y Europa (Affertsholt, 2008). Para muchas compañías, el suero es considerado un desecho y es descartado al ambiente, contaminando los cuerpos del agua y el suelo (Koutinas, et al., 2009). Esta contaminación se debe a la demanda de oxígeno biológica (BOD) de los microorganismos para la descomposición de la lactosa. El suero representa un contaminante ya que su demanda de oxígeno oscila entre 40,000 mg/L a 60,000 mg/L (Saddoud, et al., 2007). Esto ocasiona

daños a la vida acuática y a los cultivos debido a que reduce la cantidad de oxígeno disuelto (Dragone, et al., 2009). Debido a la alta producción de suero se han diseñado diferentes procesos para minimizar el desecho del suero, pero los mismos resultan costosos para muchas compañías. Los procesos más utilizados son el secado por atomización ("spray drying") y la ultrafiltración. Estos procesos son útiles para reducir la lactosa y para obtener concentrados de suero (Gauche, et al., 2008).

El suero se comercializa como concentrado de suero, el cual contiene entre 35-80% de proteína, concentrados de proteína aislada de suero o concentrados de amino ácidos para bebidas nutricionales (Walstra, et al., 2005; Marshall, 2004). Estos productos son altamente usados en las industrias debido a sus propiedades nutricionales y funcionales tanto para alimento animal como alimento humano (FAS USDA, 2003). Se encontró un aumento de un 15% en la elaboración de productos a base de suero entre los años 2002 al 2008. Para ese año a nivel mundial se produjeron 6,553 productos nuevos con suero (Affertsholt, 2008). Se debe estudiar maneras alternas de usar el suero sin tener que pasar por diferentes procesos costosos para su uso. El uso de estos productos podría promover la reducción del descarte del suero.

El suero, aunque solo se utilice como concentrados en diferentes productos, podría servir como base para la elaboración de diferentes productos lácteos. Como los postres congelados en general son altamente consumidos, se debe promover el estudio del uso de suero como ingrediente en la elaboración de los mismos.

En el 2012 la producción de mantecados en los Estados Unidos se estimó que fue cerca de 899 millones de galones de mantecado regular y 467 millones de mantecados bajos o libres de grasa (USDA, 2012). El mantecado es un producto de alto consumo en Estados Unidos y se estima que durante el 2009 se consumió 19.1 cuartillos de mantecado por individuo (Roeder, 2010).

Debido a la poca cantidad de grasa en el suero (menor a un 0.5%) se facilita manipular la cantidad de grasa para obtener productos congelados que sean reducidos, bajos o libres en grasa. Esto ayudaría a continuar con la tendencia en los últimos años de la elaboración de

productos bajos o libres en grasa. Cuando se ha estudiado la aceptación de los postres congelados libres o bajos en grasa se ha encontrado que no son aceptados por los consumidores por su textura y sabor siendo catalogados de mala calidad (Roland, et al., 1999). Se ha estudiado el uso de sustitutos de grasa para poder obtener una calidad organoléptica similar al mantecado regular.

En esta investigación se busca estudiar una formulación para un postre congelado con base de suero de leche que contenga características parecidas a un mantecado regular. Se busca una formulación que brinde una alternativa a las compañías productoras de queso para elaborar un producto congelado con la cantidad de grasa de un mantecado regular y como un producto que sea bajo en grasa. De esta manera se le otorga un valor agregado al suero de leche sin tener que pasar por procesos de alto costo ni que sea considerado un desecho.

2. Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es realizar una formulación de un postre congelado con base de suero de leche que contenga características tanto de textura como de sabor parecidas a un mantecado regular. Como objetivos específicos se encuentran:

a. Elaborar una formulación donde se pueda usar tanto suero dulce como suero ácido neutralizado.
b. Elaborar una formulación que brinde diferentes alternativas de contenido de grasa.
c. Estudiar la textura del postre congelado y compararlo a un mantecado regular.
d. Estudiar la viscosidad de la mezcla antes de congelación.
e. Estudiar el comportamiento del producto con sustitutos de grasa.
f. Estudiar la tasa de fusión del producto final.
g. Estimar la aceptación del producto final.

3. Revisión de Literatura

3.1 El Suero

Los productos lácteos provienen de leche de mamíferos, mayormente bovino, cabra, búfalo, oveja y yegua entre otros animales. La producción de leche en las vacas se da una vez nacida la cría hasta aproximadamente 300 días después del nacimiento de la cría. Se estima que la leche está constituida por grasa, sólidos no grasos y agua como se muestra en la Tabla 1 (de Wit, 2001; Walstra, et al., 2005). Con la leche se manufacturan una gran cantidad de productos tales como queso, yogurt, mantequilla, mantecados y otros postres congelados, entre otros productos.

Tabla 1. Composición de la leche

Componentes (Base Húmeda)	**Porcentaje (%)[1]**	**Rango de porcentaje (%)[2]**
Agua	87.3%	85.3-88.7%
Grasa	4.1%	2.5-4.5%
Lactosa	4.6%	3.8-5.3%
Proteínas (caseína)	2.6%	2.3-4.4%
Proteínas del suero	0.7%	
Minerales	0.7%	0.57-0.83%

[1](de Wit, 2001)

[2](Walstra, et al., 2005)

Durante la producción de queso se produce el suero que usualmente se descarta. El suero de leche constituye una gran parte de los nutrientes que se encuentran en la leche como son la lactosa, las proteínas del suero, la grasa, los minerales y las vitaminas. El suero de leche depende del tipo de queso que se está elaborando. Hay dos tipos de suero: suero ácido y suero dulce. Cuando se habla de suero ácido (suero de caseína) se refiere al suero que se forma al precipitar proteínas de caseína por medio de ácidos orgánicos como ácido acético o ácido cítrico.

Otro tipo de suero ácido (suero láctico), se obtiene cuando se coagula la caseína de leche durante la producción in situ de ácido láctico por la actividad de las bacterias lácticas, ejemplos de estos tipos de quesos son el queso crema y cottage. Para este método se separa la caseína por método de centrifugación y a su vez se reduce la cantidad de grasa. Por otro lado, el suero dulce es aquel que se obtiene cuando se coagula caseína utilizando la enzima renina en la producción de quesos añejados (Kelly y Delahunty, 2005).

3.1.1 Composición del suero

Se ha estudiado la composición de los diferentes sueros obtenidos dependiendo del tipo de queso y se ha encontrado que tienen composiciones diferentes como se muestra en la Tabla 2 (de Wit, 2001). La composición del suero se encuentra en un rango dependiendo de la elaboración del queso (Mandal, et al., 2012).

Tabla 2. Comparación entre composición de suero ácido y suero dulce

Componentes (Base Húmeda)	**Tipo de suero[1]**			**Rango de porcentaje de composición del suero[2]**
	Suero Ácido		**Suero dulce**	
	Suero de caseína	**Suero láctico**		
Agua	93.5%	93.5%	93.5%	93-94%
Total de sólidos	6.5%	6.5%	6.5%	6-7%
Proteínas	0.6%	0.6%	0.6%	0.8%
Lactosa	4.7%	4.0%	4.7%	4-5%
Grasas	0.03%	0.03%	0.5%	0.2%
Minerales	0.79%	0.79%	0.53%	Menos de 1%
Ácido Láctico	0.2%	0.6%	0.2-0.3%	
pH	4.7	4.5	Más de 6.0	

[1](de Wit, 2001)

[2](Mandal, et al., 2012)

La composición final del suero va a depender del tipo de queso del cual proviene, ya que los quesos son a base de diferentes inóculos y se elaboran a diferentes pH. Se puede observar que la composición del suero varía mayormente en el contenido de minerales porque a medida que disminuye el pH, aumentan los minerales debido a que el calcio es liberado de la caseína.

Comercialmente el suero es utilizado por sus diferentes funciones, como emulsificador y agente espumante, además de que funciona como un alimento funcional debido al alto contenido nutricional, especialmente por la gran cantidad de amino ácidos presentes (Marshall, 2004).

3.2 Mantecado

Existe una gran variedad de postres congelados, los mismos son categorizados por los ingredientes que los componen y que son regulados por la FDA. El mantecado es uno de los postres congelados de mayor consumo. Según la FDA el código 21CFR135.110 establece que un postre congelado se considera mantecado si el mismo consiste de un proceso que involucra una congelación mientras se va mezclando con aire y se compone de una mezcla pasteurizada que contiene uno o más de los ingredientes lácteos que establece dicho código.

El mantecado consta de dos ingredientes que son de suma importancia: la grasa láctea y los sólidos no grasos de leche (Goff y Hartel, 2004). Las regulaciones de etiquetado establecen que el tipo de mantecado depende de la cantidad de grasa presente en la mezcla como se muestra en la Tabla 3 (FDA 21CFR101.62; Akalin, et al. 2008). Mientras mayor sea la cantidad de grasa láctea mayor será el precio del producto y mejor es la textura del mismo (Goff y Hartel, 2004).

Tabla 3. Tipos de mantecado según la grasa láctea

Tipo de Mantecado	% Grasa Láctea (g grasa/g total)
Super premium	16% en adelante
Premium	14%-16%
Estándar	12%
Regular	10%
Reduced fat	Un 25% menos que la grasa regular (7.5%)
Low Fat	Menos de 5%.
Non Fat	0.5% o menos

(FDA 21CFR101.62 y Akalin, et al., 2008)

Un mantecado comercial se compone de grasa láctea, sólidos no grasos, endulzantes, sólidos de sirope de maíz, emulsificantes y estabilizantes. La concentración de cada componente depende del tipo de mantecado a realizar (Goff y Hartel, 2004).

Durante el proceso de elaborar el mantecado, hay varios factores que se tienen que tener en cuenta, entre ellos, la viscosidad de la mezcla y el porciento de "overrun" que se le da a la mezcla. El "overrun" mide la cantidad de aire que se le incorpora a la mezcla. Este se mide como el porciento de incremento en volumen luego de batido, a partir de una cantidad de mezcla inicial. El "overrun" se calcula con la siguiente ecuación (Adapa, et al., 2000):

$$\%\ overrun = \frac{(peso\ del\ volumen\ de\ la\ mezcla - peso\ del\ volumen\ despues\ de\ batido)}{peso\ del\ volumen\ despues\ de\ batido}\ x\ 100$$

La viscosidad ayuda a determinar cómo sería la textura final de los mantecados. La viscosidad es afectada por la cantidad de grasa (Akalin, et al., 2007), la capacidad de gelificación de las gomas (Baer, et al., 1999) o proteínas de suero y la hidratación de los sólidos no grasos

(Garcia, et al., 1995). La alta viscosidad puede resultar en un producto cremoso y resistente, pero puede ser indicio de un producto con menos incorporación de aire (Adapa, et al., 2000). Una mezcla con poca viscosidad puede deberse a una mayor cantidad de agua disponible por falta de estabilizantes o sólidos no grasos, por lo que puede generar un producto con problemas en textura (Goff y Hartel, 2004).

3.2.1 Sólidos totales en el mantecado

Al igual que la grasa láctea en los mantecados, la cantidad de sólidos en la mezcla son regulados. La cantidad de sólidos no grasos va a depender de la cantidad de grasa que está presente en la mezcla y la FDA establece un mínimo dependiendo del tipo de mantecado como se muestra en la Tabla 4. Cuando son mantecados con mayor cantidad de grasa se espera que los sólidos no grasos sean menores. Generalmente un mantecado regular (10% grasa láctea) tiene como mínimo un 36% de sólidos totales (Goff y Hartel, 2004). La cantidad de sólidos totales incluye la cantidad de grasa, endulzantes, estabilizantes, sólidos no grasos y emulsificantes.

Tabla 4. Cantidad mínima de sólidos totales para mantecados regular y Premium (FDA 21CFR135.110)

Porciento de grasa (%)	**Porciento mínimo de sólidos no grasos (%)**
10	10
11	9
12	8
13	7
14	6

Para llegar a la cantidad de sólidos totales se le agregan los sólidos no grasos de leche a la mezcla. Los sólidos en la mezcla tienen la función de hidratarse durante el proceso de reposo de la mezcla utilizando el agua disponible. Si hay una menor cantidad de sólidos presentes en la mezcla esto ocasionará que el mantecado resulte con una mayor dureza por la cantidad de agua

disponible (Patel, et al., 2006). Este efecto se debe a que a mayor cantidad de agua disponible más grande serán los cristales de hielo que se forman durante el congelamiento.

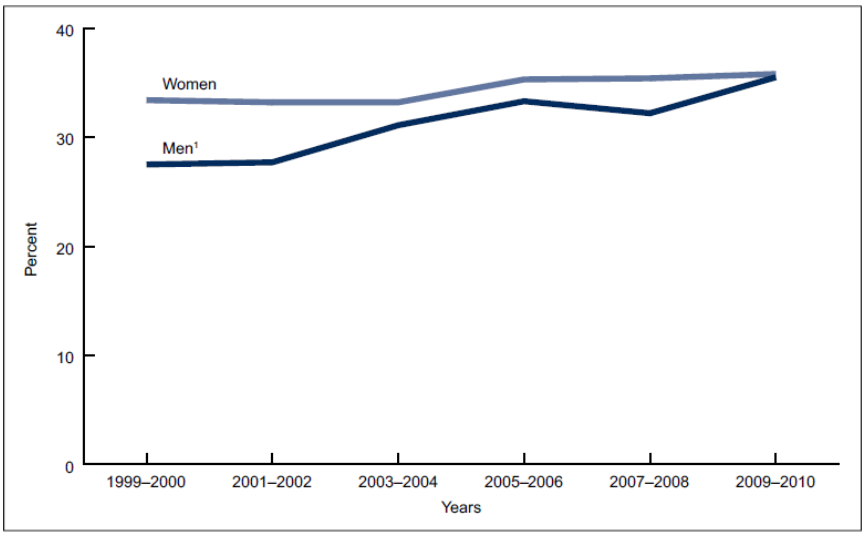
3.3 Tendencias de la elaboración de productos lácteos bajos o libres de grasa

Uno de los mayores problemas de salud en los recientes años ha sido la obesidad (Ogden, et al., 2012). Uno de los factores a lo que se le ha atribuido estos altos niveles de obesidad es el alto consumo de grasa. El incremento en la obesidad no se ha visto solo en Estados Unidos sino también en América Latina y el Caribe. Se ha visto tal incremento en América Latina, que se ha encontrado que las mujeres tienen más problemas de obesidad que en Estados Unidos, el lugar con mayores problemas de obesidad en América (Andrade, 2005). Otro problema que se ha visto en Latinoamérica es la alta incidencia de obesidad en personas adultas y de edad avanzada. Se ha observado una relación entre la obesidad en las personas y el sufrimiento de condiciones del corazón y diabetes (Andrade, 2005).

En Estados Unidos, el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés), realizó un censo para determinar la obesidad en la población (Ogden, et al., 2012). Se encontró que un 35.7% de los adultos en Estado Unidos sufren de este mal. En los adultos, desde los años 1999-2000 al 2009-2010 el porcentaje de obesidad ha ido aumentando tanto en hombres como en mujeres como se observa en la Figura 1. El problema no solo es en adultos, si no que se encontró que se observa un 17% de obesidad en niños como también en adolescentes. Este problema se ha atribuido tanto a la alimentación como a la falta de actividad física (Ogden, et al., 2012).

Según estudios del 2010 (Food Marketing Institute, 2010) se encontró que los consumidores en Estados Unidos están más conscientes de leer etiquetas y buscar alimentos que sean nutritivos. Entre una de las cosas que se busca en las etiquetas son productos que sean bajos o libres en grasa. Esto está alineado a las recomendaciones que ofrecen las Guías Nutricionales de Estados Unidos, que exhorta a las personas a consumir productos con menor cantidad de grasa o eliminar productos con mucha grasa (US Dietary Guidelines, 2010).

Figura 1. Porcentaje de obesidad atraves de los años 1999-2010 para adultos en Estados Unidos.



(Ogden, et al., 2012)

Entre los productos que se exhorta a reducir su consumo se encuentran los mantecados debido al alto nivel de grasa (US Dietary Guidelines, 2010). Estas guías mencionan que las personas deben incluir en su dieta leche y productos lácteos que sean bajos o libres en grasa. Se exhorta también a que es preferible cambiar todo el consumo de productos lácteos con alto nivel de grasa a aquellos con poca o ninguna grasa para así bajar el nivel de calorías en el día (US Dietary Guidelines, 2010).

Uno de los problemas que se ha visto, es la aceptación de los alimentos bajos o libres en grasa. Se han realizado estudios acerca de la preferencia de consumir alimentos bajos en grasa y se ha encontrado que las personas catalogan los alimentos bajos en grasa como alimentos saludables pero que no son muy placenteros al ser consumidos (Zandstra, et al., 2001).

En términos del mantecado, las personas perciben los helados libres o bajos en grasa como de una calidad inferior (Roland, et al., 1999). Se ha encontrado que la calidad influye sobre la decisión del consumidor y se ha encontrado que las personas tienden más a la preferir la textura del mantecado que a el sabor del mismo (Akalin, et al., 2008). Cuando se han estudiado los mantecados bajos en grasa, encuentran que sus principales defectos son los siguientes: no tener buena textura, hielosos y defectos en sabor. Esto ha ocasionado una reducción de un casi

5% en la producción de mantecados bajos en grasa (Roeder, 2010). Se ha sugerido que se debe investigar el desarrollo de formulaciones que tengan la calidad que buscan los consumidores para productos bajos o libres en grasa.

3.4 Sustitutos de Grasa

La grasa es uno de los componentes más importantes del mantecado. Junto a las proteínas de la leche, la grasa ayuda a la estabilización de las burbujas de aire, lo que brinda estabilidad y estructura al mantecado. La grasa le brinda características al mantecado como cremosidad y cobertura en la boca (Adapa, et al., 2000). Esta crea una red de glóbulos de grasa que permite atrapar el aire. Esta red permite que se cree una espuma durante el batido lo cual ocasiona que se dispersen los cristales de hielo que ocasionan una mayor dureza al mantecado. Cuando se elaboran mantecados que no contienen grasa y al no existir esta red se afecta por completo la textura del mantecado (Aime, et al., 2001).

El reducir la cantidad de grasa en la formulación, hace que el mantecado pierda características importantes como viscosidad, sabor grasoso, cobertura del mantecado en la boca, el color opaco y su estructura entre otras características (Cody, et al., 2007). La mayoría de los defectos que se han observado por la ausencia de grasa en los mantecados es la hielosidad que se forma, un cuerpo que se desmorona fácilmente perdiendo así la cremosidad y la contracción en el empaque debido a la pobre estabilización del aire. Debido a que la grasa también afecta la incorporación de aire durante el batido, los mantecados con menos grasa o sin grasa tendrán una mayor incorporación de aire y esto brinda una textura no deseable. Para arreglar este defecto, se encontró que la presencia de emulsificadores en mantecados bajos en grasa permite que se incorpore menos aire a la mezcla (Baer, et al., 1999).

El sabor del mantecado es otro factor que se afecta por la ausencia de grasa. Muchos de los compuestos químicos responsables de dar sabor son solubles en grasa, la que ayuda a transportar los compuestos volátiles a la boca. Cuando el mantecado tiene ninguna o muy poca grasa, ocurre una menor percepción del sabor debido a que las moléculas saborizantes se volatilizan rápido antes de llegar a la boca (Ohmes, et al., 1998). Este efecto no solo se ve en

vainilla, la cual es soluble en grasa, si no que también se ha visto en mantecado de chocolate el cual termina presentando un sabor no muy deseable (Prindiville, et al., 2000). Se encontró que la ausencia completa de la grasa en el mantecado afecta tanto el aroma como el sabor, como ocurrió en un mantecado de fresa que se elaboró con distintos porcentajes de grasa. La cantidad de grasa en el mantecado controla la rapidez en que el mantecado se derrite por lo que a menor cantidad de grasa, más rápido se derrite el mantecado (Hyvonen, et al., 2003).

Se ha investigado el incorporar sustitutos de grasa, en su mayoría a base de carbohidratos o proteínas, que brinden características parecidas a la grasa. Entre los factores que se han estudiado, está el efecto de dichos sustitutos sobre la textura, sabor y color del mantecado para que sea un producto bajo o libre en grasa pero a su vez sea aceptable.

3.4.1 Sustitutos de grasa a base de carbohidratos

Se ha propuesto el uso de carbohidratos como sustitutos de grasa debido a la gelificación que se crea en presencia de agua. Entre los carbohidratos propuestos se encuentran almidones, fibras y harinas, entre otros. Se ha encontrado que el gel producido por la inulina forma una red parecida a la red de glóbulos de grasa (Akalin, et al., 2008). Se estudió que los sustitutos de grasa con base de almidón de arroz brinda una sensación de textura parecida a la grasa por la habilidad de formar una gel y la similitud en tamaño del granulo del almidón y el tamaño de la partícula de grasa homogenizada (Yang y Xu, 2007).

El amidón modificado es un sustituto de grasa que ha sido estudiado en mantecados reducidos en grasa, bajos en grasa y libres de grasa. El almidón le puede brindar una alta viscosidad a la mezcla de la misma manera que la grasa. La cremosidad en el mantecado se va a ver afectado por las propiedades coloidales del almidón, por lo que la cremosidad dependerá del tipo de almidón utilizado. Para probar esto se utilizó almidón modificado obtenidos de guisantes, en mantecado reducido en grasa: 5% grasa con 5.07% almidón modificado, mantecado bajo en grasa: 2.53% grasa con 5.10% almidón modificado y mantecado libre de grasa: 0.42% grasa con 5.36% almidón modificado (Aime, et al., 2001).

Se determinaron los atributos sensoriales como intensidad de frio, firmeza, viscosidad, cremosidad y cobertura de la boca. Los atributos se midieron utilizando una escala de línea de 15 cm, donde mientras más alto el valor más alta era la intensidad del atributo a medir. Los valores obtenidos (Tabla 5) muestran que no hay diferencia en firmeza e intensidad de frío entre las muestras pero a mayor cantidad de grasa mayor viscosidad, cremosidad y cobertura de la boca (Aime, et al., 2001).

Tabla 5. Evaluación sensorial de textura para mantecados con almidón modificado.

% Grasa Láctea	Atributo				
	Intensidad de frío	**Firmeza**	**Viscosidad**	**Cremosidad**	**Cobertura de la boca**
9.40 (0% almidón)	7.3 [a]	8.3 [a]	9.4 [a]	9.9 [a]	8.7 [a]
5.00 (5.1% almidón)	7.9 [a]	9.7 [a]	9.5 [a]	8.4 [a]	8.8 [a]
2.40 (5.2% almidón)	8.8 [a]	10.7 [a]	6.9 [b]	6.5 [b]	6.5 [b]
0.50 (5.4% almidón)	8.4 [a]	9.8 [a]	6.9 [b]	5.5 [b]	6.3 [b]

Columnas con el misma letra no encontraron diferencias significativas.

Escala de 15cm, siendo 0 de menor intensidad y 15 de mayor intensidad del atributo.

(Aime, et al., 2001)

Otro sustituto de grasa que se utilizó fue la harina de arroz en mantecados bajos en grasa (4% grasa) y libre de grasa (0.5% grasa) y también para brindarle textura a un mantecado con 10% grasa. Se le añadió harina de arroz a un 0%, 2%, 4% y 6% y se estudió la composición, textura, viscosidad y resistencia a derretirse. Se realizaron pruebas sensoriales descriptivas y encontraron una mayor dureza en muestras utilizando harina de arroz. Se encontró mayor viscosidad para muestras con mayor porciento de grasa, pero no hubo diferencia significativa para muestras con 4% grasa y 0.5% grasa (Cody, et al., 2007).

Se recomendó utilizar un máximo del 4% de harina de arroz como sustituto de grasa. Esto se debe a que se encontró que una mayor cantidad aportaba sabores poco aceptables, tales como un sabor menos dulce, pero sin mejorar la textura del mantecado. Se encontró que el mantecado con las mejores cualidades al utilizar la harina de arroz fue el bajo en grasa (4% grasa). Sin embargo para mantecados que eran libres de grasa se encontró que durante el almacenamiento los mantecados tenían una calidad inaceptable (Cody, et al., 2007).

Otros carbohidratos que se han investigado como sustitutos de grasa son la polidextrosa y la maltodextrina. Se remplazó la grasa en mantecados libres de grasa (0.1% grasa láctea) con 13.33% maltodextrina y en el otro estudio con 10.12% polidextrosa (Roland, et al., 1999). Se encontró que aunque estos redujeron la formación de cristales de hielo en los mantecados y mejoraron la textura de un mantecado con 0.1% grasa, no llegaron a tener los atributos de un mantecado regular 10% como se muestra en la Tabla 6. Estos atributos fueron medidos en un panel sensorial con panelistas entrenados. De los sustitutos utilizados en este estudio, la maltodextrina fue la que produjo un mantecado con las mejores propiedades organolépticas (Roland, et al., 1999).

Tabla 6. Evaluación sensorial de textura para mantecados con polidextrosa y maltodextrina.

Atributo	**Tipo de mantecado**			
	Control (0.1% grasa)	**Control (10% grasa)**	**0.1% grasa con maltodextrina**	**0.1% grasa con polidextrosa**
Apariencia de textura	3.2^{e}	8.1^{a}	6.9^{b}	5.7^{c}
Dulzura	4.0^{c}	4.7^{b}	5.3^{a}	5.3^{a}
Sabor a vainilla	2.7^{c}	4.8^{a}	3.7^{b}	3.3^{b}
Hielosidad	7.0^{a}	1.6^{f}	2.7^{e}	4.5^{c}
Pegajosidad	1.6^{d}	4.9^{a}	5.2^{a}	4.2^{b}
Capacidad de derretirse	7.9^{a}	1.8^{e}	3.0^{d}	4.7^{b}

Promedios en la línea con la misma letra no encontraron diferencias significativas.
La intensidad en la escala va del 1-9, siendo 1 el de menor intensidad y 9 de mayor intensidad. Apariencia de textura tiene una escala 1- se desmorona y 9- cremoso
(Roland, et al., 1999)

La polidextrosa y la maltodextrina se han utilizado en la producción de mantecados comerciales por la habilidad de brindarle textura y sabor al mantecado reducido en grasa sin aportarle calorías. Estos cuando se encuentran en un medio húmedo crean una emulsión en gel que tiene el efecto de la grasa (Güzeler, et al., 2011).

La maltodextrina es un polisacárido que se obtiene de la hidrólisis parcial de un almidón hasta obtener un equivalente de dextrosa (DE) menor de 20. La hidrólisis se realiza con la enzima amilasa y se puede realizar con almidón de maíz, yuca y papa, entre otros. Este polisacárido tiene la habilidad de formar un gel suave y esparcible que se puede derretir en la boca, lo que le brinda características parecidas a la grasa. La maltodextrina también tiene interacción con sabores y en la fase acuosa concentrada de un postre congelado le brinda cremosidad y firmeza al producto. (Roller, 1996)

3.4.2 Sustitutos de grasa a base de proteínas

Los sustitutos de grasa a base de proteínas son los más utilizados en la industria de alimentos debido a que funcionan mejor en los productos bajos en grasa que los carbohidratos. Los sustitutos de grasa que más se usan en postres congelados son Prolo 11, Dairy-Lo y Simplesse. Prolo 11 y Dairy-Lo son a base de proteínas de suero desnaturalizadas, en cambio, Simplesse consiste de proteínas de suero que han sido microparticuladas. Estas micropartículas, cuando son ingeridas, causan una sensación de cremosidad en la boca (Prindiville, et al., 2000).

En general la función que tienen los sustitutos de grasa a base de proteína en las mezclas de postres congelados son los siguientes: capacidad de formar un gel cuando se calientan en agua, capacidad de formar una emulsión que brinda la sensación de la grasa, previene la hielosidad, brinda un color más opaco al producto y proporciona viscosidad. Una de las funciones más importantes, es que pueden formar partículas lipofílicas lo que ayudan a brindar sabor al postre congelado como lo hace la grasa (Ohmes, et al., 1998).

Se investigó el comportamiento de los sustitutos de grasa Simplesse, Dairy-Lo y Prolo 11 en mantecados que son libres de grasa (el análisis de grasa era entre 0.44% y 0.55%). Estos se

utilizaron en los porcientos recomendados por la empresa que era de un 5%. Todas las muestras se analizaron por un panel sensorial entrenado. Se midieron diferentes atributos de sabor y textura utilizando una escala de 15 cm. Se encontró que todos los tratamientos mantenían el sabor artificial "vanillin" pero en cambio aquellos que contenían los sustitutos de grasa proporcionaban un sabor a suero. En términos de textura quien presentó mejores atributos fue el mantecado que contenía Prolo 11, ya que tuvo una menor hielosidad, una mayor gomosidad y una mayor cremosidad. En cambio en términos de cremosidad y hielosidad Dairy-Lo y Simplesse fueron más parecidos al mantecado regular (Ohmes, et al., 1998).

Cuando realizaron las pruebas de capacidad de derretirse a temperatura ambiente (25°C) encontraron que no hubo diferencias significativas en la capacidad de derretirse pero si se encontró que el más que duró en su forma lo fue el mantecado regular (Ohmes, et al., 1998).

Tabla 7. Evaluación sensorial para atributos de textura y sabor para mantecados con sustituto de grasa a base de proteínas.

Atributo	**Tipo de mantecado**			
	Dairy-Lo	**Prolo 11**	**Simplesse**	**Mantecado 10%**
Sabor a Vainillin	7.86[a]	7.65[a]	8.22[a]	9.16[a]
Dulzura	7.32[a]	6.69[a]	6.97[a]	7.62[a]
Sabor a suero	5.48[a]	4.96[a]	4.00[b]	2.97[c]
Hielosidad	6.04[b]	3.35[c]	7.07[a]	6.38[ab]
Gomosidad	4.56[b]	9.61[a]	3.24[c]	3.04[c]
Cremosidad	8.39[b]	12.21[a]	8.68[b]	8.87[b]
Capacidad de derretirse en la boca	9.05[b]	5.92[c]	9.71[b]	9.93[a]
Cobertura en la boca	6.19[b]	8.77[a]	5.83[b]	5.92[b]

Promedios en la línea con el misma letra no encontraron diferencias significativas.
Escala de 15cm, siendo 0 de menor intensidad y 15 de mayor intensidad del atributo.
(Ohmes, et al., 1997)

Resultados similares se encontraron cuando se realizaron mantecados bajos en grasa y libres en grasa utilizando el sustituto Simplesse (Yilsay, et al., 2006). Al igual que en la investigación anterior se encontró que este brindaba una textura similar a la del mantecado regular en un mantecado libre en grasa pero en este experimento se obtuvieron valores más bajos en términos de sabor al utilizar vainilla y no "vanillin". Un panel sensorial entrenado midió los atributos en una escala del 1-5. Los atributos se medían por grupos de apariencia, cuerpo y textura y sabor en general. La escala medía los defectos, siendo 1 mayores defectos del atributo y 5 como menores defectos del atributo. Los datos del experimento se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Comparación de atributos para mantecado libre de grasa con Simplesse y mantecado regular.

Tipo de mantecado	Apariencia	Cuerpo y textura	Sabor
Regular	5.00[a]	4.80[b]	4.80[a]
Libre en grasa con Simplesse	4.90[b]	4.80[b]	4.70[b]

Promedios en la columna con el misma letra no encontraron diferencias significativas.
Escala de 1-5, siendo 1 mayor cantidad de defectos del atributo y 5 menos cantidad de defectos del atributo ` (Yilsay, et al., 2006)

Como el mantecado de chocolate es otro de los sabores de mayor consumo, se midió cómo se comportaban los sustitutos de grasa Simplesse y Dairy-Lo en mantecado de chocolate bajo en grasa (Prindiville, et al., 2000). Para esta investigación se comparó un mantecado con 2.5% grasa láctea versus formulaciones en las que se sustituía el 2.5% de grasa con sustitutos como Simplesse, Dairy-Lo o manteca de cacao. No se encontró diferencia significativa ente las formulaciones para la dureza y viscosidad pero si hubo diferencia entre todos los tratamientos en la capacidad de derretirse siendo mayor para Dairy-Lo y menor para el 2.5% grasa láctea. A nivel sensorial se encontró que Simplesse no tenía diferencia al control en intensidad y carácter a sabor chocolate pero después de almacenamiento el carácter a sabor chocolate bajaba. La mayor cremosidad la tenía el mantecado con grasa láctea y no hubo diferencia entre los sustitutos, pero la dureza fue menor en las formulaciones con sustitutos que la del mantecado con grasa láctea.

3.4.3 Efecto de los sustitutos de grasa a base de carbohidratos y proteínas en la viscosidad del mantecado

Como se había mencionado anteriormente la viscosidad afecta la incorporación de aire en el mantecado, afectando el porcentaje de "overrun" a la que se va a llevar a los mantecados durante el proceso de congelación. Se espera que los mantecados con una mayor viscosidad se derritan menos en la boca que mantecados con baja viscosidad. Es por esto que es importante analizar la viscosidad que aportan los sustitutos de grasa a la mezcla del mantecado (Ruger, et al., 2002).

Se investigó cómo el uso de sustitutos de grasa a base de proteína y a base de carbohidratos afecta la viscosidad y la capacidad de incorporación de aire en un mantecado 6% grasa láctea. El sustituto a base de proteína utilizado se componía de proteínas de suero y el sustituto a base de carbohidratos se componía de celulosa microcristalina con goma guar (Adapa, et al., 2000). Ambos aumentaron la viscosidad de la mezcla y obtuvieron valores bajos de porciento de "overrun" al compararse a un mantecado con 12% y 8% grasa láctea.

En cambio cuando se utilizaron como sustitutos de grasa proteínas de suero aisladas (WPI) y la fibra inulina ambos dieron resultados distintos en términos de viscosidad (Akalin, et al., 2007). Se comparó mantecado regular con reducidos en grasa (6% grasa) y bajos en grasa (3% grasa) con inulina y proteína de suero aisladas como se muestra en la Tabla 9.

Se encontró que la viscosidad y el "overrun" cuando se usaba inulina como sustituto de grasa, no presentaban diferencia al comparar con el mantecado regular. En cambio, cuando se utilizó proteína de suero aisladas (WPI), se obtuvo mayor viscosidad debido al exceso de gelación de las proteínas de suero en la mezcla. Se encontró un porcentaje de "overrun" menor al mantecado regular pero estadísticamente no había diferencia con el mantecado regular (Akalin, et al., 2008).

Tabla 9. Comparación de viscosidad y porcentaje de "overrun" para mantecados con sustitutos de grasa de proteínas de suero aisladas (WPI) e inulina

Tratamiento	Viscosidad aparente mPa.s	% Overrun
Regular	1573 [c]	34.5 [ab]
Reducido en grasa con WPI	22566 [a]	25.3 [ab]
Reducido en grasa con inulina	988 [c]	39.2 [a]
Bajo en grasa con WPI	15253 [b]	20.7 [b]
Bajo en grasa con inulina	952 [c]	27.2 [ab]

Columnas con la misma letra no se encontró diferencia significativa.

(Akalin, et al., 2007)

Se puede observar que la viscosidad que aportan los sustitutos de grasa va a depender de cómo actúa el sustituto a utilizarse. En su mayoría, la viscosidad va a depender de cómo es la formación de la gel entre el sustituto de grasa y el agua disponible. Estos sustitutos también tienen propiedades estabilizantes y emulsificantes en las mezclas de mantecados.

3.5 Productos congelados con suero

Son pocos los productos congelados que son a base de suero, solo hay una patente que reporta la elaboración de un postre congelado que sea completamente elaborado con suero. Recientemente la compañía de mantecados Edy's incorporó el uso de suero para elaborar un postre congelado pero en complementación con la leche. No hay investigaciones que reporten las características físicas y químicas de un postre congelado a base de suero. Sin embargo, se ha estudiado la sustitución de sólidos no grasos con suero concentrado en polvo o concentrado líquido para mejorar la textura del mantecado.

Otro uso del suero que se ha estudiado es aportar azúcar al hidrolizar la lactosa (Rexroat y Bradley, 1985). La única limitación es que el código de la FDA 7 CFR 58.2825 establece que en el mantecado, el suero no puede constituir más de un 25% de los sólidos no grasos. Esto no ha

limitado las investigaciones para estudiar cómo se afectan los mantecados o postres congelados con distintas proporciones o distintos tipos de suero. Se ha demostrado que sólo cambiar 1% de sólidos no grasos por 1% de concentrado de proteínas de suero en polvo no tiene ningún efecto en la textura del mantecado (Ruger, et al., 2002).

Aunque esté limitado el uso del suero a un 25% de los sólidos no grasos, se investigó cómo sería la aceptación de la sustitución de suero en polvo y proteínas de suero concentradas en polvo a una sustitución de un 50% y un 100% de los sólidos no grasos. Las pruebas se realizaron en un mantecado regular (10% grasa). Se realizaron dos análisis sensoriales, uno con 4 panelistas para evaluar diferentes atributos y otra prueba al consumidor con 52 familias para estudiar la aceptación del producto (Parsons, et al., 1985).

Los panelistas entrenados no encontraron diferencia en sabor, cuerpo y textura entre las muestras. En la prueba realizada al consumidor no se encontró diferencia estadística en la evaluación de la aceptación del producto como se muestra en la Tabla 10. Se encontró preferencia a las muestras que contenían el concentrado de proteína en suero debido a que tenía el sabor a mantecado suave "soft serve". El único problema que se encontró fue la arenosidad del producto debido a que el concentrado de suero en polvo tenía un porcentaje mayor de lactosa, principal causante de la arenosidad en los mantecados (Parsons, et al., 1985).

Tabla 10. Promedios de evaluación sensorial al consumidor para muestras con sustitución de un 50% y 100 % de los sólidos no grasos. (Parsons, et al., 1985)

Mantecado	**Sustitución**	
	100%	**50%**
Control (Sólidos no grasos)	3.54	3.40
Concentrado de proteínas de suero	3.48	2.99
Concentrado de proteínas de suero/ Suero en polvo	3.30	3.25

Escala de 1-5, siendo 1 como el mejor y 5 como el peor. (Parsons, et al., 1985)

De una manera similar se estudió la aceptación de un mantecado al 12% grasa en la cual se sustituyeron los sólidos no grasos con un concentrado de proteína en polvo y con concentrado de suero por ultrafiltración en un 25%, 50%,75% y 100% (Lee y White, 1991). Se encontró que aquellos que contenían concentrado de proteínas de suero en polvo tenían mayor resistencia a descongelarse. En el estudio sensorial no se encontró diferencia entre la muestra control con el de suero concentrado por ultrafiltración. Valores parecidos se obtuvieron en la evaluación de la textura. Muestras con concentrado de proteínas en polvo resultaron ser más suaves en textura y hielosas.

Se investigó el uso de concentrado de proteínas de suero para aumentar la cantidad de proteínas en el mantecado y estudiar qué efecto tenía en la textura del mantecado (Patel, et al., 2006), debido a que a una mayor cantidad de proteínas de suero, mayor capacidad tiene estas proteínas de enlazarse al agua disponible. Esto ocasiona que la viscosidad en comparación al mantecado control (regular 10% grasa) aumente a medida que aumenta la cantidad de proteínas de suero. Esta habilidad de enlazarse al agua va a ayudar a que se forme menor cantidad de cristales de hielo y que estos sean más pequeños. Cuando se realizó el panel sensorial se encontró que todas las formulaciones tenían una mejor aceptación en la textura y cremosidad en comparación al control. En términos de sabor se obtuvieron valores menores debido a que a mayor contenido de suero, menor el sabor a vainilla del mantecado (Patel, et al., 2006).

Estos estudios ya se han visto a nivel de producción industrial donde se encontró la manera de producir un postre congelado reducido o bajo en grasa parecido a un mantecado regular (Asher, et al., 1993). Para obtener este producto se patentó una combinación de estabilizantes junto a un 7% de proteínas de suero en polvo. Esta combinación ocasiona que haya menor cantidad de agua disponible y mejore la textura del producto. Los resultados demostraron unas características muy parecidas a las del mantecado regular.

Un producto parecido se patentó donde se elaboró un postre congelado bajo o libre en grasa con las propiedades organolépticas de un mantecado “Premium” (Greenberg, et al., 1989). Para esta patente se elaboró un concentrado de leche descremada donde se llegó a una proporción de proteínas de 2% proteína de suero por cada 4% caseína. Para lograr estas

características que estaban buscando, remplazaron completamente los sólidos no grasos por este concentrado de leche descremada que sustituye un 33.7% del total de la mezcla (Greenberg, et al., 1989).

En el 1980 se publicó una investigación en la que se elaboró un postre congelado con 10% grasa, en donde se sustituye completamente el ingrediente de leche en el mantecado y se sustituye por suero ácido neutralizado e hidrolizado (Young, et al., 1980). El suero fue hidrolizado hasta llegar a un 50% y un 75% de hidrolisis, el mismo fue neutralizado, unas muestras con hidróxido de potasio (KOH) y otras muestras con hidróxido de calcio [$Ca(OH)_2$] hasta llegar a un pH de 6.5 o 6.8. Se encontró que el mejor pH para la mezcla fue de 6.5. Se encontró que una hidrolización de la lactosa hasta el 75% previno la formación de arenosidad en el mantecado por un periodo de al menos 5 meses. Se encontró que las formulaciones con suero tenían una apariencia más dura que el control, además que las formulaciones elaboradas con suero neutralizado con [$Ca(OH)_2$] tenían sabor a tiza. Cuando se realizaron los paneles sensoriales se encontró que las mejores puntuaciones para sabor y para textura fueron en el control y las formulaciones utilizando suero neutralizado con KOH. Esto quedó demostrado en un panel sensorial que se realizó con la participación del público, donde no se encontró una preferencia por muestras del postre congelado con suero hidrolizado, neutralizado con KOH y el control que era un mantecado regular con 10% grasa (Young, et al., 1980).

Se patentó un postre congelado a base de suero en el cual se buscaba realizar un sorbet (postre congelado con pulpa de frutas) con características similares a un mantecado. Para este producto se le removió la grasa y las proteínas al suero para mejorar la textura según el autor de la patente. Este producto solo consiste de suero, un emulsificante, un estabilizante y azúcar al cual se le puede agregar cualquier saborizante. Se logró el objetivo de formular un postre congelado con suero con un sabor aceptable cuando se utilizó pulpas de frutas pero no se logró un sabor aceptable al utilizar saborizantes como vainilla (Mehta y Paget, 2005).

3.5.1 Problemas con el uso del suero

En la producción del postre congelado a base de suero, se les presentaron problemas a algunos de los investigadores. Entre estos problemas está el que productos elaborados con suero, obtienen puntuaciones menores en cuanto a sabor debido que este aporta un sabor característico al producto (Patel, et al., 2006). Puede ocasionar que se diluyan otros sabores, como la vainilla, debido al sabor pronunciado del suero. Como el suero contiene una mayor cantidad de agua por volumen en comparación a la leche, el producto final puede resultar con una textura más hielosa y mayor dureza. Debido al alto contenido de lactosa por volumen en el suero puede ocasionar que durante el almacenaje se forme arenosidad por la cristalización de la lactosa, cuando se añade a más de un 9% en la mezcla total (Lee y White, 1991).

4. Materiales y Métodos

4.1 Obtención del suero (materia prima)

Se obtuvo la leche para la elaboración del queso y la formulación de los postres congelados de la Sub-Estación Experimental de la UPR en Lajas. El suero utilizado en el proyecto se produjo en el Laboratorio de Productos Lácteos del Departamento de Industrias Pecuarias, Recinto de Mayagüez. Una vez obtenida la leche se prosiguió a extraer suero dulce y suero ácido neutralizado.

Para la elaboración del suero ácido neutralizado se preparó queso blanco. Para el mismo se calentó la leche a 80°C-85°C y luego se adicionó poco a poco ácido acético "food grade" hasta que se precipitó la proteína. Una vez enfriado se filtró el suero del precipitado. Debido a que el pH del suero ácido estaba por debajo de 6 (VWR Sartorious Docu-pHMeter, USA), se neutralizó el suero con hidróxido de potasio KOH al 30% "food grade" hasta obtener un pH de aproximadamente 6.5 (Young, et al., 1980). Se utilizó hidróxido de potasio y no hidróxido de sodio, para no aumentar la cantidad de sodio en las formulaciones. La FDA aprueba según el código CFR 184.1631 el uso de hidróxido de potasio como aditivo para aumentar el pH a una muestra y lo certifica como un aditivo "GRAS" o generalmente reconocido como seguro para la salud.

Para obtener suero dulce se procedió a pasteurizar la leche a 65.5°C por 30 minutos y se dejó enfriar. Se le adicionó la renina y se dejó incubar hasta que coaguló. Una vez coagulado se procedió a cortar el coágulo y luego cocinar el mismo a 45°C por 30 minutos. Una vez enfriado se procedió a filtrar el suero del coágulo. Para poder desactivar la renina se debe pasar por un tratamiento de pasteurización a 72°C por 15 segundos para evitar no desnaturalizar las proteínas de suero que se desnaturalizan a 70°C, esto con un suero a pH mayor de 6 (Law y Tamine, 2010). Cuando se preparó la formulación del postre congelado con suero dulce se comenzó a coagular de nuevo la caseína por presencia de la renina al tratar de llegar a esta temperatura en baño de María. Debido a que la pasteurizadora no estaba disponible durante esta investigación, no se prosiguió a utilizar el suero dulce como sustituto de leche para el producto.

Una vez obtenido el suero se separó el suero a utilizarse para postre congelado con 10% grasa y postre congelado reducido y bajo en grasa. El suero se mantuvo congelado para evitar continuar acidificando pero la leche utilizada para la formulación control, se pasteurizó a 63°C por 30 minutos y se mantuvo refrigerada hasta realizar la mezcla del postre congelado. Se tomó una muestra de cada suero o leche para el análisis proximal.

4.2 Formulación de la mezcla y almacenamiento

Se realizaron seis formulaciones de 23 libras cada una en duplicado, las mismas fueron: una formulación control con base de un mantecado regular con 10% grasa, una formulación control mantecado reducido en grasa (7% grasa y 3% maltodextrina), una formulación control mantecado bajo en grasa (3% grasa y 7% maltodextrina) y de igual manera los postres congelados de suero ácido neutralizado fueron formulados de tal forma que su contenido fuera 10% grasa (regular), 7% grasa y 3% maltodextrina (reducido en grasa) y 3% grasa con 7% maltodextrina (bajo en grasa). Las formulaciones se elaboraron a partir de la composición y los ingredientes listados en la tabla 11.

Tabla 11. Composición de las seis formulaciones

Control 10% Grasa	**Suero Ácido con 10% Grasa**	**Control 7% grasa y 3% Maltodextrina**	**Suero Ácido 7% grasa y 3% Maltodextrina**	**Control 3% grasa y 7% Maltodextrina**	**Suero Ácido 3% grasa y 7% Maltodextrina**
Grasa 10%	Grasa 10%	Grasa 7%	Grasa 7%	Grasa 3%	Grasa 3%
0% Maltodextrina	0% Maltodextrina	3% Maltodextrina	3% Maltodextrina	7% Maltodextrina	7% Maltodextrina
Estabilizante y Emulsificante 0.35%					
Sólidos no grasos de leche (11%)					
Endulzante (16.5%)					
Saborizante (Vainilla)					

Ingredientes adicionales: Leche, crema de leche 65% (Suiza Dairy Puerto Rico), suero de leche, azúcar, sólidos de sirope de maíz y emulsificante/estabilizante (Palsgaard Extrulce 318).

El 16.5% de los endulzantes se constituía de 11.5% azúcar granulada y 5% de sólidos de sirope de maíz (Casco Globe 42DE). El sustituto de grasa utilizado fue la maltodextrina (Casco Globe Plus 10DE) debido a que se ha encontrado que brinda buenas propiedades al mantecado, se utiliza en la industria y es económico. Se utilizó a un 3% de sustitución para mezclas reducidas en grasa y 7% para mezclas bajas en grasa. Se utilizó maltodextrina para estudiar el comportamiento de la misma como sustitución a la grasa para los postres congelados reducidos y bajos en grasa. El saborizante utilizado fue sabor artificial a vainilla (Vainilla Quisqueya) y se le agregaron 10.00mL a cada 10 quartillos (9.5L) de la mezcla antes de congelarse. El estabilizante/emulsificante que se utilizó fue el Palsgaard Extrulce 318 (Palsgaard) el cual contiene estabilizantes como goma guar, carrageenan, carbometilcelulosa de sodio y goma de algarrobo ("locust beam gum) junto a los emulsificantes polisorbato 80 y mono-di glicéridos, estos requeridos por el uso de crema congelada. El peso de cada ingrediente (Balanza: Kabuta La-ONE, Japón) en libras, se calculó utilizando el método de Serum Point. Este método son una serie de cálculos ya establecidos que permiten determinar el peso de cada uno de los ingredientes de la mezcla.

Las mezclas se llevaron a una cantidad de sólidos totales entre 37%-38%. Todas las mezclas se pasteurizaron a 63°C por un periodo de 30 minutos utilizando baño de María y luego fueron homogenizadas a 50°C a 2500 PSI (APV Manton Gaulin KF3-3PS Two Stage Homogenizer, Inglaterra). Las muestras para el análisis microbiológico se tomaron luego de la homogenización para ver la efectividad de la pasteurización y el control sanitario del proceso. Luego de la homogenización, las mezclas fueron guardadas en cubos plásticos esterilizados y se añejó la mezcla para permitir hidratar los sólidos por un periodo de 24 horas a 4°C en la nevera. Una vez añejada la mezcla se tomaron muestras para análisis proximal y determinación de viscosidad.

Para el proceso de congelación del postre, se congeló la mezcla incorporando aire en un congelador de lote (Emery Thompson Modelo 20NW, USA) por 12 a 20 minutos. El tiempo dependió de la cantidad de maltodextrina. Todas las formulaciones se congelaron hasta llegar a un "overrun" de aproximadamente 100%. El "overrun" se calculó por peso con la siguiente formula:

$$\%\text{Overrun} = \frac{peso\ de\ mezcla\ 1oz - peso\ mezcla\ congelada\ 1oz}{peso\ mezcla\ congelada\ 1oz} \times 100$$

Una vez terminado el proceso de congelación continuo se almacenó en diferentes envases de 1oz para los análisis de textura y tiempo de fusión y en envases de 6oz para las muestras de análisis proximal. Estos envases fueron almacenados en el ultra-low freezer (VWR Modelo 5728, USA) a -30°C por un periodo de 24 horas. Luego se separaron en 3 grupos para análisis de textura y para la prueba de descongelación. Estos grupos fueron: muestras almacenadas a -30°C por 1 día, almacenadas por 30 días y almacenadas durante cambios de temperatura continuos (abuso térmico o "heat-shocked") por 30 días.

Para los análisis de textura y prueba de descongelación, las formulaciones almacenadas durante 24 horas en el ultra low freezer (-30°C) fueron trasladadas a un congelador a -15°C por un periodo de 24 horas y luego fueron analizadas. Para las formulaciones almacenadas por un mes, estas se mantuvieron por un periodo de 30 días en el ultra-low freezer a -30°C y luego 24 horas a -15°C hasta su análisis. Para las formulaciones "heat shocked" durante su almacenamiento se estuvieron alternando entre -30°C y -15°C cada 48 horas para ver el comportamiento en cambios de temperatura seguidos por un periodo de 30 días (Buyck, et. al., 2011).

Para facilitar la discusión de los resultados se le otorgaron abreviaturas de acuerdo a la cantidad de grasa que contenía la mezcla, como se muestra en la Tabla 12. Se dividieron en dos grupos las formulaciones que contenían leche y las formulaciones que contenían suero y se diferenció dependiendo de la cantidad de grasa que contenía.

De igual manera se le otorgaron abreviaciones de 24h para formulaciones almacenadas por 24 horas a -30°C, 1M para formulaciones almacenadas por un mes a -30°C y HS para formulaciones almacenadas en cambios de temperatura (abuso térmico o "heat shocked") por un mes.

Tabla 12. Abreviaciones de las mezclas

Mezcla:	Abreviación
Mezcla con base de leche y 10% grasa	Leche 10%
Mezcla con base de leche y 7% grasa	Leche 7%
Mezcla con base de leche y 3% grasa	Leche 3%
Mezcla con base de suero y 10% grasa	Suero 10%
Mezcla con base de suero y 7% grasa	Suero 7%
Mezcla con base de suero y 3% grasa	Suero 3%

4.3 Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal al suero y a la leche utilizada para las formulaciones de los postres congelados y a la mezcla una vez añejada

4.3.1 Determinación de proteína bruta:

El método utilizado para determinar el porcentaje de proteína en las muestras fue el Kjeldahl por la AOAC 920.105 (AOAC, 2006) para productos con base de leche. Para la prueba se pesó entre 0.4000g-0.4300g de muestra húmeda en un tubo de digestión de 100mL previamente tarado en la balanza (AG204, Mettler Toledo). A cada tubo también se le agregó aproximadamente 0.6g de una mezcla catalizadora entre sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4.5H_2O$) y sulfato de potasio K_2SO_4, junto a 7mL de ácido sulfúrico concentrado. Los tubos fueron llevados a un bloque de digestión (Digestion System 6, Tecator, Sweeden) en el extractor y fueron digeridos hasta nivel 10 gradualmente, a aproximadamente 350°C, por un periodo de 3 horas. Una vez digeridas las muestras se dejaron enfriar dentro del extractor hasta obtener un color transparente en la solución.

La muestra una vez digerida se transfirió a un tubo de destilación (250mL) que contenía 20mL de agua destilada. El tubo de digestión de 100mL fue lavado con otros 20mL de agua

destilada y fueron transferidos al tubo de destilación. Antes de seguir con la destilación, se prepararon matraces Erlenmeyer que contenían 25mL de una solución de ácido bórico al 4% e indicador rojo de metilo/verde de bromocresol en proporción 1 a 5. Estos matraces fueron colocados en la manga de salida de la máquina de destilación (Rapidstill II, Labconco, USA) y se encendió el destilador para comenzar la ebullición del agua. Se le añadieron 50mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% una vez comenzó a ebullir el agua del destilador y se colocó rápidamente en la máquina de destilación por un periodo de 9 minutos. Una vez terminado el proceso de destilación, la muestra en el matraz Erlenmeyer se tornó color verde y se tituló con HCl 0.1N hasta obtener un color lila metálico. La prueba se realizó en triplicado para cada lote. El porciento de nitrógeno se midió con el siguiente cálculo:

$$\%N = \frac{1.4007 * Volumen\ utilizado\ en\ la\ titulación * M\ de\ HCl}{Peso\ de\ la\ muestra}$$

%Proteina= %N x 6.38 (Factor de conversión).

4.3.2 Determinación de grasa cruda:

El porcentaje de grasa fue medido por el método de Mojonnier en el AOAC 989.05 (AOAC, 2006). El método consiste en la extracción de grasa a partir de una mezcla de éteres. Antes de comenzar se limpiaron y secaron en un horno (Napco Model 630, USA) los tubos de Mojonnier y platos de cristal. Los platos de cristal fueron identificados y pesados antes de utilizarse y se mantuvieron en un desecador para evitar que adquirieran humedad. Luego se pesó en cada tubo de Mojonnier, previamente tarado en la balanza (VWR Sartorious TE 2145, USA), aproximadamente 10.0000g de muestra húmeda. Luego a cada tubo se le añadieron 2.0mL de hidróxido de amonio (NH_4OH) concentrado al 30% y 3 gotas de fenolftaleína para poder diferenciar entre la fase acuosa y la fase orgánica. Se taparon los tubos con un corcho de goma y se agitaron por 15 segundos. Se le añadió a cada tubo 10mL de etanol al 95% y se agitó. Luego a cada tubo se le añadió 25mL de éter etílico, se tapó y se mezcló vigorosamente. Luego se le añadió 25mL de éter de petróleo y se volvió a agitar vigorosamente. Una vez mezclados, se

dejaron reposar lo tubos por un periodo de 10 minutos para poder separar bien las fases. Se decantó la fase de la mezcla de éteres y grasa en el plato de cristal previamente pesado.

Se realizó una segunda extracción añadiendo 5mL de etanol 95% a la mezcla contenida en el tubo de Mojonnier y se agitó el tubo tapado. Luego se le añadió 15mL de éter etílico y se mezcló vigorosamente el tubo tapado. Se repitió el procedimiento ahora con 15mL de éter de petróleo. Se dejó reposar por un periodo de 10 minutos y se virtió la fase de éteres y grasa en el plato de cristal. Luego se calentó el plato en un "hot plate" a un fuego moderado para que no salpique y una vez se evaporó el éter, los platos fueron secados en el horno por 15 minutos. Una vez sacados del horno se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron. La prueba se realizó en triplicado para cada lote. El porcentaje de grasa se calculó como la razón de la masa de la grasa en el plato y la masa de la muestra húmeda previamente pesada.

4.3.3 Determinación de sólidos totales:

El método utilizado fue el de secado al horno como se describe en el método AOAC 990.20 (AOAC, 2006). Las cápsulas, previamente marcadas, fueron lavadas y secadas en el horno (Napco Model 630, USA) a 100°C por un periodo de 24 horas para asegurar que estén secas para el análisis. Una vez secas, las cápsulas se dejaron enfriar en un desecador por 10 minutos y luego fueron pesadas. Se taró cada cápsula y se le añadió aproximadamente 3.0000g de la muestra. Las cápsulas fueron llevadas al horno y se colocaron a 100°C por un periodo de 24 horas. Al cabo de este tiempo, las capsulas se enfriaron en un desecador por un periodo de 10 minutos y luego fueron pesadas. Cada tratamiento fue analizado en triplicado. La cantidad de sólidos totales se determinó por la relación entre la masa de la muestra seca y la masa de la muestra húmeda. De la misma manera, el porcentaje de humedad fue calculado para la determinación de carbohidratos como 100% menos el porcentaje de sólidos totales de la muestra.

4.3.4 Determinación de cenizas:

El método utilizado fue el AOAC 945.46 (AOAC, 2006) para determinación de ceniza en leche. Se lavaron, marcaron con lápiz y se secaron crisoles con tapa en el horno (Isotemp Oven

200 Series, Fisher Scientific, USA) a 100°C por un periodo de 24 horas. Una vez secos los crisoles, se dejaron enfriar en un desecador y luego fueron pesados. Se le añadió a cada crisol 5.0g de muestra húmeda y luego fueron colocados en el horno a secar por un periodo de 24 horas a 100°C. Una vez sacados del horno, se dejaron enfriar los crisoles y luego fueron colocados en una mufla (Muffle Furnance, Isotemp, Fisher Scientific, USA) para calentarlos a una temperatura de 550°C.

La temperatura de la mufla se fue aumentando gradualmente hasta llegar a los 550°C en un periodo de 4 horas y se mantuvieron a esa temperatura por 12 horas. Se apagó la mufla y se dejó enfriar por un periodo de 3 horas. Una vez sacados de la mufla los crisoles se mantuvieron en un desecador por un periodo de 10 minutos para luego ser pesados. El porcentaje de ceniza se calculó como la razón entre el peso de la muestra que queda en el crisol y el peso de la muestra inicial (5.0g). Se realizó cada muestra en triplicado.

4.3.5 Determinación de carbohidratos

El porcentaje de carbohidratos se determinó por diferencia. Se restó un 100% de composición menos los porcentajes de proteína, grasa, ceniza y humedad. El aproximado de porcentaje de lactosa para la mezcla se determinó como la resta de los carbohidratos totales menos la cantidad de carbohidratos añadidos a la mezcla como azúcar granulada, maltodextrina, gomas y sirope de maíz. En cambio, la cantidad de lactosa en la leche y en el suero es la misma cantidad de porcentaje de carbohidratos, ya que es el único carbohidrato presente en la leche y en el suero.

4.3.6 Determinación de pH

Se determinó el pH del suero ácido durante la neutralización, la leche y las mezclas de cada tratamiento añejadas. Se midió utilizando un electrodo (VWR Sartorius Docu-pHMeter, USA) previamente calibrado con buffers de pH 4 y pH 7. Cada medida se hizo en triplicado.

4.4 Análisis Microbiológico a la mezcla

El análisis microbiológico se realizó para enumeración de bacterias totales y análisis de coliformes utilizando los métodos establecidos por el Bacteriological Analytical Manual (BAM) publicado en el 2001 para bacterías totales y en el 2002 para coliformes.

Para la enumeración de bacterias totales se utilizó el medio de cultivo "Plate Count Agar" previamente esterilizado. Se realizaron diluciones seriadas con agua peptonada a concentraciones de 10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3}. Se utilizó la técnica de vertido en plato. Las placas se incubaron a 32°C por 48 horas (Maturin y Peeler, 2001).

Para el análisis de coliformes totales se utilizó el método del BAM (Feng, et al., 2002) para coliformes en donde primero la muestra se diluyó en agua peptonada para diluciones de 10^{0}, 10^{-1} y $10^{-2.}$ Luego se añadió la muestra a una placa petri y se le añadió "Violet red bile agar". Se dejó solidificar y se virtió más agar para formar una capa. Finalmente se incubó el plato invertido por 24 horas a 32°C.

Las pruebas microbiológicas se realizaron para comprobar la efectividad de la pasteurización y el manejo. Se realizaron todas las medidas en triplicado.

4.5 Análisis de viscosidad a la mezcla

Para el análisis de viscosidad se separaron 1800mL de la mezcla previamente añejada por 24 horas. Las lecturas fueron tomadas utilizando un viscosímetro rotacional (Cannon Instrument Company LV2000, USA) utilizando un huso L3 para las formulaciones que contenían 7% y 10% grasa y el huso L4 para las formulacines 3% grasa. Las muestras se colocaron en un "beaker" de 600mL y se mantuvieron a 4°C±1°C en un baño con hielo durante todo el análisis. Durante el análisis se tomó la precaución de introducir el huso en el centro de la muestra. Se tomaron las medidas en cP a las velocidades de 3, 6, 12, 30 y 60rpm. Los resultados obtenidos del viscosímetro se utilizaron para calcular la viscosidad aparente para cada formulación al igual que

el índice de consistencia (Akalin, et al., 2007). Se realizaron todas las medidas en triplicado para cada mezcla del postre congelado.

4.6 Análisis de capacidad de fusión

Para determinar la capacidad de fusión ("melting rate") se utilizó el método descrito por Ohmes, et al. y Abd El-Rahman, et al. El mismo consiste en determinar la cantidad de mezcla que se derrite a intervalos de 10 minutos a una temperatura controlada. El análisis se realizó para los postres congelados por 24h, 1 mes y muestras "heat shocked" por un mes. Las pruebas se realizaron en un salón con la temperatura controlada a 23-24°C, en donde se colocó 1oz previamente pesada de la muestra congelada en un filtro y se fue colectando la muestra que se va derritiendo en vasos previamente pesados en intervalos de 10 minutos. Se tomó el peso del vaso cada 10 minutos duranteuna hora para ir tomando el peso acumulativo de la muestra que se va derritiendo. Se graficó el porcentaje de postre congelado derretido vs el tiempo para ver el comportamiento y diferencia en los tratamientos y el almacenaje (Ohmes, et al., 1998 y Abd El-Rahman, et al., 1997).

4.7 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 pre ajustada para quesos suaves en donde permitió tomar medidas para dureza y adhesividad utilizando un implemento TA-212 de 8mm, un implemento diferente al que sugería. La prueba se realizó a una velocidad de 2.00mm/seg, una distancia de entrada de 10mm y una fuerza de disparo de 2.5g. Se midieron los atributos de dureza y adhesividad, ya que la dureza nos da información de cuan fuerte es la estructura del postre congelado por formación de cristales de hielo y la adhesividad nos dice la fuerza del postre congelado sobre la cuchara.

Las muestras analizadas fueron muestras almacenadas 24h, muestras almacenadas por 1 mes y muestras pasadas por "heat shocked". Se analizaron muestras en vasos de 1 oz, a una temperatura de entre -10°C a -11°C, una temperatura menor a la que presenta un mantecado que

es entre -13°C hasta -16°C (Aime, et al., 2001) pero era la temperatura en la que salían las muestras del congelador. El valor de dureza se tomó como la fuerza necesaria para penetrar el postre congelado y la adhesividad como la fuerza necesaria para el implemento despegarse del postre congelado.

4.8 Análisis Sensorial

Se realizaron dos paneles sensoriales utilizando la prueba a escala "Just-About-Right". En estos paneles se analizaron las formulaciones con un día de almacenamiento a -30°C y luego fueron transferidos 24 horas a -15°C. En el primer panel se midió el sabor en general para los 6 postres congelados. En el segundo panel se determinó la textura. Los paneles se realizaron en dos días diferentes pero durante la misma semana. Los panelistas fueron estudiantes sub-graduados, graduados y personal de la Universidad y se repitieron los panelistas durante los dos días, todos los panelistas no fueron adiestrados pero se le explicó cómo evaluar en la escala y el atributo que iban a medir. Se preparó una escala del 1 al 5 donde el 1 era atributo (sabor o textura) por debajo de lo esperado, 3 era atributo en su punto o "Just-About-Right" y 5 era atributo por encima de lo esperado (Meilgaard, et al., 1999[a]). Las 6 muestras que se le ofrecieron al panelista de manera aleatoria tenían una codificación de tres dígitos, la cual escribían de izquierda a derecha en la hoja del panelista (hoja de evaluación). Una vez el panelista probaba la muestra le daba un valor en la escala antes mencionada. Debajo de la escala se le dio espacio al panelista para que escribiera los comentarios. La prueba de sabor se realizó con 70 panelistas y la prueba de textura se realizó con 64 panelistas. Las muestras se le presentaron a los panelistas a una temperatura de -13°C a -11°C.

Se compararon las medias utilizando una prueba de ANOVA de dos factores sin replicación. Se midió el porcentaje de votación para cada puntuación para ver la tendencia de selección de los panelistas en la escala (Baublits, et. al., 2006).

4.9 Análisis estadístico

La investigación se llevó a cabo utilizando un diseño factorial 3x2. Este diseño tiene como variables independientes las tres cantidades de grasa 10%, 7% y 3% para las otras dos variables que son leche y suero, esto nos da un total de 6 tratamientos. De los 6 tratamientos los que son con base de leche se le consideran tratamientos control. Cada tratamiento (lote) se realizó en duplicado y cada análisis de cada lote se realizó en triplicado. Los tratamientos se dividieron en dos bloques, donde cada bloque contenía cada una de las formulaciones y se prepararon las formulaciones de manera aleatoria para cada bloque. Se calcularon los valores de las medias y desviación estándar para las medidas de cada uno de los experimentos que se hicieron a los lotes. Se compararon los resultados utilizando el método de comparación Tukey al 95% de confiabilidad con el programa de ANOVA de Infostat.

5. Resultados y Discusión

5.1 Analisis Proximal

5.1.1 pH

El pH inicial del suero o la leche es importante ya que este puede afectar el sabor o coagular la proteína de la leche al añadir los sólidos no grasos de leche. El pH de la leche sin calostro y células somáticas, se estima que ronda entre pH 6.6 a 6.8 (Tsioulpas, et al., 2007). El pH del suero del queso blanco es aproximadamente pH 4.7 (de Wit, 2001) y este dependerá de cómo fue su elaboración. El suero ácido fue neutralizado para tener un pH similar a la leche y evitar problemas con la proteína de la leche en polvo en la mezcla. El pH inicial del suero ácido utilizado estuvo entre pH 5.15 y 5.38. La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos de pH para la leche y el suero luego de neutralizado. Se puede observar que el pH de la leche concuerda con el analizado por Tsioulpas (2007) y el pH del suero fue cercano al pH utilizado por Young, C.K. et. al, en aproximadamente 6.5. En términos estadísticos ($p<0.05$) hay diferencia significativa entre el pH del suero y de la leche, pero no se llevó el pH de la leche a 6.5 para no alterar la composición de la misma.

Tabla 13. pH del suero neutralizado y leche utilizados

Muestra:	**pH**
Suero neutralizado	$6.52^{a}\pm0.03$
Leche	$6.75^{b}\pm0.01$

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$)

En el pH de las formulaciones se observó que aquellas formulaciones con suero tenían un pH menor a las formulaciones elaboradas con leche, como se observa en la Tabla 14. La reducción del pH se debe en su mayoría a los sólidos no grasos (Young, et al., 1980) que se le añaden a la mezcla del postre congelado. Otro factor que reduce el pH son los sólidos de sirope de maíz ya que su pH está cerca de los 4.8, como menciona la compañía.

Tabla 14. pH de las mezclas

Formulación	pH	pH citado en las referencias
Leche 10%	6.52^{b}±0.06	6.50, Young, et al. 6.41, Karaca, et al.
Suero 10%	6.45^{a}±0.02	6.31, Young, et al.
Leche 7%	6.52^{b}±0.01	6.52, Karaca, et al.
Suero 7%	6.44^{a}±0.01	No hay resultados disponibles
Leche 3%	6.50^{b}±0.01	6.32, Karaca, et al.
Suero 3%	6.40^{a}±0.01	No hay resultados disponibles

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$)

Según el análisis estadístico ($p<0.05$) no se observó diferencia significativa entre las formulaciones con la misma materia prima de leche o suero pero si se obtuvo diferencia en el pH de las mezclas si eran a base de suero o a base de leche. Esta misma diferencia se observó en el análisis estadístico que se realizó a las medidas de pH al suero y la leche. Esta diferencia no le va a brindar ninguna diferencia en sabor o textura ya que es mínima. Cuando se comparan las medidas de pH con la literatura se puede ver que varían los resultados excepto en el pH de las formulaciones con leche, donde se encontraron resultados similares. Esta diferencia entre los resultados se debe a los ingredientes utilizados entre experimentos ya que estos varían como lo son el sirope de maíz, la crema o los sólidos no grasos de leche.

5.1.2 Composición del suero, la leche y las mezclas

Los sólidos totales que contiene la leche juegan un rol bien importante en la preparación de los postres congelados. Antes de preparar cada formulación se debe tener conocimiento de los sólidos totales que compone la leche a utilizar, al igual que la cantidad de grasa. Estos son los dos parámetros que se manipulan para obtener un postre congelado con las cantidades de sólidos totales, sólidos no grasos y grasa deseados. La cantidad de los componentes principales de la leche y por subsiguiente del suero van a depender de varios factores como la alimentación de la vaca, variación natural o por el proceso con que fue tratada, entre otros (Walstra, et al., 2005). En

la Tabla 15, muestra la composición de la leche y el suero utilizados durante la realización de esta investigación.

Tabla 15. Resultados del análisis proximal para los componentes del suero y la leche

Componentes	Suero	Rango (Mandal, et al., 2012)	Leche	Rango (Walstra, et al., 2005)
Sólidos totales	6.29^{a}±0.03	6-7%	10.51^{b}±0.15	11.3-14.7%
Grasa	0.16^{a}±0.004	Aprox. 0.2%	2.19^{b}±0.06	2.5-5.5%
Proteina	0.38^{a}±0.12	Aprox. 0.8%	2.90^{b}±0.20	2.3-4.4%
Ceniza	0.55^{a}±0.03	Menos de 1%	0.71^{b}±0.02	0.57-0.83%
Lactosa	5.21^{a}±0.00	4-5%	4.71^{b}±0.00	3.8-5.3%

Medias designadas con la misma letra en la misma línea no son significativamente diferentes ($p<0.05$)

Una vez se obtuvo la cantidad de grasa y sólidos totales, se procedió a realizar las mezclas para los postres congelados anteriormente establecidos. Los resultados de los componentes principales de las mezclas se encuentran en la Tabla 16.

Tabla 16. Análisis proximal a las formulaciones de los postres congelados

Formulaciones	Sólidos Totales	Grasa	Proteína	Ceniza	Carbohidratos	Lactosa
Leche 10%	38.12^{ab}±0.64	10.03^{c}±0.24	3.74^{b}±0.13	0.91^{a}±0.02	23.44^{a}±0.35	6.85^{a}±0.35
Suero 10%	38.56^{ab}± 0.27	10.05^{c}±0.59	2.85^{a}±0.22	0.98^{c}±0.01	24.68^{b}±0.03	8.09^{b}±0.03
Leche 7%	38.08^{ab}±0.12	7.10^{b}±0.59	3.72^{b}±0.22	0.93^{ab}±0.01	26.34^{c}±0.03	6.75^{a}±0.03
Suero 7%	37.71^{a}±0.67	7.35^{b}±0.75	2.91^{a}±0.17	0.97^{bc}±0.02	26.48^{c}±0.22	6.89^{a}±0.22
Leche 3%	38.65^{b}±0.52	3.22^{a}±0.33	3.87^{b}±0.23	0.94^{abc}±0.01	30.62^{d}±0.65	7.03^{a}±0.65
Suero 3%	38.39^{ab}±0.49	3.21^{a}±0.08	2.76^{a}±0.12	0.98^{c}±0.02	31.43^{e}±0.44	7.84^{b}±0.44

Medias designadas con la misma letra en la misma línea no son significativamente diferentes ($p<0.05$)

Los sólidos totales en todas las formulaciones fueron mayores al 35% (entre 37.71%-38.65%) lo que significa que cae en la norma establecida por FDA en el código 21CFR135.110 para un mantecado regular. Aunque por otras restricciones no se puede considerar el producto como mantecado regular, solo al de leche 10% puede ser considerado como tal. Los sólidos totales de los postres congelados se estandarizaron (a por lo menos 35% de sólidos) para estudiar

si tienian cualidades parecidas a las de un mantecado con 10% grasa. En términos estadísticos no se encontró diferencia significativa en los sólidos totales de todos los tratamientos excepto en los del suero 7% (más bajo, 37.71%) y leche 3% (más alto, 38.65%) donde se encontró diferencia ($p<0.05$) entre ambos, pero no presentaron diferencia con los demás tratamientos. Aunque la cantidad de sólidos totales fue calculada igual para todos los tratamientos sin importar la cantidad de grasa, se puede observar una variación en los resultados y esto se puede deber a la aportación de sólidos no grasos que se encuentran en la crema ya que estos no se toman en consideración en los cálculos del "Serum Point", además de la variación de sólidos que podían contener los diferentes cubos de crema que se utilizaron.

En relación a la grasa, se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) entre las cantidades de grasa de 10% (Suero 10.05%, Leche 10.03%), 7% (Suero 7.35%, Leche 7.10%) y 3% (Suero3.21%, Leche 3.22%) pero no se encontró diferencia entre las formulaciones de leche 3% y suero 3%, formulaciones de leche 7% y suero 7% y las formulaciones leche 10% y suero 10%. Con esto se cumple con las regulaciones de FDA donde menciona que para que se considere un mantecado regular tiene que tener un mínimo de 10% grasa, ambos reducidos en grasa estuvieron menor al 7.5% de grasa establecido y el bajo en grasa se encontró menor al 5% establecido en la regulación (FDA, 21CFR101.62).

En los resultados de proteína se encontró que hubo diferencia estadística entre los tratamientos de suero y los tratamientos de leche. Se encontró menor cantidad de proteína en las formulaciones con base de suero y esto es de esperarse ya que la cantidad de proteína en el suero es mucho menor al de la leche. Aunque se reconstituyó el suero con leche en polvo sin grasa, al ésta componerse también de lactosa y minerales, no va a completar la cantidad de proteína que aportaría la leche entera. El aumento en la cantidad de proteína que se observa entre la leche o suero a la cantidad observada en las mezclas se debe a la proteína (caseína o de suero) que se encuentra en la leche en polvo y en la crema de leche. Según la base de datos de la USDA "National Nutrient Database for Standard Reference" se estima que la proteína en el mantecado de vainilla debe ser 3.50% (USDA, 2012). Los únicos tratamientos que estuvieron en ese rango fueron los de leche ya que se obtuvo en la formulaciones de leche 10%, leche 7% y leche 3% 3.74%, 3.72% y 3.87%, respectivamente. Mientras que el porciento de proteína para las

formulaciones elaboradas con suero al 10%, 7% y 3% fueron de 2.85%, 2.91% y 2.76% respectivamente.

Si se comparan los porcentajes de proteína con las referencias, Aime et al. (2001), obtuvo para un mantecado regular 10% grasa 3.47% de proteína, para un mantecado 5% grasa (reducido en grasa) 3.62% de proteína y para uno bajo en grasa 2.5% grasa, 3.38% de proteína. En cambio, Patel, et al. (2006), obtuvo 3.78% de proteína para una mezcla de mantecado regular 10.56% grasa, un resultado parecido a los obtenidos en esta investigación para las mezclas con base de leche. En cambio para una mezcla de suero Young, et al. (1980), obtuvo para una mezcla de suero 10% grasa 2.80% de proteína y para una de leche 10% grasa 4.07% e proteína, el resultado obtenido para el suero fue parecido a los obtenidos en los resultados de las formulaciones con base de suero en esta investigación.

Cuando se determinó la cantidad de ceniza, se encontró diferencia significativa en las formulaciones de leche y de suero. Se encontró mayor cantidad de ceniza en las formulaciones conteniendo suero que los que contenían leche. Este aumento se debe a que el suero tiene alrededor de 0.79% de ceniza y aumenta al añadir leche en polvo. En el análisis estadístico ($p<0.05$) se encontró que no había diferencia significativa en los tratamientos de leche entre si y tampoco se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de suero entre si. El tratamiento de suero 7% no mostró diferencia a los tratamientos de leche 7% y leche 3% y la leche 10% fue diferente a todos los tratamientos de suero. Estas diferencias tienen implicaciones en el punto de congelación de las muestras, ya que este disminuye a medida que aumenta la cantidad de ceniza.

La cantidad de carbohidratos aumentó a medida que disminuía la cantidad de grasa ya que la maltodextrina es un carbohidrato y a menor cantidad de grasa mayor cantidad de maltodextrina se añadía a la formulación. Las formulaciones de suero tuvieron mayor cantidad de carbohidratos ya que tenían mayor contenido de lactosa. Se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) entre todos los tratamientos excepto en las mezclas de suero 7% y leche 7%, donde no se encontró diferencia. Según la base de datos de la USDA "National Nutrient Database for Standard Reference" estima que la cantidad de carbohidratos en un mantecado regular de vainilla

es de aproximadamente 23.60%, una cantidad parecida a la que se encontró en la formulación de leche 10% que fue de 23.44%. La formulación de suero 10% obtuvo un porciento más alto (24.68%) por la lactosa en el suero. En las demás formulaciones se esperaba que fueran mayor a 23.60%, debido a la maltodextrina en la mezcla. En cuanto al contenido de lactosa, todas las formulaciones estuvieron por debajo del 9%, cantidad que puede causar arenosidad en las muestras No hubo diferencia significativa ($p<0.05$) en las medias de las formulaciones de leche con la formulación de suero 7%, pero estas mostraron diferencia con las formulaciones de suero 10% y suero 3%, las cuales mostraron mayor contenido de lactosa. La diferencia en lactosa de la formulación de suero 7% a las otras dos de suero (3% y 10%) se puede deber a que no se tomó parte de la lactosa que se precipita en el envase cuando se congela el suero. Patel, et al. (2006) obtuvo en su muestra de mantecado regular 5.80% de lactosa, por debajo de los resultados de este experimento.

Hay que señalar que si se utiliza suero sin congelar para la formulación, esta lactosa va a estar presente en el producto final. Una muestra de suero 10% de postre congelado se almacenó en un refrigerador doméstico, para ver el tiempo que tomaba para que ocurriera la arenosidad y se detectó en un periodo de 2 meses. Young, et al. (1980), encontró que el suero hidrolizado a un 50% no mostraba arenosidad hasta los 5 meses.

5.2 Análisis Microbiológico

En los productos lácteos es de vital importancia el proceso de pasteurización ya que la leche cruda puede contener patógenos dañinos al ser humano. El proceso de pasteurización ayuda a que en el producto no haya presencia de patógenos y este sea apto para el consumo humano. Todo producto lácteo que se elabora sin ningún otro proceso de cocción (excepto algunos quesos fermentados que se realizan con leche sin pasteurizar) deben pasar por un proceso de pasteurización para poder ser aprobados por la FDA "Food and Drug Administration". Es por eso que la FDA establece parámetros en el "Grade A Pasteurized Milk Ordinance" para el conteo máximo de colonias, células somáticas y otros parámetros que tienen que cumplir los productos para poder ser aprobados para el consumo (Food and Drug Administration, 2009).

Para este análisis se realizaron dos pruebas, la enumeración de bacterias aeróbicas totales, utilizando Plate Count Agar y la enumeración de coliformes utilizando "Violet Red Bile Agar. Estos dos métodos nos indican si las mezclas fueron pasteurizadas correctamente y cuan sanitario fue el proceso de elaboración de las mezclas. Los límites que establece la FDA para productos que contienen leche es de menos de 20,000 colonias por gramo o mL para el conteo total de bacterias y para coliformes es de menos de 10 colonias por mL (FDA, 2009). Los resultados obtenidos de las formulaciones fueron de menos de 20,000 UFC/mL para platos de PCA en todas las diluciones y no se encontraron coliformes en los platos de Red Bile Agar. Esto implica que cumple con lo estipulado anteriormente por FDA, lo que indica que las mismas fueron manejadas de forma higiénica.

5.3 "Overrun"

El "overrun" es la cantidad de aire que se incorpora a la mezcla del mantecado o postre congelado durante el congelamiento. La cantidad de "overrun" va a depender de diferentes factores tales como la cantidad de grasa, la viscosidad, el efecto de los emulsificantes y estabilizantes en la mezcla. El "overrun" es también una medida de calidad ya que mucha incorporación de aire resulta en un mantecado de baja calidad. El overrun promedio de las compañías para un mantecado regular es de 100% (añade 50% aire) y a medida que aumenta la grasa va bajando el overrun (Goff y Hartel, 2004). La Tabla 17 muestra los resultados obtenidos en el "overrun" para cada tratamiento. No se encontró diferencia estadística ($p<0.05$) entre todos los tratamientos. Se trató de llevar el overrun de cada mezcla a aproximadamente 100%.

Se puede ver que a medida que va disminuyendo la cantidad de grasa va bajando un poco el overrun ya que a poca grasa menor estabilidad tienen las burbujas de aire dentro de la mezcla al irse congelando. A pesar de que fue bajando el overrun se puede inferir que la maltodextrina ayudó a estabilizar el aire y poder alcanzar una incorporación de aire parecida a la de un mantecado regular. Esto demuestra que la maltodextrina permite una incorporación de aire

parecida a la grasa. Otra observación importante es que el utilizar leche o suero no tiene ningún efecto sobre la incorporación del aire al postre congelado.

Tabla 17. "Overrun" de las Formulaciones

Formulación	% Overrun
Leche 10%	101.13 [a] ±0.30
Suero 10%	103.07 [a] ±3.25
Leche 7%	100.80 [a] ±0.46
Suero 7%	100.72 [a] ±0.71
Leche 3%	98.06 [a] ±1.23
Suero 3%	99.73 [a] ±0.69

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$)

5.4 Análisis de Textura

La textura y el sabor son dos características que busca el consumidor en un postre congelado. Entre los atributos de textura se estudian factores como la dureza, adhesividad, sensación de frío, tamaño de los cristales de hielo y cremosidad, entre otros. Cuando se elaboran postres congelados se debe tener control sobre los diversos parámetros que pueden afectar la textura de los mismos y a nivel industrial es más complejo, ya que se busca reproducir la textura en todos los productos por igual. Los parámetros que mayormente afectan la textura lo son el "overrun", formación de cristales de hielo, la desestabilización de la grasa, la formulación utilizada y la proporción entre la fase de hielo con la fase líquida en la temperatura que se encuentra el postre congelado al momento de su consumo (Muse y Hartel, 2004).

A los postres congelados bajo estudio se le midieron características como dureza y adhesividad a diferentes tiempos de almacenamiento. Todas las formulaciones se analizaron a una temperatura entre -11°C a -10°C para que todas estuvieran en el mismo estado de congelación. Hay diversos estudios que reportan el análisis de textura de mantecados con distintas cantidades de grasa, pero no encontramos resultados de análisis de textura de un postre congelado a base de suero con distintas cantidades de grasa. En la publicación de Young, et al., (1980) y en la patente de Mehta y Paget (2005), solo se reportaron análisis sensoriales de textura

para los postres congelados de suero, por lo que este estudio aporta como es la textura y el comportamiento del postre congelado durante el almacenamiento a diferentes cantidades de grasa.

La dureza de un mantecado se define como la resistencia máxima a deformación cuando se le aplica una fuerza externa, por lo que puede brindar una idea de cuan duro o suave el consumidor puede percibir el mantecado. En cambio la adhesividad se define como el trabajo necesario para poder superar la fuerza de atracción entre la superficie del mantecado con un objeto en contacto. Esta característica refleja la cremosidad del mantecado y la observamos cuando el consumidor ve la atracción entre el mantecado y la cuchara (BahramParvar, et al., 2013). Ambas características de midieron para los postres congelados almacenados 1 día un mes y muestras alternadas entre temperaturas de -15°C y -30°C cada 48 horas por un mes (Buyck, et al., 2011).

Los resultados de dureza y adhesividad para las formulaciones a los diferentes tiempos de almacenamientos, se muestran en la Gráfica 1 y Gráfica 2, respectivamente. En términos de dureza para las muestras almacenadas por 24h, se puede ver que no hubo diferencia significativa ($p<0.05$) entre las muestras de suero y las muestras de leche. Se observó que las formulaciones de suero 10% y suero 7% fueron las de mayor valor de dureza con 301.46g y 275.59g, respectivamente.

Hay que tomar en cuenta que estos postres congelados, no están completamente congelados, ya que solo estuvieron almacenadas a -30°C por 24 horas por lo que no permite que se formen cristales de hielo grandes y tampoco permite que se reduzca la cantidad de agua no congelada. Esto puede ocasionar que por ejemplo las formulaciones almacenadas solo 24h tengan una menor dureza que las muestras almacenadas por un mes en las formulaciones con base de leche. Un factor que pudo ocasionar que la dureza de las formulaciones de suero 10% y suero 7% sean mayores al resto es debido a que son las que mayor cantidad de crema se le añadió para llegar al porciento de grasa requeridos. Roland, et al. (1999), no encontraron diferencia entre la dureza de un mantecado 10% grasa con un mantecado libre de grasa con maltodextrina. Se encontró una dureza de 1.73Kg para el mantecado con 10% grasa y 1.69Kg

para el postre congelado con maltodextrina. Karaca, et al. (2009), tampoco encontraron diferencia en dureza entre un mantecado 10%, un mantecado reducido en grasa con maltodextrina y un mantecado bajo en grasa con maltodextrina. Los resultados que obtuvieron fueron de 25 N para 10% grasa y 21 N para los mantecados reducidos y bajos en grasa. Estos datos son similares a los obtenidos en esta investigación donde no hubo diferencia significativa pero si observamos que la maltodextrina reduce la dureza de los postres congelados.

Los resultados de adhesividad para formulaciones almacenadas 24h mostraron un comportamiento similar a la dureza donde no se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) entre las formulaciones de leche y suero. Las formulaciones con mayor adhesividad fueron las de suero 10% y suero 7% con -61.77g y -57.09g, respectivamente. Entre las otras formulaciones la adhesividad se encontró entre -48.27g a -41.87g. Esto indica que para las formulaciones almacenadas a 24h, la maltodextrina funcionó como sustituto de grasa ya que no se vio afectada ni la dureza ni la adhesividad.

Se esperaba que las formulaciones con menos cantidad de grasa obtuvieran una mayor dureza. Este no fue el caso en todo el experimento ya que a medida que disminuía la grasa, menor era la dureza. Uno de los factores que pudo contribuir a la disminución en la dureza era el aumento en los carbohidratos en las formulaciones. Una mayor cantidad de carbohidratos reducen la recristalización y formación de cristales durante el almacenamiento. Una mayor cantidad de azúcar ocasiona que haya menos agua disponible para congelación ya que se va a encontrar en una solución concentrada con menor punto de congelación (Goff y Hartel, 2004) y esto ocasiona que al tomar la medida haya menos hielo formado en la muestra.

Durante el almacenamiento ocurrieron varios cambios en la estructura de los postres congelados ocasionando cambios en dureza y adhesividad entre los almacenamientos y esto se puede observar en la Gráfica 1 y Gráfica 2. Estos cambios ocurrieron específicamente en la dureza de los tratamientos tanto para el almacenamiento durante un mes como en el almacenamiento con cambios de temperatura por un mes. Entre los resultados que se obtuvieron para las formulaciones de suero se observó una disminución en los valores de dureza y de

adhesividad. En cambio las formulaciones a base de leche aumentaron su dureza y su adhesividad durante el almacenaje.

En los resultados de dureza, en las formulaciones con un mes de almacenamiento, se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) entre las formulaciones de suero y las formulaciones de leche. Entre las formulaciones de suero no hubo diferencia significativa. Aunque los valores de las formulaciones de suero disminuyeron en comparación a las muestras de 24h, no hubo diferencia significativa entre almacenamiento de 24h y de un mes al compararlas con las formulaciones de suero y leche. En cambio en las formulaciones de leche se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) entre ellas, siendo leche 10% la de mayor dureza con 1157.89g y las formulaciones de leche 7% con 663.10g y leche 3% con 601.79g. Al compararse las formulaciones de leche entre 24h y 1 mes, se encontró diferencia significativa entre ellas y diferencia con las de suero. Se observó un aumento en los valores de dureza para todas las formulaciones de leche en un mes de almacenamiento.

El mismo comportamiento se encontró con la adhesividad donde hubo diferencia significativa entre suero y leche. No se encontró diferencia significativa entre las formulaciones de suero donde tuvieron valores más bajos de entre -34.76g a -43.66g. En las formulaciones de leche si hubo diferencia entre leche 10% y leche 3% pero leche 7% no presentó diferencia estadística con la de leche 10% y leche 3%. Al compararse la adhesividad entre formulaciones almacenadas 24h a las almacenadas por un mes, se encontró que hubo diferencia significativa entre las formulaciones de leche, debido a un aumento en la adhesividad después de 1 mes de almacenadas. En cambio en las formulaciones de suero, aunque se observó una disminución en la adhesividad, en las formulaciones almacenadas por un mes no se encontró diferencia significativa entre las formulaciones de suero 7 y 10% y las formulaciones de leche y suero almacenadas 24h. Se encontró diferencia entre la formulación de suero 3% almacenada por 1 mes y a la de suero 10% almacenada por 24h.

Las diferencias en dureza entre las muestras almacenadas por 24h y las almacenadas por un mes fue de: suero 10% de 301.46g a 135.08g, suero 7% de 275.59g a 171.63g, suero 3% de 186.23g a 124.10g. En las formulaciones de leche fueron: leche 10% de 169.27g a 1157.89g,

leche 7% de 151.84g a 663.10g y leche 3% de 191.42 a 601.79g. Existen diversos factores que pudieron ocasionar la disminución en la dureza en las formulaciones de suero y el aumento de dureza en las formulaciones de leche al igual de por qué se reduce la adhesividad en las formulaciones de suero y aumenta en las formulaciones de leche. Goff y Hartel (2004) establecen, que la textura de un mantecado se puede ver afectada por la disminución del punto de congelación, el núcleo de hielo que se forma durante el congelamiento, la recristalización y tamaño del cristal de hielo, la falta de caseína o baja cantidad de proteínas y la actividad de las proteínas en la mezcla del mantecado. Chang, et al. (1995), menciona que los micelos de caseína que se forman en el mantecado promueven características importantes en el mantecado.

Las causas de que las formulaciones de suero hayan reducido su dureza y no aumentado como en el caso de leche se puede deber a un conjunto de factores antes mencionados. Entre estos factores está que como a las mezclas de las formulaciones de suero se le añade más leche en polvo para aumentar los sólidos, esto ocasiona que se aumente la cantidad de lactosa y de sales en la mezcla ocasionando que disminuya el punto de congelación. Esto significa que a la temperatura en la que fue tomada la medida de dureza hay una menor cantidad de agua congelada, del 72% que se supone que esté congelado, por lo que hay menos hielo y más cantidad de agua concentrada con los solutos no congelados, disminuyendo así la textura. La disminución del punto de congelación también va a ocasionar que no se promueva una gran cristalización de hielo mientras se congela la muestra en el freezer en movimiento, por lo que crea un núcleo de hielo que promueve cristales de hielo más pequeños. En las formulaciones de suero al añadir la leche en polvo se reduce la cantidad de agua al hidratar los sólidos. Además, las proteínas de suero desnaturalizadas que están en mayor concentración que en las mezclas con leche, pueden crear un gel que reduce la cantidad de agua.

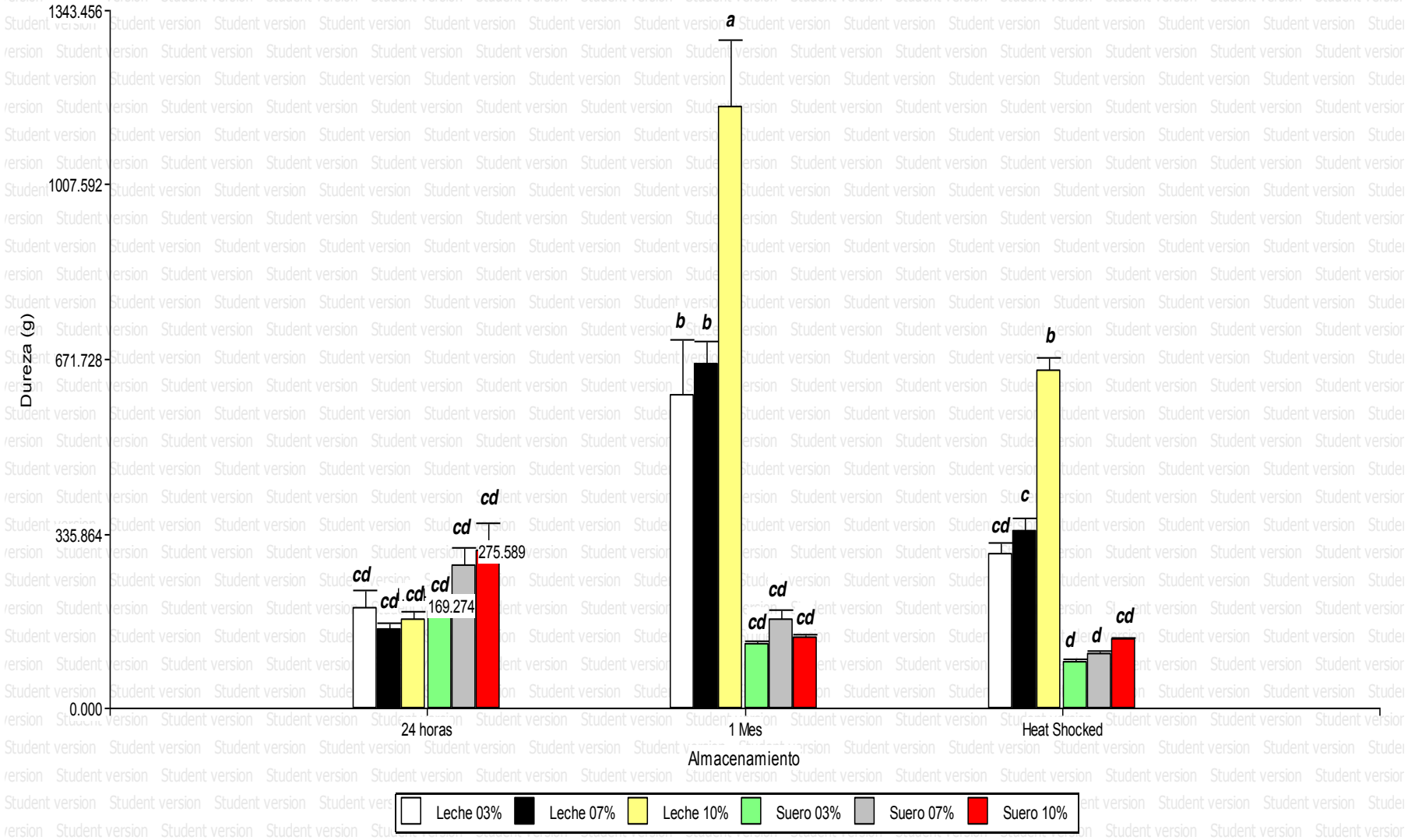
También existe la posibilidad que la falta de caseína y baja cantidad de proteínas puede ocasionar que no haya una emulsión estable por lo que puede promover una separación de fases, reduciendo así la dureza en la superficie. Esta falta de proteínas ocasiona que el postre congelado tenga un cuerpo que se desmorona con facilidad ocasionando una menor adhesividad. Tomando esta misma teoría, como las mezclas con leche tienen una mayor cantidad de proteínas y mayor cantidad de caseína, se crea una emulsión más estable promoviendo una cristalización en una

misma fase por lo que aumenta la dureza de estos postres congelados. La adhesividad aumenta ya que la caseína incrementa la viscosidad en la fase sin congelar promoviendo la cremosidad a una temperatura de -11°C (Marshall, et al., 2003).

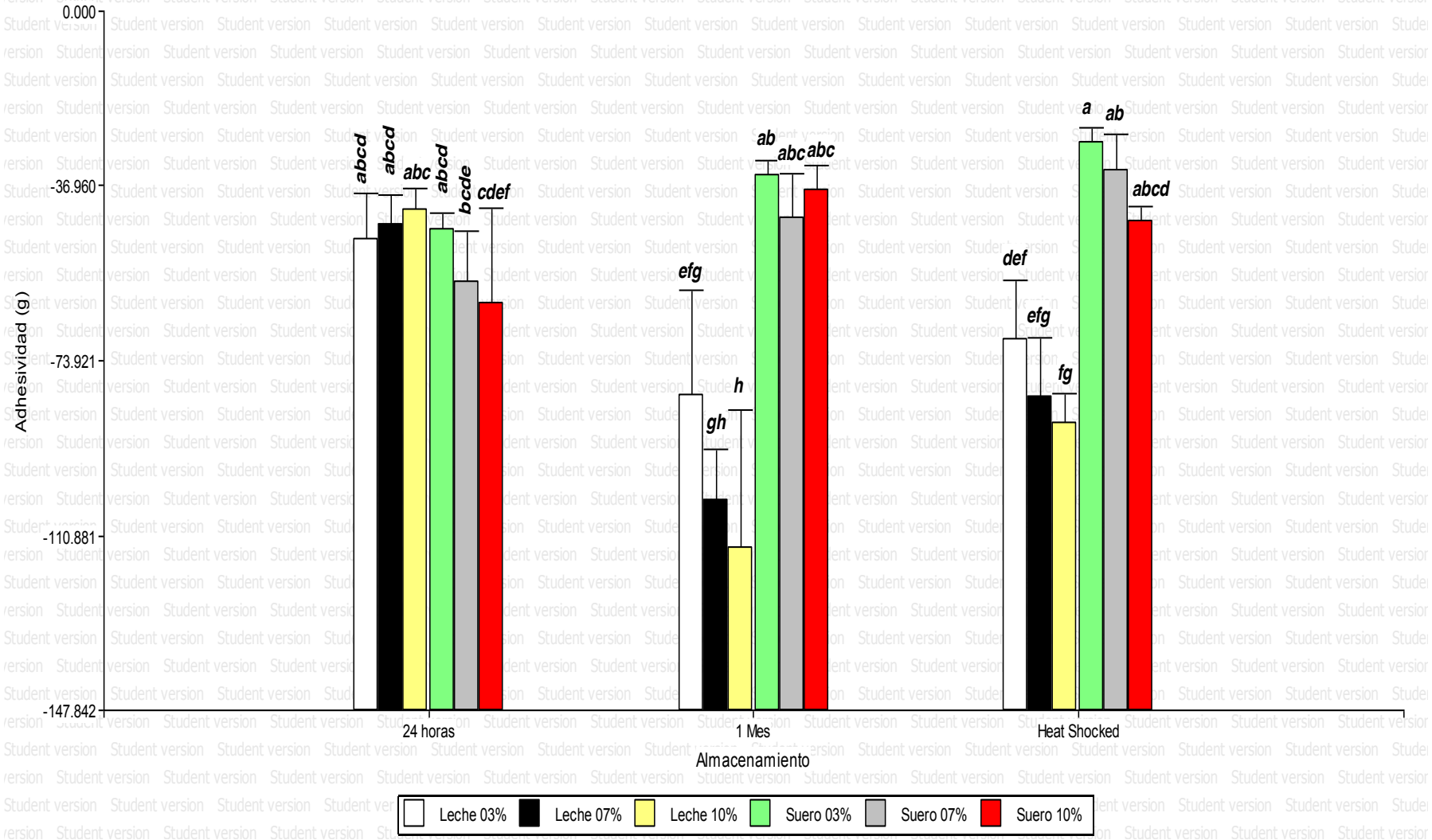
El mismo comportamiento se observó en las muestras con cambios de temperatura "Heat Shocked". Aquí se encontró una dureza mucho menor en las formulaciones de suero y también se redujo la dureza en las formulaciones de leche debido a que los cambios de temperatura no promovieron a que se crearan más cristales de hielo manteniéndose la mayoría del agua en la fase acuosa concentrada con solutos a la temperatura que se tomaba la medida. En los resultados estadísticos de dureza se encontró diferencia significativa entre las formulaciones de leche 3% y 7% con leche 10% como se observó en las muestras almacenadas por un mes. La formulación de leche 3% no tuvo diferencia estadística con las formulaciones de suero y la formulación de leche 7% no tuvo diferencia significativa con la formulación suero 10%. Las formulaciones de suero no tuvieron diferencia significativa entre ellas ni tampoco tuvieron diferencia significativa entre las formulaciones de leche y suero almacenadas por 24h ni las de suero almacenadas por un mes. Las formulaciones de leche 3% y 7% no tuvieron diferencia significativa entre las formulaciones de suero almacenadas 1 mes ni las formulaciones de suero y leche almacenadas por 24h. La formulación de leche 10% no tuvo diferencia significativa con las formulaciones de leche 3% y 7% almacenadas por un mes.

En la adhesividad se encontró diferencia significativa entre las formulaciones de suero y las formulaciones de leche. Las formulaciones de suero no tuvieron diferencia entre ellas ni tampoco se encontró diferencia significativa con las formulaciones de suero almacenadas por un mes y las formulaciones de leche almacenadas 24h. Debido a la disminución en adhesividad hubo diferencia estadística entre la formulación de suero 3% con suero 7% y 10% almacenadas por 24h. En las formulaciones de leche no se encontró diferencia significativa entre ellas. Las formulaciones leche 7% y 10% no tuvieron diferencia significativa entre las formulaciones de leche 3% y 7% almacenadas por un mes.

Se observó que el uso de suero puede afectar tanto la dureza como la adhesividad durante el tiempo de almacenamiento y esto se debe a los factores antes explicados. Se observó que la maltodextrina ocasiona que disminuya la dureza pero hay que estudiar si es de una manera positiva o negativa ya que se debe estudiar si se percibe la textura como la de un mantecado regular y no con una estructura débil. Se encontró que los cambios de temperatura durante el almacenamiento afecta las formulaciones a base de leche donde disminuye la dureza y la adhesividad comparados al estar almacenado constantemente a una temperatura.



Gráfica 1. Efecto del % de Grasa y el Tiempo de Almacenaje en la Dureza de los Postres Congelados
Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05)



Gráfica 2. Efecto del % de Grasa y el Tiempo de Almacenamiento en la Adhesividad de los Postres Congelados

Medias designadas con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

5.5 Reología

La viscosidad se define como la resistencia de un fluido a fluir y su medida es dependiente de la temperatura (Toledo, 2007). La viscosidad se utiliza en los alimentos para poder medir el comportamiento del fluído como medida de control de calidad para tener una idea de cómo manejarlo y las propiedades finales del producto. La viscosidad es medida con un viscosímetro y con esta medida se pueden calcular distintas propiedades reológicas del fluído. Los fluídos se dividen en dos grupos, los fluídos Newtonianos que son aquellos que tienen un comportamiento similar al agua y que su viscosidad es independiente de la razón de flujo, luego están los fluidos No-Newtonianos los cuales tienen características diferentes al agua y no tienen una relación lineal entre la razón de rozamiento y la tensión de rozamiento (Toledo, 2007). Los fluidos No-Newtonianos a su vez se dividen en dos grupos, los fluidos dilatantes y los fluidos pseudoplásticos, ambos con un comportamiento diferente.

Para poder determinar las características de un fluído No-Newtoniano se utilizó la ecuación "Power Law". La ecuación se define como: $\tau = K(\dot{\gamma})^n$. Donde la n es el índice de comportamiento y k es el índice de consistencia. El índice de comportamiento nos indica qué tipo de fluído es, cuando n=1 es un fluído Newtoniano, si tiene un valor diferente a 1 es un fluido No-Newtoniano. Aquellos fluidos que tengan un valor de $n<1$ se le consideran fluidos pseudoplásticos, en cambio aquellos con un $n>1$ se le consideran fluidos dilatantes. El índice de consistencia en cambio es una medida que nos dice cuan espeso es el fluído (Akalin, et al., 2008).

La viscosidad es un parámetro de calidad que se mide en las mezclas de mantecados para obtener consistencia en las propiedades del mantecado. La viscosidad en las mezclas de mantecado tiene un efecto positivo en la textura y el tiempo en derretir del mantecado pero tiene un efecto negativo en la incorporación del aire. La viscosidad de la mezcla va a depender de la cantidad de grasa, el estabilizante utilizado y su cantidad, calidad de los ingredientes, método de preparación de la mezcla y el total de sólidos totales (Kaya y Tekin, 2001; Hagiwara y Hartel, 1996).

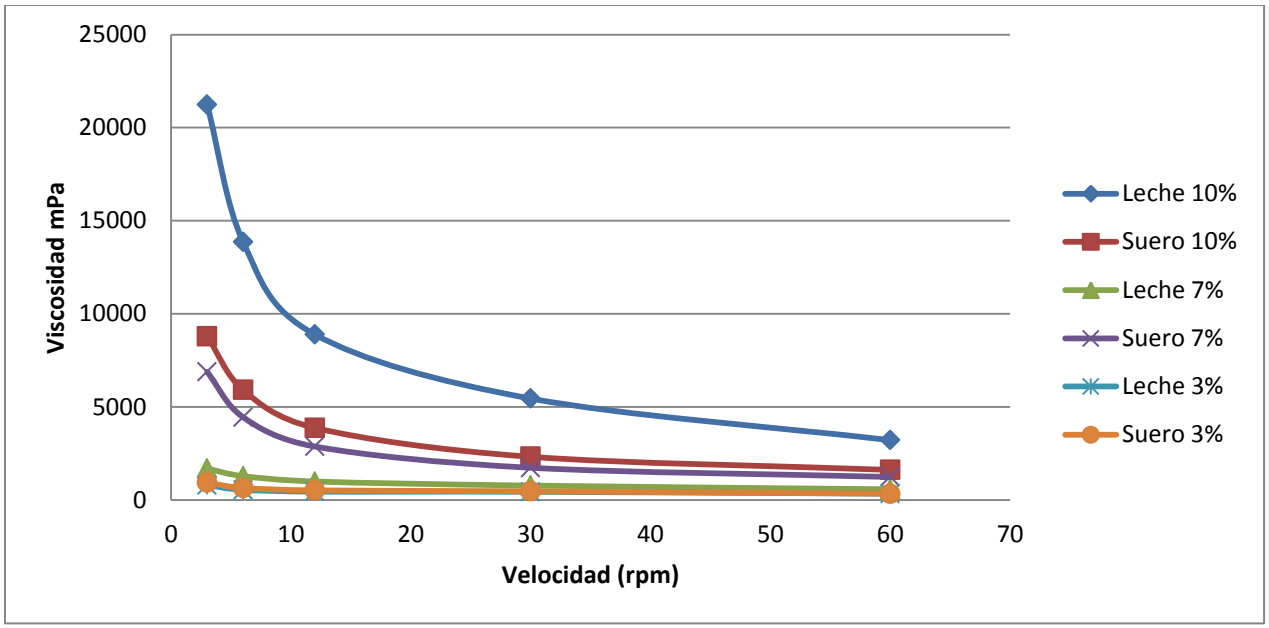
Los valores obtenidos del índice de comportamiento y el índice de consistencia se muestran en la Tabla 18. Se puede ver que todas las formulaciones obtuvieron un valor de n<1 (estuvieron entre 0.39-0.76) por lo que se consideran fluidos No-Newtonianos, pseudoplásticos. Esto era de esperarse ya que los fluidos pseudoplásticos a medida que aumenta la velocidad de rozamiento va disminuyendo su resistencia a fluir (viscosidad). Se observó en el viscosímetro rotacional que a mayor revolución menor era su viscosidad como se muestra en la Gráfica 3.

Tabla 18. Valores de los índices de comportamiento (n) y de consistencia (k) para cada tratamiento

Formulación	Valor n	Valor K (Pa.s)
Leche10%	$0.39^{c} \pm 0.05$	$29.37^{a} \pm 15.31$
Suero 10%	$0.44^{bc} \pm 0.03$	$10.82^{ab} \pm 4.02$
Leche 7%	$0.66^{abc} \pm 0.06$	$1.65^{b} \pm 0.67$
Suero 7%	$0.44^{bc} \pm 0.06$	$8.42^{ab} \pm 4.18$
Leche 3%	$0.76^{a} \pm 0.08$	$0.67^{b} \pm 0.09$
Suero 3%	$0.71^{ab} \pm 0.12$	$0.81^{b} \pm 0.28$

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (p<0.05)

En los valores del índice de comportamiento (n) no se encontró diferencia estadística (p<0.05) entre suero o leche a la misma cantidad de grasa, pero se observó diferencia a medida que disminuye la grasa. Se encontró que a medida que disminuye la grasa más se va acercando la mezcla a ser un fluido Newtoniano. Karaca, et al. (2009), encontró valores de n entre 0.40-0.47 lo cual están en el rango de fluido pseudoplástico como en esta investigación. Cabe destacar que puede haber diferencia entre los datos obtenidos en su investigación con esta ya que se utilizaron estabilizantes diferentes. En los valores del índice de consistencia tampoco se encontró diferencia significativa (p<0.05) entre leche y suero a las mismas cantidades de grasa, pero sí se observó diferencia a medida que disminuyó la cantidad de grasa, obteniendo un valor más bajo a medida que disminuía. Los valores más altos se obtuvieron en las formulaciones con 10% grasa las cuales fueron las muestras más viscosas, como se muestra en la Tabla 19.



Gráfica 3. Medidas de Viscosidad a las Diferentes Revoluciones por Minuto

Para poder comparar la viscosidad entre las formulaciones se tomó como viscosidad aparente las medidas tomadas en el viscosímetro rotacional a 30 revoluciones por minuto (Akalin et al., 2008). En la viscosidad aparente sí se encontró diferencia estadística ($p<0.05$) entre leche y suero 10% grasa. Se encontró que la formulación de leche obtuvo una viscosidad mayor, en leche 10% fue 5451.67mPa y en suero 10% fue de 2321.67mPa. No se encontró diferencia entre las formulaciones de suero y leche a 7% grasa y 3% grasa. Se encontró que la maltodextrina no tiene el mismo efecto en la viscosidad que la crema de leche (fuente de grasa) ya que a medida que disminuyó la grasa y aumentó la maltodextrina, menor fue la viscosidad de la formulación.

Tabla 19. Viscosidad aparente a 30rpm para los diferentes tratamientos

Formulación	Viscosidad (mPa) a 30rpm
Leche 10%	5451.67[a]
Suero 10%	2321.67[b]
Leche 7%	776.67[cd]
Suero 7%	1733.33[bc]
Leche 3%	441.67[d]
Suero 3%	470.00[d]

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$)

5.6 Análisis de "Melting Rate"

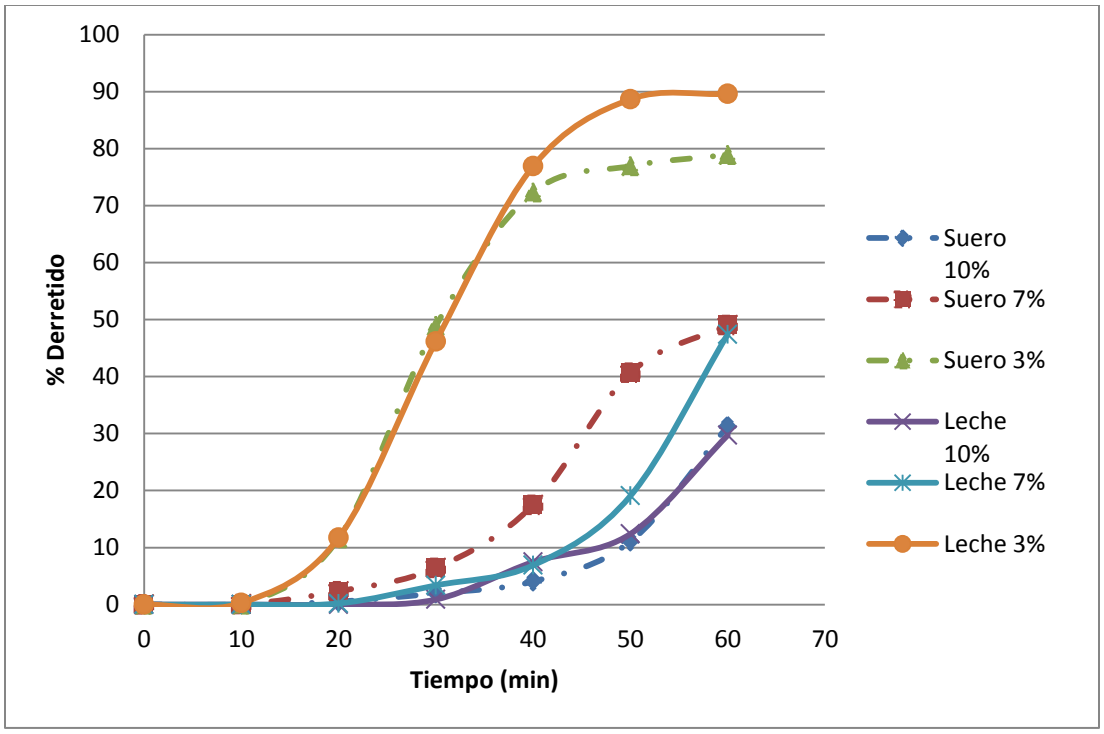
Al igual que la textura, la manera en que se derrite el mantecado depende de los cristales de hielo, la incorporación del aire y la grasa presente. Los factores que más afectan el derretimiento es la cantidad de aire que se incorpora, cómo se crea la red de grasa y cómo se forma el cristal de hielo. Es por esto que el "overrun" y los emulsificantes juegan un papel muy importante en cómo se derrite el mantecado (Muse y Hartel, 2004). A mayor cantidad de grasa más tiempo tarda en derretir, ya que primero comienza a derretirse el hielo y la cantidad de grasa retarda que se derritan los cristales manteniendo la estructura por más tiempo.

Se midió el porciento de los postres congelados que se va descongelando en un periodo de 60 minutos en un colador, a una temperatura de entre 23-24°C. Se midió cómo se afecta el descongelamiento por cantidad de grasa, el uso de suero o de leche y el almacenamiento. La comparación de los resultados se observa en la Tabla 20.

Tabla 20. Efecto del porcentaje de grasa y el almacenamiento en el porciento derretido de postre congelado en un periodo de 60 minutos

% Grasa	Almacenamiento	Leche	Suero
10%	24h	29.71%^{g}	31.28%^{fg}
	1 Mes	56.03%^{de}	66.12%^{bcd}
	"Heat Shocked"	54.45%^{de}	60.34%^{cde}
7%	24h	47.42%^{ef}	49.04%^{e}
	1 Mes	61.54%^{cde}	59.29%^{cde}
	"Heat Shocked"	60.39%^{cde}	52.92%^{de}
3%	24h	90.44%^{a}	78.92%^{ab}
	1 Mes	88.91%^{a}	74.50%^{abc}
	"Heat Shocked"	84.70%^{a}	80.24%^{ab}

Medias con la misma letra no tienen diferencias significativas ($p<0.05$).



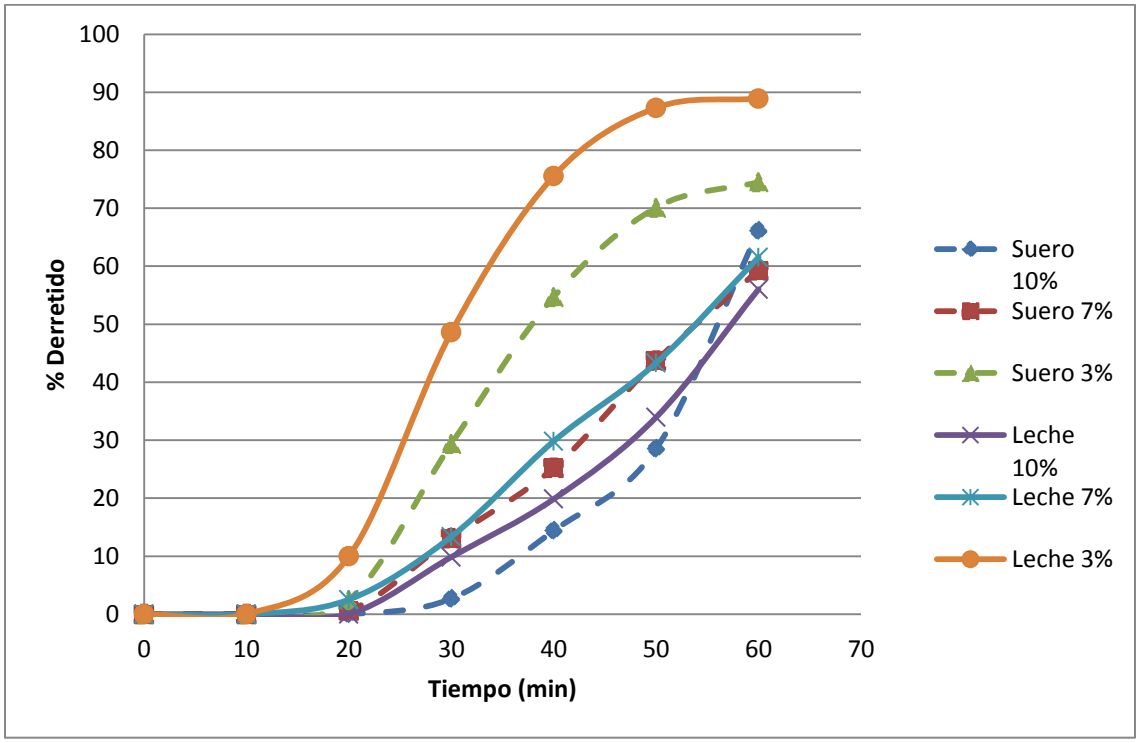
Gráfica 4. Porciento de Postre Congelado Derretido en 60 Minutos para Formulaciones Almacenadas 24h a -30°C.

El comportamiento de la capacidad de fusión y las formulaciones almacenadas por 24h se observa en la Gráfica 4. Se observa que a los primeros 10 minutos ninguna muestra empieza a derretirse pero luego de los 20 minutos se observó que las formulaciones de suero y leche 3% grasa comenzaron a derretirse en mayor cantidad que las demás. Se encontró diferencia significativa ($p<0.05$) en cuanto a la cantidad de grasa, teniendo diferencia las formulaciones de 3%, 7% y 10%. Se observó que no hubo diferencia significativa entre formulaciones de leche y suero a la misma cantidad de grasa. Esto nos dice que la maltodextrina no ayuda en la resistencia del postre congelado a derretir y que no se afecta el postre congelado por utilizar leche o suero.

Datos similares reportaron Roland, et al. (1999), en donde obtuvieron que 45g de un mantecado 10% grasa se tarda en derretir más que un postre congelado sin grasa con maltodextrina como sustituto. El mantecado con10% grasa le tomó 58.0min en derretirse y el mantecado elaborado con maltodextrina le tomó 24.9min en derretirse. Karaca, et al. (2009), encontró que un mantecado con 10% grasa derretía a 1.54g/min, la reducida en grasa con maltodextrina derretía a 1.17g/min y el mantecado bajo en grasa con maltodextrina derretía a

1.68g/min. Dicha investigación encontró que la formulación reducida en grasa derretía menos que la muestra 10% grasa, dato que difiere con lo encontrado en esta investigación. Pero se espera que a menor cantidad de grasa menos resistencia tenga el postre congelado a derretirse.

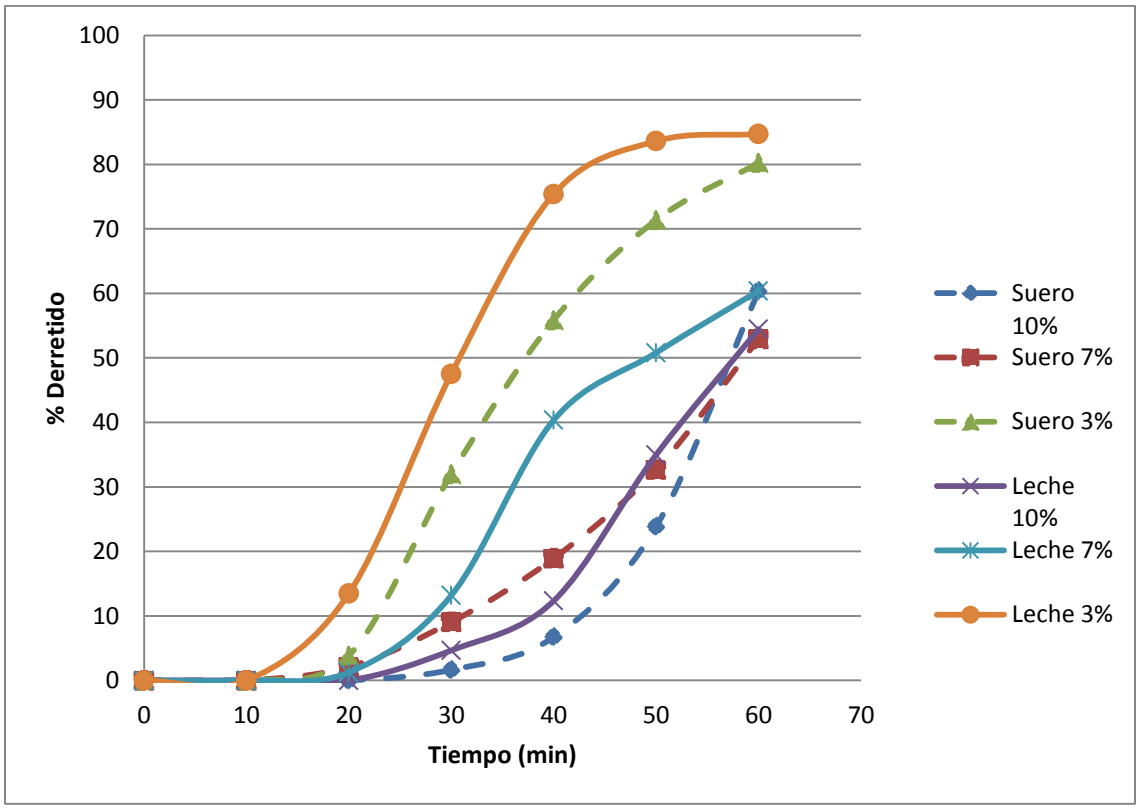
En el almacenaje durante un mes sí se encontró diferencia en el comportamiento de cómo derriten los postres congelados. El comportamiento de estas se muestra en la Gráfica 5. Se ve que al igual que en las formulaciones almacenadas por 24h, estas comienzan a derretirse a los 20 minutos pero con mayor rapidez las formulaciones que contienen 3% grasa.



Gráfica 5. Porciento de Postre Congelado Derretido en 60 Minutos para Formulaciones Almacenadas 1Mes a -30°C.

Se observó un aumento en la cantidad de derretido de las formulaciones de leche y suero 7% y 10% en comparación al almacenamiento de 24h. Se encontró que no hubo diferencia significativa entre la cantidad que se derrite entre las formulaciones de leche y suero 7% y 10%. La formulación de leche 3% no tuvo diferencia significativa con suero 3% pero si tuvo diferencia con los demás tratamientos, contrario a leche 3% que solo tenía diferencia con leche 10%. Se observó un aumento en la cantidad que derrite la formulación de 10% en comparación a la

formulación almacenada 24h, el cual se puede deber a que durante el mes van creciendo cristales de hielo y más agua pasa de la fase concentrada a la formación de hielo. Se encontró que el almacenamiento de un mes afectó la cantidad que se derrite de postre congelado en 60 minutos para las formulaciones de leche y suero 10% pero no demostró efecto en las formulaciones de suero y leche 3% y 7%.



Gráfica 6. Porciento de Postre Congelado Derretido en 60 Minutos para Formulaciones Almacenadas 2en Cambios de Temperatura a -30°C.

El comportamiento en cambios de temperatura por un mes se encuentra en la Gráfica 6. Se observó un comportamiento similar a las formulaciones almacenadas por un mes. No se encontró diferencia entre las formulaciones de suero 3% y leche 3%, como tampoco diferencia significativa entre las formulaciones de leche y suero 7% y 10%. No se encontró diferencia entre almacenamientos para las formulaciones de leche y suero 3%. Esto indica que el porciento que derrite las formulaciones 3% grasa no se ve afectado por el tipo de almacenamiento, pero son las más rápido que derriten y en mayor cantidad. Lo mismo se encontró con las formulaciones 7%

grasa donde no hubo diferencia significativa entre el almacenamiento y la cantidad que derritieron, tanto para suero como para leche.

Las formulaciones de 7% grasa no tuvieron diferencia significativa con las formulaciones de 10% grasa almacenadas 1 mes y con cambios de temperatura. Esto indica que la maltodextrina funcionó a un 3% de sustitución de la grasa en la resistencia a derretir de los postres congelados después de un almacenamiento de un mes. Las formulaciones que más se vieron afectadas fueron las de 10% grasa donde el almacenamiento por 1 mes y los cambios en temperatura ocasionaron que aumentara el porciento que derrite el postre congelado.

Se encontró que las formulaciones de suero y leche no presentan diferencias en el comportamiento en la manera que derriten, pero estas derriten más rápido a medida que disminuye la cantidad de grasa. Se encontró que en el almacenamiento de un mes, las formulaciones con una sustitución de grasa a 3% maltodextrina se comportan similar a las de las formulaciones con 10% grasa. Esto nos indica que un 3% de sustitución de la grasa con maltodextrina no va a tener cambios en como derrite luego de un almacenamiento de un mes. Se encontró que cuando se sustituye la maltodextrina a un 7% de la grasa no ayuda a la resistencia a derretir.

5.7 Analisis Sensorial

En los postres congelados, el consumidor busca generalmente que el producto tenga buena textura y buen sabor. Como se discutió en la revisión literaria, actualmente los postres congelados que son bajos en grasa presentan problemas tanto de sabor como textura. Estos problemas se deben mayormente a que la grasa es fundamental en el transporte del sabor al paladar y en darle propiedades a la textura. Mediante un panel sensorial, se pueden evaluar diferentes atributos y obtener una idea de cómo el consumidor percibe estos atributos del alimento (Meilgaard, et al., 1999[b]).

En las dos pruebas realizadas se midieron los atributos de textura y sabor en general. Estos atributos se midieron utilizando la prueba “Just about right” en donde se busca si el participante encuentra el atributo a medir de una manera justa, por debajo de lo esperado o por

encima de lo esperado (Meilgaard, et al., 1999[a]). Esta prueba trae la incertidumbre de que hay mucha variabilidad de lo que es justo para la persona y es por esto que la prueba se tiene que realizar con la mayor cantidad de personas posibles. Para la prueba de textura participaron 64 panelistas y en las prueba de sabor participaron 70 panelistas. Debido a la alta cantidad de panelistas no se dio adiestramiento si no que solo se explicó la hoja de evaluación y el atributo a medir. En estos paneles la puntuación en la escala era 1- muy por debajo de lo esperado, 3- en su punto y 5- muy por encima de lo esperado.

La puntuación promedio para la prueba de textura se muestra en la Tabla 21. Cabe destacar que al ser una prueba de textura en general los panelistas otorgaron la puntuación por dureza, cremosidad, gomosidad y cristales de hielo que encontraron en el postre congelado, por lo que no se puede comparar directamente con el análisis instrumental que se le realizó de dureza a los postres congelados. Los panelistas no encontraron diferencia ($p<0.05$) entre las fórmulas de leche 10%, suero 3%, leche 3% y leche 7%, con puntuaciones entre 2.81 y 3.30. No hubo diferencia significativa entre las fórmulas de suero 10% y suero 7% con las puntuaciones más altas entre 3.72 y 4.05, respectivamente. La fórmula suero 7% obtuvo diferencia entre las demás formulaciones pero la formulación de suero 10% no tuvo diferencia con las formulaciones de leche 3% y 7%.

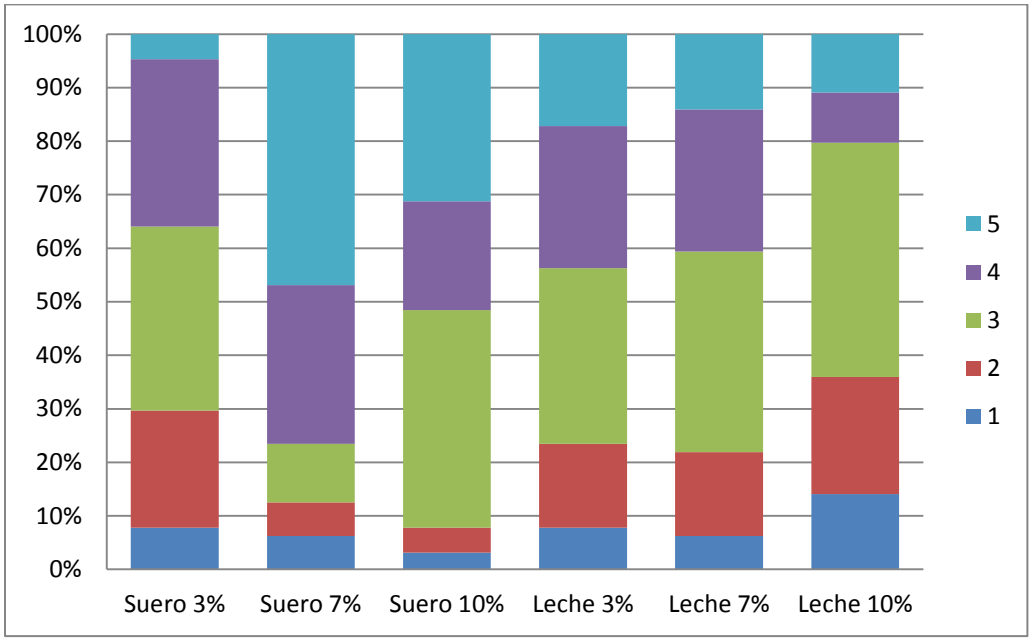
Se encontró que en general los panelistas catalogaron los postres congelados en su punto o por encima de lo esperado. La única formulación con una puntuación por debajo de lo esperado fue la formulación de leche 10% y asumimos por los comentarios recibidos que encontraron la muestra muy dura. Esto se pudo deber a que como es el que más tarda en comenzar a derretir al salir del congelador, el panelista la encontró dura. En cuanto a las formulaciones de suero 10% y suero 7% que fueron las de mayor puntuación, los panelistas las encontraron con la mejor textura y muy cremosas. Estas formulaciones fueron las de mayor adhesividad en la prueba del texturómetro. Una de las razones por las que esto pudo ocurrir es que, como son muestras con mayor cantidad de sólidos que aumentan la viscosidad de la parte líquida en el postre congelado, esto ocasiona que las personas lo perciban de manera cremosa. El suero 3% no tuvo una puntuación alta ya que lo encontraron un poco áspero. Mediante estos datos se puede ver que la maltodextrina funcionó en la textura como un buen remplazo de la grasa ya que los panelistas

evaluaron las muestras con maltodextrina en su punto. Se encontró que las personas tuvieron preferencia en la textura de las formulaciones de suero como se puede ver en la distribución del puntaje en la Gráfica 7.

Tabla 21. Puntuación promedio de prueba "Just About Right"en textura

Formulación	Total de la columna	Promedio	Panelistas
Leche 10%	180	$2.81^{a} \pm 1.30$	64
Suero 10%	238	$3.72^{bc} \pm 1.12$	64
Leche 7%	211	$3.30^{ab} \pm 1.10$	64
Suero 7%	259	$4.05^{c} \pm 1.41$	64
Leche 3%	211	$3.30^{ab} \pm 1.35$	64
Suero 3%	194	$3.03^{a} \pm 1.04$	64

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$)



Gráfica 7. Distribución de Puntuación para Análisis Sensorial de Textura

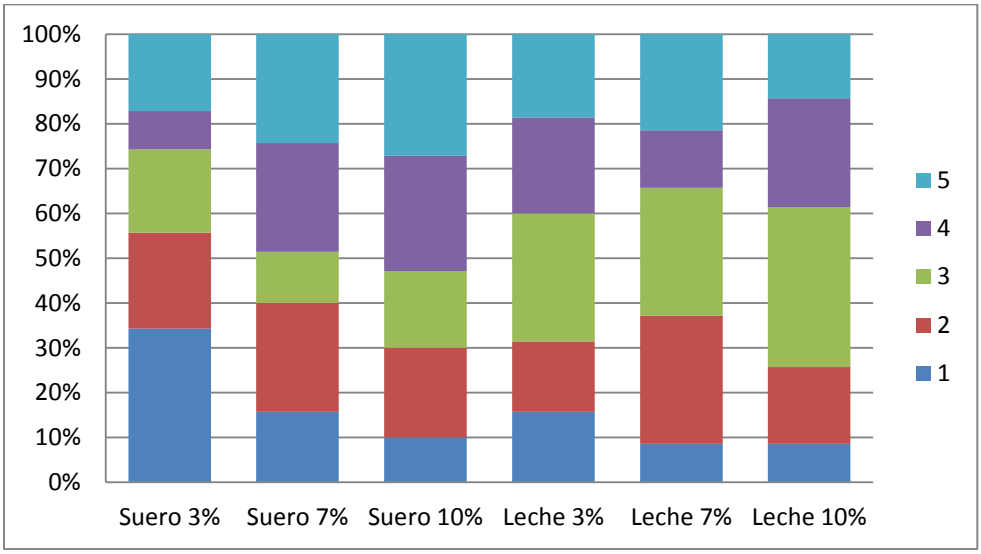
En términos de sabor, los panelistas no encontraron diferencia significativa ($p<0.05$) entre los tratamientos como se muestra en la Tabla 22 y la distribución de la puntuación se puede

observar en la Gráfica 8. Las puntuaciones estuvieron entre 2.53 a 3.40, siendo la puntuación más baja el suero 3% y la más alta el suero 10%. Se encontró que las personas catalogaron como sabor justo en todas las muestras menos la de suero 3%.

Tabla 22. Puntuación promedio de prueba "Just About Right"en sabor

Formulación	Total de la columna	Promedio	Panelistas
Leche 10%	223	$3.19^{a} \pm 1.31$	70
Suero 10%	238	$3.40^{a} \pm 1.80$	70
Leche 7%	217	$3.10^{a} \pm 1.62$	70
Suero 7%	222	$3.17^{a} \pm 2.08$	70
Leche 3%	218	$3.11^{a} \pm 1.75$	70
Suero 3%	177	$2.53^{a} \pm 2.16$	70

Medias designadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($p<0.05$)



Gráfica 8. Distribución de Puntuación para Análisis Sensorial de Sabor

Según los comentarios, algunos panelistas encontraron la formulación de suero 3% con un sabor ácido, mucho sabor a leche o con poco sabor. Era de esperarse que las formulaciones de mayor puntuación fueran las de leche 10% y suero 10% ya que a mayor cantidad de grasa mejor

percepción se tiene del sabor. Esto se demostró ya que se le catalogaron con mucho sabor a vainilla o buen sabor. En esta prueba se encontró también una muy buena efectividad en la maltodextrina como sustituto de grasa ya que las formulaciones de 7% grasa y la formulación de leche 3% se encontraron con buen sabor. El suero funcionó como buen sustituto de la leche ya que también los panelistas, al igual que en la textura, le dieron mayor valor a las muestras con suero. La única formulación que no gusto mucho fue la de suero 3%.

En la investigación de Young, et al. (1980), se encontraron datos muy similares aunque hay que señalar que las formulaciones de esta investigación se elaboraron con suero hidrolizado (menor cantidad de lactosa) y no se utilizaron remplazos de grasa. En dichos resultados, en la prueba al consumidor no encontraron preferencia entre un postre congelado con suero al 10% y un mantecado al 10% de grasa, aunque los resultados fueron 370 a 343 a favor del suero. En el análisis sensorial utilizando panelistas expertos, no encontraron diferencia para muestras almacenadas una semana para sabor y textura, aunque también señalaron que las formulaciones que contenían suero se encontraban un poco ásperas, textura similar a la que se comentó en esta investigación en la formulación suero 3%.

En otras investigaciones donde utilizaron maltodextrina, Karaca, et al. (2009), los investigadores no encontraron diferencia en textura entre las muestras de 10% grasa, reducida en grasa con maltodextrina y baja en grasa con maltodextrina. En términos de sabor sí encontraron que a medida que reducía la cantidad de grasa disminuía la puntuación del sabor, teniendo diferencia entre la muestra control de leche 10% grasa con las muestras reducidas y bajas en grasa. Roland, et al. (1999), realizó una comparación entre un mantecado 10% grasa con un postre congelado libre de grasa con maltodextrina. En su análisis sensorial encontró que las muestras con maltodextrina tenían más sabor a leche en polvo, eran más dulces y tenían menor sabor a vainilla. En esta investigación se encontró que las muestras con más grasa tenían un sabor más pronunciado vainilla pero los panelistas no comentaron encontrar diferencia en la dulzura. Si se comentó que a la muestra de suero 3% se le notaba un sabor más pronunciado a leche.

6. Conclusión

En esta investigación se elaboraron diferentes postres congelados a base de suero y con maltodextrina como sustituto de grasa, para ver cómo comparan las propiedades físico-químicas con las de un mantecado regular 10% grasa. Se realizaron tres tipos diferentes de postres congelados con suero, 10% grasa (0% maltodextrina), 7% grasa (3% maltodextrina) y 3% grasa (7% maltodextrina). Estos se compararon con grupos controles a base de leche con las mismas cantidades de grasa.

Este trabajo demuestra que la elaboración de postres congelados es factible utilizando suero ácido. Estas formulaciones se elaboraron utilizando entre 60.5%-64.5% de suero en la composición total de la mezcla, lo que permitiría reducir considerablemente la cantidad de suero que se desecha al ambiente. El suero dulce no se pudo utilizar por problemas con la renina aun activa durante la elaboración de las mezclas y falta de equipo para pasteurizar el suero a 72°C por 15 segundos y desactivar la renina.

El pH del suero y la leche al ser diferentes ocasionaron que el pH de las mezclas de los postres congelados de leche sea diferente al de las mezclas de suero. El suero se neutralizó a un pH 6.5 por lo que las mezclas disminuyeron a 6.4 debido a los azúcares. La leche al estar en pH 6.7, en las mezclas el pH disminuyó a 6.5. El ir aumentando la cantidad de maltodextrina en las mezclas a medida que disminuía la grasa no tuvo efecto en el pH.

Todas las mezclas resultaron en los sólidos totales que se calcularon entre 37-38% y a la cantidad de grasa calculada de 3%,7% y 10%. El uso de suero en las mezclas ocasionó que aumentara la cantidad de ceniza y la cantidad de lactosa, pero disminuyó la cantidad de proteína. Estos cambios ocasionaron que las mezclas con suero fueran diferentes a las de leche en términos de ceniza, lactosa y proteína. Estos tres factores les brindaron cambios que afectaron otras propiedades como textura, adhesividad y derretimiento. Los carbohidratos de las mezclas aumentaron a medida de que disminuyó la grasa debido al aumento en maltodextrina.

Todas las mezclas fueron llevadas a una incorporación de aire entre 98% a 103%, donde no presentaron diferencia entre ellos. Esto ayudó a que el aire no fuera un factor de diferencia en cuanto a textura y el tiempo que se tomó en derretir los postres congelados. Esto demostró que la maltodextrina ayudo en la retención de aire y no se afecta por el uso de suero.

En cuanto a la textura, las formulaciones de los postres congelados con base de suero no presentaron diferencia significativa en dureza durante los tres almacenamientos para las diferentes cantidades de grasa. Esta disminución se debió al bajo punto de congelación y la débil estructura que se va creando durante el almacenamiento. Las formulaciones de postres congelados a base de leche, al contrario, fueron aumentando su dureza durante el almacenamiento. Esto presenta que los postres congelados a base de leche tienen una estructura que permite el crecimiento de los cristales de hielo. Estos mismos factores afectaron a que la adhesividad de los postres congelados con suero al principio fuera más alta que en la leche y disminuyeran durante el almacenaje. En cambio la adhesividad en las formulaciones de leche aumentó durante el almacenamiento de un mes. Los cambios en temperatura solo demostraron efecto en la dureza y la adhesividad en los postres congelados a base de leche.

Las formulaciones con mayor cantidad de grasa presentaron mayor viscosidad. La misma tendencia se observó con el valor del índice de consistencia, donde presentó que la muestra más viscosa fue la de leche 10% grasa, lo que pudo haber propiciado que la dureza fuera mayor en este tratamiento. Todos los tratamientos resultaron ser fluidos psudoplásticos ya que todos presentaron un valor de índice de comportamiento menor a 1.

Las formulaciones con mayor cantidad de grasa presentaron mayor resistencia a derretir durante la primera semana, a medida que disminuía la grasa menor resistencia y más rápido derretían. Se observó que la formulación suero 3% y leche 3% no tuvieron diferencia de resistencia a derretir en los distintos almacenamientos. Después del almacenaje de un mes y en cambio de temperatura por un mes se observó el mismo patrón en las formulaciones con 3% grasa pero las formulaciones 7% grasa y 10% grasa derretían con el mismo patrón y sin diferencia entre ellas. La maltodextrina no ayudó a que resistiera el derretirse como lo hace la

grasa, pero se observó que a medida que va tomando más estructura las formulaciones de 7% grasa son más resistentes a derretirse ya que se comparan con las de 10% grasa.

En el sensorial los panelistas prefirieron las formulaciones que contienen suero tanto en textura como en sabor. En textura se encontró que las formulaciones de suero 7% grasa y 10% grasa presentaron mayor cremosidad con una puntuación de 4.05 y 3.72, respectivamente. En el sabor los panelistas prefirieron las formulaciones que contenían mayor cantidad de grasa (10%) especialmente la de suero 10% con una puntuación de 3.40, ya que presentaron mayor sabor a vainilla y mejor sabor en general.

En general se puede elaborar un postre congelado con suero hasta un 7% grasa con 3% maltodextrina. El tratamiento de suero 3% grasa necesita arreglos en sabor ya que fue el de menor preferencia aunque la textura se encontró justa. La maltodextrina funcionó para sustituir a la grasa en términos de textura hasta un 7% de sustitución pero no ayudó en la resistencia a derretirse. La maltodextrina no aportó viscosidad a la mezcla pero funcionó de igual manera que la grasa en la incorporación de aire.

7. Recomendaciones

Para futuros trabajos sería recomendable hidrolizar la lactosa del suero entre un 50-70% y estudiar el tiempo en que presentan la arenosidad y el punto de congelación de las formulaciones estudiadas en esta investigación.

Pasteurizar el suero dulce a 72°C por 15 segundos para desactivar la renina y utilizarlo como el suero ácido neutralizado en esta investigación.

Se pueden utilizar otros sustitutos de grasa y observar el comportamiento de los postres congelados con suero a distintas cantidades de grasa incluyendo el tratamiento libre de grasa.

Añadir agentes quelantes que disminuyan la cantidad de minerales para que ayuden el aumentar el punto de congelación.

Estudiar el comportamiento con sabores como chocolate ya que encontraron un sabor ácido en las formulaciones de suero y esto puede afectar el sabor de un postre con chocolate.

Realizar un panel sensorial con las formulaciones almacenadas un mes y a cambios de temperatura para ver como el panelista percibe el efecto de la disminución en dureza y la disminución en adhesividad para los postres congelados a base de suero.

Estudiar el efecto en la emulsión y la estabilidad de los postres congelados con base de suero al aumentar la cantidad de proteína y estudiar sí la dureza aumenta de la misma manera que en las mezclas con base de leche. Observar el crecimiento de los cristales de hielo.

8. Referencias

Abd El-Rahman, a. M., Madkor, S. a., Ibrahim, F. S., & Kilara, a. (1997). Physical Characteristics of Frozen Desserts Made with Cream, Anhydrous Milk Fat, or Milk Fat Fractions. *Journal of Dairy Science*, *80*(9), 1926-1935.

Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. a, & Herald, T. J. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *Journal of Dairy Science*, *83*(10), 2224-9.

Affertsholt, T. 3A Business Consulting, (2008). The World Market for Whey and Lactose Ingredients 2007-2010, (reporte publicado en octubre 2008),

Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., & Ryland, D. (2001). Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products, *Food Research International*,*34*, 237-246.

Akalın, A. S., Karagözlü, C., & Ünal, G. (2007). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, *227*(3), 889-895.

Andrade, F.C.D. (2005). "Obesity and Central Obesity in Elderly People in Latin America and the Caribbean—Are We Fat?" *Annals of Epidemiology* 15, no. 8. 643.

AOAC. (2006). Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemistry. Washington D.C., USA.

Asher, Y., Mollard, M., Jordan, S., Ault Foods Limited, 1993. Process for producing low or non fat ice cream. US Patent 5215777

Baer, R. J., Krishnaswamy, N., & Kasperson, K. M. (1999). Effect of Emulsifiers and Food Gum on Nonfat Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, *82*(7), 1416-1424.

BahramParvar, M., Mazaheri Tehrani, M., & Razavi, S. M. A. (2013). Effects of a novel stabilizer blend and presence of κ-carrageenan on some properties of vanilla ice cream during storage. *Food Bioscience*, *3*(0), 10-18.

Baublits, R. T., Meullenet, J.-F., Sawyer, J. T., Mehaffey, J. M., & Saha, a. (2006). Pump rate and cooked temperature effects on pork loin instrumental, sensory descriptive and consumer-rated characteristics. *Meat Science*, *72*(4), 741-50.

Buyck, J. R., Baer, R. J., & Choi, J. (2011). Effect of storage temperature on quality of light and full-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, *94*(5), 2213-2219.

Chang, J.-L., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1995). Casein Micelles Partially Hydrolyzed by Chymosin to Modify the Texture of Lowfat Ice Cream1. *Journal of Dairy Science*. American Dairy Science Association.

Cody, T. L., Olabi, a, Pettingell, a G., Tong, P. S., & Walker, J. H. (2007). Evaluation of rice flour for use in vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, *90*(10), 4575-85.

de Wit, J. N. (2001). From Milk to Whey. *Lecturer ' s Handbook on whey and whey products* (First Edit.). European Whey Products Association. 6-23.

Dragone, G., Mussatto, S., Oliviera, J. & Teixeira, J. (2009). Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Dairy Industries*, 112, 929-935.

Feng, P., Weagant, S., Grant, M., Burkhardt, W. (2002). Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 8th ed. Food and Drug Administration (FDA), Washington, DC.

Food and Drug Administration (2009) Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance, 2009 Revision.

Food and Drug Administration Code of Regulation 21CFR101.62 (2013). Food Labeling, Specific Requirements for Nutrient Content Claims.

Food and Drug Administration Code of Regulation 21CFR135.110 (2013). Frozen Desserts, Requirements for Specific Standardized Frozen Desserts.

Food Marketing Institute Research. (2010). U.S. Grocery Shopper Trends. Washington, D.C.: Food Marketing Institute, 2010.

Garcia, R. S., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1995, November 1). Lowfat Ice Creams from Freeze-Concentrated Versus Heat-Concentrated Nonfat Milk Solids. *Journal of dairy science*. American Dairy Science Association.

Gauche, C., Tomazi, T., Barreto, P. L. M., Ogliari, P. J., & Bordignon-Luiz, M. T. (2009). Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology*, *42*(1), 239-243.

Goff, H.D., Hartel, R., (2004). Ice Cream and Frozen Desserts, in: Handbook of Frozen Foods. CRC Press. 154-1 – 154-48.

Greenberg, N., Chandan, R., Deeslie, W., Conolly, D., General Mills, Inc., (1989). Low and non-fat frozen dairy desserts and method of preparation. US Patent 4840813

Güzeler, N., Kaçar, A., & Say, D. (2011). Effect of Milk Powder, Maltodextrin and Polydextrose Use on Physical and Sensory Properties of Low Calorie Ice Cream during Storage, *Academic Food Journal*, *9*(2), 6-12.

Hagiwara, T., & Hartel, R. W. (1996). Effect of Sweetener, Stabilizer, and Storage Temperature on Ice Recrystallization in Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, *79*(5), 735-744.

Hyvönen, L., Linna, M., Tuorila, H., & Dijksterhuis, G. (2003). Perception of melting and flavor release of ice cream containing different types and contents of fat. *Journal of Dairy Science*, *86*(4), 1130-8.

Karaca, O. B., Güven, M., Yasar, K., Kaya, S., & Kahyaoglu, T. (2009). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technology*, 62(1), 93-99.

Kaya, S., & Tekin, A. (2001). The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix. *Journal of Food Engineering*, *47*, 59-62.

Kelly, A.L. & Delahunty, C.M., (2005). Sensory Characteristics and Related Volatile Flavor Compound Profiles of Different Types of Whey. *Journal of Dairy Science*, 88(8), pp.2689-2699.

Koutinas, A.A., Papapostolou, H., Dimitrellou, D., Kopsahelis, N., Katechaki, E., Bekatorou, A. & Bosnea, L.A. (2009). Whey valorisation : A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. *Bioresource Technology*, 100(15), 3734-3739.

Law, B., & Tamine, A. (2010). *Technology of Cheesemaking*. (B. A. Law & A. Y. Tamime, Eds.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Lee, F. Y., & White, C. H. (1991). Effect of Ultrafiltration Retentates and Whey Protein Concentrates on Ice Cream Quality During Storage. *Journal of Dairy Science*, *74*(4), 1170-1180.

Mandal, S., Puniya, M., Sangu, K. P. S., Dagar, S., Singh, R., & Puniya, A. (2012). Dairy By-Products: Wastes or Resources?. *Valorization of Food Processing By-Products*. CRC Press.617-648.

Marshall, K., (2004). Therapeutic Applications of Whey Protein. *Alternative Medicine Review*, 9(2). 136-156.

Marshall, R.T., Goff, H.D., Hartel, R. W. (2003). Ice Cream. Sixth Edition. 31-32.

Maturin, L. and Peeler, J. (2001). Chapter 3: Aerobic Plate Count. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 8th ed. Food and Drug Administration (FDA), Washington, DC.

Mehta, N., Paget, R., (2005). Method of manufacturing frozen dairy dessert. US Patent 6890576 B2.

Meilgaard, M., Vance Civille, G., Thomas Carr, B. (1999). Sensory Attributes and the Way We Perceive Them. Sensory Evaluation Techniques, Third Edition.[b]

Meilgaard, M., Vance Civille, G., Thomas Carr, B., (1999). Affective Tests: Consumer Tests and In-House Panel Acceptance Tests. Sensory Evaluation Techniques, Third Edition. [a]

Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*. American Dairy Science Association. 1-10.

Ogden, C.L., Carroll, M.D., Kit, B.K. & Flegal, K.M., (2012). Prevalence of obesity in the United States, 2009–2010. NCHS data brief, no 82. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics. 1-7.

Ohmes, R. L., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1998). Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. *Journal of Dairy Science*, *81*(5), 1222-8.

Parsons, J. G., Dybing, S. T., Coder, D. S., Spurgeon, K. R., & Seas, S. W. (1985). Acceptability of Ice Cream Made with Processed Wheys and Sodium Caseinate. *Journal of Dairy Science*, *68*(11), 2880-2885.

Patel, M. R., Baer, R. J., & Acharya, M. R. (2006). Increasing the protein content of ice cream. *Journal of Dairy Science*, *89*(5), 1400-6.

Pfaff, D. (2003). Foreign Agricultural Services USDA. US Whey Exports. Disponible en: http://www.fas.usda.gov

Prindiville, E. a, Marshall, R. T., & Heymann, H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, *83*(10), 2216-23.

Prindiville, E. a., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1999). Effect of Milk Fat on the Sensory Properties of Chocolate Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, *82*(7), 1425-1432.

Rexroat, T. M., & Bradley, R. L. (1986). Acceptance of Frozen Desserts Made with Concentrated, Decolorized, Deionized Hydrolyzed Whey Permeate. *Journal of Dairy Science*, *69*(5), 1225-1231.

Roeder, J. (2010) International Dairy Foods Association. Ice Cream Sales and Trends. Disponible en: www.idfa.org

Roland, A. M., Phillips, L. G., & Boor, K. J. (1999). Effects of Fat Replacers on the Sensory Properties, Color, Melting, and Hardness of Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, *82*(10), 2094-2100.

Roller, S. (1996). Starch-derived Fat Mimetics. In *Handbook of Fat Replacers*. CRC Press.

Ruger, P. R., Baer, R. J., & Kasperson, K. M. (2002). Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, *85*(7), 1684-92.

Saddoud, A., Hassaïri, I., Sayadi, S., (2007). Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey. Bioresource Technology 98, 2102–2108.

Toledo, R. T. (2007). Fundamentals of Food Process Engineering: Third Edition. CBS Publishers & Distributors.

Tsioulpas, A., Lewis, M.J., Grandison, A.S. (2007). A study of the pH of individual milk samples. United Kingdom. *International Journal of Dairy Technology*, *60*(2), 96-97.

U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans, 2010. 7th Edition, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, December 2010.

U.S. Department of Agriculture. (2012) Dairy Products 2011 Summary (April 2012) USDA, National Agricultural Statistics Service.

U.S. Department of Agriculture. (2012) National Nutrient Database for Standard Reference.

Walstra, P., Jan, Wouters, J. and Geurts, T.J. (2005). Milk. *Dairy Science and Technology, Second Edition*. Taylor & Francis Group.

Walstra, P., Jan, Wouters, J. and Geurts, T.J. (2005). Principles of Cheese Making. *Dairy Science and Technology, Second Edition*. Taylor & Francis Group.

Walstra, P., Wouters, J., Geurts, T., (2005). Protein Preparations, in: Dairy Science and Technology, Second Edition, Food Science and Technology, Taylor & Francis Group. 537–550.

Yang, Y., Xu, S., 2007. Roles of components of rice-based fat substitute in gelation. China. Food Research International 40, 1155–1160.

Yilsay, T. Ö., Yilmaz, L., & Bayizit, A. A. (2006). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, *222*(1-2), 171-175.

Young, C.K., Stull, J.W., Taylor, R.R., Angus, R.C., Daniel, T.C., (1980). Acceptability of frozen desserts made with neutralized, hydrolyzed, fluid cottage cheese whey. Journal of Food Science 45, 805–808.

Zandstra, E. H., Graaf, C. D., & Staveren, W. A. V. (2001). Influence of health and taste attitudes on consumption of low- and high-fat foods, *Food Quality and Preferences*, *12*, 75-82.

9. Apendices

9.1 Análisis de Varianza por Tukey y Desviación Estándar

Determinación de pH para leche y suero

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
pH	6	0.98	0.97	0.31

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.08	1	0.08	183.12	0.0002
Muestra	0.08	1	0.08	183.12	0.0002
Error	1.7E-03	4	4.3E-04		
Total	0.08	5			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.04719

Error: 0.0004 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero	6.52	3	0.01	A	
Leche	6.75	3	0.01		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Determinación de pH para las mezclas

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
pH	36	0.77	0.73	0.43

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.07	5	0.01	19.64	<0.0001
Muestra	0.07	5	0.01	19.64	<0.0001
Error	0.02	30	7.6E-04		
Total	0.10	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.04834

Error: 0.0008 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero 3%	6.40	6	0.01	A	
Suero 7%	6.44	6	0.01	A	
Suero 10%	6.45	6	0.01	A	
Leche 3%	6.50	6	0.01		B
Leche 10%	6.52	6	0.01		B
Leche 7%	6.52	6	0.01		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Análisis de varianza para análisis proximal de leche y suero

Sólidos totales

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Sólidos totales	6	1.00	1.00	1.32

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	26.67	1	26.67	2157.78	<0.0001
Muestra	26.67	1	26.67	2157.78	<0.0001
Error	0.05	4	0.01		
Total	26.72	5			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.25204

Error: 0.0124 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero	6.29	3	0.06	A	
Leche	10.51	3	0.06		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Grasa

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Grasa	6	1.00	1.00	3.79

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	6.22	1	6.22	3148.18	<0.0001
Muestra	6.22	1	6.22	3148.18	<0.0001
Error	0.01	4	2.0E-03		
Total	6.23	5			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.10075

Error: 0.0020 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero	0.16	3	0.03	A	
Leche	2.19	3	0.03		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Proteina

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Proteina	6	0.99	0.99	10.19

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	9.54	1	9.54	342.88	0.0001
Muestra	9.54	1	9.54	342.88	0.0001
Error	0.11	4	0.03		
Total	9.66	5			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.37823

Error: 0.0278 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero	0.38	3	0.10	A	
Leche	2.90	3	0.10		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Ceniza

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Ceniza	6	0.95	0.94	3.46

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.04	1	0.04	78.78	0.0009
Muestra	0.04	1	0.04	78.78	0.0009
Error	1.9E-03	4	4.7E-04		
Total	0.04	5			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.04932

Error: 0.0005 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero	0.55	3	0.01	A	
Leche	0.71	3	0.01		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Carbohidratos

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Carbohidratos	6	1.00	1.00	0.00

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.38	1	0.38	nd	nd
Muestra	0.38	1	0.38	nd	nd
Error	0.00	4	0.00		
Total	0.38	5			

Análisis de varianza para análisis proximal de mezclas

Sólidos Totales

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Sólidos	36	0.33	0.22	1.29

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	3.68	5	0.74	3.01	0.0256

Muestra	3.68	5	0.74	3.01	0.0256
Error	7.34	30	0.24		
Total	11.02	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.86850

Error: 0.2446 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.		
Suero 7%	37.71	6	0.20	A	
Leche 7%	38.08	6	0.20	A	B
Leche 10%	38.12	6	0.20	A	B
Suero 3%	38.39	6	0.20	A	B
Suero 10%	38.56	6	0.20	A	B
Leche 3%	38.65	6	0.20		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Grasa

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Grasa	36	0.98	0.98	6.48

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	282.17	5	56.43	288.38	<0.0001
Muestra	282.17	5	56.43	288.38	<0.0001
Error	5.87	30	0.20		
Total	288.05	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.77685

Error: 0.1957 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.			
Suero 3%	3.21	6	0.18	A		
Leche 3%	3.22	6	0.18	A		
Leche 7%	7.10	6	0.18		B	
Suero 7%	7.35	6	0.18		B	
Leche 10%	10.03	6	0.18			C
Suero 10%	10.05	6	0.18			C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Proteína

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Proteina	36	0.89	0.87	5.44

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	7.97	5	1.59	49.18	<0.0001
Muestra	7.97	5	1.59	49.18	<0.0001
Error	0.97	30	0.03		
Total	8.94	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.31611

Error: 0.0324 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.	
Suero 3%	2.76	6	0.07	A

Suero 10%	2.85	6	0.07	A	
Suero 7%	2.91	6	0.07	A	
Leche 7%	3.72	6	0.07		B
Leche 10%	3.74	6	0.07		B
Leche 3%	3.87	6	0.07		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Carbohidratos

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Carbohidratos	36	0.99	0.98	1.35

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	307.87	5	61.57	460.14	<0.0001
Muestra	307.87	5	61.57	460.14	<0.0001
Error	4.01	30	0.13		
Total	311.89	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.64239

Error: 0.1338 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.				
Leche 10%	23.44	6	0.15	A			
Suero 10%	24.68	6	0.15		B		
Leche 7%	26.34	6	0.15			C	
Suero 7%	26.48	6	0.15			C	
Leche 3%	30.62	6	0.15				D
Suero 3%	31.43	6	0.15				E

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Ceniza

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Ceniza	36	0.56	0.48	2.78

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.03	5	0.01	7.53	0.0001
Muestra	0.03	5	0.01	7.53	0.0001
Error	0.02	30	7.0E-04		
Total	0.05	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.04653

Error: 0.0007 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.			
Leche 10%	0.91	6	0.01	A		
Leche 7%	0.93	6	0.01	A	B	
Leche 3%	0.94	6	0.01	A	B	C
Suero 7%	0.97	6	0.01		B	C
Suero 3%	0.98	6	0.01			C
Suero 10%	0.98	6	0.01			C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Lactosa

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Lactosa	36	0.71	0.66	5.05

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	9.82	5	1.96	14.68	<0.0001
Muestra	9.82	5	1.96	14.68	<0.0001
Error	4.01	30	0.13		
Total	13.84	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.64239

Error: 0.1338 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.		
Leche 7%	6.75	6	0.15	A	
Leche 10%	6.85	6	0.15	A	
Suero 7%	6.89	6	0.15	A	
Leche 3%	7.03	6	0.15	A	
Suero 3%	7.84	6	0.15		B
Suero 10%	8.09	6	0.15		B

Determinación de desviación estándar para leche y suero

Summary statistics

Muestra	Variable	n	Mean	S.D.	S.E.	Minimum	Maximum
Leche	Carbohidratos	3	4.711	0.000	0.000	4.711	4.711
Leche	Grasa	3	2.192	0.063	0.036	2.152	2.264
Leche	Sólidos totales	3	10.508	0.153	0.088	10.416	10.685
Leche	Proteina	3	2.898	0.204	0.118	2.772	3.133
Leche	Ceniza	3	0.707	0.018	0.011	0.691	0.727
Leche	pH	3	6.747	0.006	0.003	6.740	6.750
Suero	Carbohidratos	3	5.211	0.000	0.000	5.211	5.211
Suero	Grasa	3	0.156	0.004	0.002	0.154	0.161
Suero	Sólidos totales	3	6.292	0.035	0.020	6.257	6.327
Suero	Proteina	3	0.375	0.119	0.068	0.263	0.500
Suero	Ceniza	3	0.550	0.025	0.014	0.532	0.578
Suero	pH	3	6.517	0.029	0.017	6.500	6.550

Determinación de desviación estándar para mezclas

Summary statistics

Muestra	Variable	n	Mean	S.D.	S.E.	Minimum	Maximum
Leche 10%	pH	6	6.518	0.060	0.025	6.460	6.580
Leche 10%	Sólidos	6	38.120	0.636	0.259	37.024	38.739
Leche 10%	Grasa	6	10.026	0.244	0.099	9.626	10.300
Leche 10%	Proteina	6	3.738	0.129	0.053	3.588	3.963
Leche 10%	Carbohidratos	6	23.442	0.348	0.142	23.125	23.760
Leche 10%	Ceniza	6	0.914	0.024	0.010	0.886	0.946

Leche 10%	Lactosa	6	6.851	0.348	0.142	6.534	7.169
Leche 3%	pH	6	6.503	0.005	0.002	6.500	6.510
Leche 3%	Sólidos	6	38.647	0.519	0.212	38.063	39.253
Leche 3%	Grasa	6	3.222	0.326	0.133	2.920	3.628
Leche 3%	Proteina	6	3.866	0.234	0.095	3.498	4.085
Leche 3%	Carbohidratos	6	30.616	0.652	0.266	30.021	31.211
Leche 3%	Ceniza	6	0.943	0.010	0.004	0.931	0.954
Leche 3%	Lactosa	6	7.025	0.652	0.266	6.430	7.620
Leche 7%	pH	6	6.522	0.010	0.004	6.510	6.530
Leche 7%	Sólidos	6	38.085	0.117	0.048	37.887	38.237
Leche 7%	Grasa	6	7.096	0.309	0.126	6.829	7.673
Leche 7%	Proteina	6	3.720	0.180	0.073	3.479	3.958
Leche 7%	Carbohidratos	6	26.341	0.120	0.049	26.231	26.450
Leche 7%	Ceniza	6	0.928	0.051	0.021	0.837	0.961
Leche 7%	Lactosa	6	6.750	0.120	0.049	6.640	6.859
Suero 10%	pH	6	6.445	0.024	0.010	6.420	6.490
Suero 10%	Sólidos	6	38.562	0.272	0.111	38.279	38.871
Suero 10%	Grasa	6	10.049	0.591	0.241	9.607	11.166
Suero 10%	Proteina	6	2.853	0.219	0.089	2.449	3.056
Suero 10%	Carbohidratos	6	24.676	0.028	0.011	24.651	24.702
Suero 10%	Ceniza	6	0.983	0.011	0.005	0.969	0.996
Suero 10%	Lactosa	6	8.085	0.028	0.011	8.060	8.111
Suero 3%	pH	6	6.403	0.012	0.005	6.390	6.420
Suero 3%	Sólidos	6	38.387	0.485	0.198	37.862	38.865
Suero 3%	Grasa	6	3.211	0.077	0.032	3.110	3.343
Suero 3%	Proteina	6	2.764	0.116	0.047	2.659	2.931
Suero 3%	Carbohidratos	6	31.431	0.439	0.179	31.030	31.832
Suero 3%	Ceniza	6	0.981	0.016	0.007	0.954	0.998
Suero 3%	Lactosa	6	7.840	0.439	0.179	7.439	8.241
Suero 7%	pH	6	6.435	0.005	0.002	6.430	6.440
Suero 7%	Sólidos	6	37.706	0.687	0.280	36.975	38.375
Suero 7%	Grasa	6	7.346	0.747	0.305	6.638	8.162
Suero 7%	Proteina	6	2.909	0.171	0.070	2.693	3.128
Suero 7%	Carbohidratos	6	26.477	0.220	0.090	26.276	26.678
Suero 7%	Ceniza	6	0.975	0.023	0.009	0.948	1.007
Suero 7%	Lactosa	6	6.886	0.220	0.090	6.685	7.087

Analisis de Varianza para “Overrun”

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
%Overrun	12	0.67	0.40	1.48

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	27.29	5	5.46	2.45	0.1529
Muestra	27.29	5	5.46	2.45	0.1529
Error	13.37	6	2.23		
Total	40.66	11			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=5.94061

Error: 2.2281 df: 6

Muestra	Means	n	S.E.	
Suero 10%	103.07	2	1.06	A
Leche 10%	101.13	2	1.06	A
Leche 7%	100.80	2	1.06	A
Suero 7%	100.72	2	1.06	A
Suero 3%	99.73	2	1.06	A
Leche 3%	98.06	2	1.06	A

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Analisis de Varianza para Textura de 1 Semana

Dureza

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Dureza	36	0.39	0.28	36.10

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	111457.85	5	22291.57	3.78	0.0089
Muestras	111457.85	5	22291.57	3.78	0.0089
Error	176729.83	30	5890.99		
Total	288187.68	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=134.78295

Error: 5890.9943 df: 30

Muestras	Means	n	S.E.		
Suero 10%	301.46	6	31.33	A	
Suero 7%	275.59	6	31.33	A	B
Leche 3%	191.42	6	31.33	A	B
Suero 3%	186.23	6	31.33	A	B
Leche 10%	169.27	6	31.33	A	B
Leche 7%	151.84	6	31.33		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Adhesividad

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Adhesividad	36	0.35	0.24	21.29

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1790.62	5	358.12	3.16	0.0208
Muestras	1790.62	5	358.12	3.16	0.0208
Error	3399.56	30	113.32		
Total	5190.19	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=18.69355

Error: 113.3188 df: 30

Muestras	Means	n	S.E.	
Leche 10%	-41.87	6	4.35	A

Leche 7%	-44.96	6	4.35	A	B
Suero 3%	-46.12	6	4.35	A	B
Leche 3%	-48.27	6	4.35	A	B
Suero 7%	-57.09	6	4.35	A	B
Suero 10%	-61.77	6	4.35		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Determinación de Desviación Estándar

Summary statistics

Muestras	Variable	n	Mean	S.D.	S.E.	Minimum	Maximum
Leche 10%	Dureza	6	169.27	39.64	16.18	100.41	210.13
Leche 10%	Adhesividad	6	-41.87	4.42	1.81	-46.88	-35.69
Leche 3%	Dureza	6	191.42	85.28	34.82	93.13	295.14
Leche 3%	Adhesividad	6	-48.27	9.86	4.02	-62.35	-35.69
Leche 7%	Dureza	6	151.84	29.10	11.88	115.94	182.84
Leche 7%	Adhesividad	6	-44.96	5.94	2.43	-53.67	-37.16
Suero 10%	Dureza	6	301.46	131.03	53.49	154.51	458.64
Suero 10%	Adhesividad	6	-61.77	20.04	8.18	-84.61	-38.21
Suero 3%	Dureza	6	186.23	38.83	15.85	136.88	251.51
Suero 3%	Adhesividad	6	-46.12	3.45	1.41	-51.23	-42.62
Suero 7%	Dureza	6	275.59	83.54	34.10	187.96	421.83
Suero 7%	Adhesividad	6	-57.09	10.69	4.36	-75.02	-48.64

Analisis de Varianza para Textura de Muestras “Heat Shocked”

Dureza

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Dureza	36	0.96	0.96	15.57

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1381358.18	5	276271.64	157.27	<0.0001
Muestra	1381358.18	5	276271.64	157.27	<0.0001
Error	52700.09	30	1756.67		
Total	1434058.27	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=73.60133

Error: 1756.6695 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.		
Leche 10%	650.89	6	17.11	A	
Leche 7%	341.71	6	17.11	B	
Leche 3%	297.07	6	17.11	B	
Suero 10%	133.42	6	17.11		C
Suero 7%	103.94	6	17.11		C
Suero 3%	88.20	6	17.11		C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Adhesividad

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Adhesividad	36	0.90	0.88	14.82

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	19311.83	5	3862.37	53.47	<0.0001
Muestra	19311.83	5	3862.37	53.47	<0.0001
Error	2167.06	30	72.24		
Total	21478.89	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=14.92504

Error: 72.2354 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.				
Suero 3%	-27.89	6	3.47	A			
Suero 7%	-33.60	6	3.47	A	B		
Suero 10%	-44.45	6	3.47		B		
Leche 3%	-69.56	6	3.47			C	
Leche 7%	-81.64	6	3.47			C	D
Leche 10%	-87.04	6	3.47				D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Determinación de Desviación Estándar

Summary statistics

Muestra	Variable	n	Mean	S.D.	S.E.	Minimum	Maximum
Leche 10%	Dureza	6	650.89	58.84	24.02	542.45	700.66
Leche 10%	Adhesividad	6	-87.04	6.21	2.54	-96.15	-80.82
Leche 3%	Dureza	6	297.07	54.19	22.12	235.96	371.43
Leche 3%	Adhesividad	6	-69.56	12.68	5.18	-83.20	-54.44
Leche 7%	Dureza	6	341.71	59.21	24.17	269.61	404.81
Leche 7%	Adhesividad	6	-81.64	12.50	5.10	-92.44	-60.74
Suero 10%	Dureza	6	133.42	8.92	3.64	127.15	151.02
Suero 10%	Adhesividad	6	-44.45	3.22	1.31	-48.29	-40.03
Suero 3%	Dureza	6	88.20	17.24	7.04	62.00	108.68
Suero 3%	Adhesividad	6	-27.89	3.23	1.32	-31.49	-22.88
Suero 7%	Dureza	6	103.94	16.06	6.56	81.32	130.86
Suero 7%	Adhesividad	6	-33.60	7.55	3.08	-46.75	-25.89

Analisis de Varianza para Textura 1 Mes

Dureza

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Dureza	36	0.85	0.82	36.61

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	5091009.77	5	1018201.95	33.59	<0.0001
Muestra	5091009.77	5	1018201.95	33.59	<0.0001
Error	909452.35	30	30315.08		
Total	6000462.12	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=305.75249

Error: 30315.0783 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.			
Leche 10%	1157.89	6	71.08	A		
Leche 7%	663.10	6	71.08		B	
Leche 3%	601.79	6	71.08		B	
Suero 7%	171.63	6	71.08			C
Suero 10%	135.08	6	71.08			C
Suero 3%	124.10	6	71.08			C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Adhesividad

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Adhesividad	36	0.82	0.79	23.51

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	36509.36	5	7301.87	27.71	<0.0001
Muestra	36509.36	5	7301.87	27.71	<0.0001
Error	7904.88	30	263.50		
Total	44414.24	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=28.50543

Error: 263.4959 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.			
Suero 3%	-34.76	6	6.63	A		
Suero 10%	-37.91	6	6.63	A		
Suero 7%	-43.66	6	6.63	A		
Leche 3%	-81.05	6	6.63		B	
Leche 7%	-103.47	6	6.63		B	C
Leche 10%	-113.38	6	6.63			C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Determinación de Desviación Estándar

Summary statistics

Muestra	Variable	n	Mean	S.D.	S.E.	Minimum	Maximum
Leche 10%	Dureza	6	1157.89	315.70	128.88	793.03	1492.92
Leche 10%	Adhesividad	6	-113.38	29.20	11.92	-141.21	-71.45
Leche 3%	Dureza	6	601.79	261.93	106.93	311.74	890.01
Leche 3%	Adhesividad	6	-81.05	22.03	8.99	-111.69	-58.78
Leche 7%	Dureza	6	663.10	105.72	43.16	498.78	801.99
Leche 7%	Adhesividad	6	-103.47	10.71	4.37	-115.18	-86.00
Suero 10%	Dureza	6	135.08	20.49	8.37	98.88	158.02
Suero 10%	Adhesividad	6	-37.91	5.34	2.18	-42.83	-27.57
Suero 3%	Dureza	6	124.10	14.70	6.00	102.66	142.69
Suero 3%	Adhesividad	6	-34.76	3.32	1.36	-38.63	-29.53
Suero 7%	Dureza	6	171.63	42.54	17.37	134.36	244.44
Suero 7%	Adhesividad	6	-43.66	9.41	3.84	-57.10	-35.90

Análisis de Varianza para Dureza entre Almacenamientos

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Dureza (g)	108	0.87	0.85	35.25

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	7963188.65	17	468422.86	37.02	<0.0001
Muestra	7963188.65	17	468422.86	37.02	<0.0001
Error	1138882.26	90	12654.25		
Total	9102070.91	107			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=233.30725

Error: 12654.2474 df: 90

Muestra	Means	n	S.E.			
Leche 10% 1M	1157.89	6	45.92	A		
Leche 7% 1M	663.10	6	45.92		B	
Leche 10% HS	650.89	6	45.92		B	
Leche 3% 1M	601.79	6	45.92		B	
Leche 7% HS	341.71	6	45.92			C
Suero 10% 1S	301.46	6	45.92			C D
Leche 3% HS	297.07	6	45.92			C D
Suero 7% 1S	275.59	6	45.92			C D
Leche 3% 1S	191.42	6	45.92			C D
Suero 3% 1S	186.23	6	45.92			C D
Suero 7% 1M	171.63	6	45.92			C D
Leche 10% 1S	169.27	6	45.92			C D
Leche 7% 1S	151.84	6	45.92			C D
Suero 10% 1M	135.08	6	45.92			C D
Suero 10% HS	133.42	6	45.92			C D
Suero 3% 1M	124.10	6	45.92			C D
Suero 7% HS	103.94	6	45.92			D
Suero 3% HS	88.20	6	45.92			D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Análisis de Varianza para Adhesividad entre Almacenamientos

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Adhesividad (g)	108	0.83	0.79	20.81

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	64239.12	17	3778.77	25.25	<0.0001
Muestra	64239.12	17	3778.77	25.25	<0.0001
Error	13471.50	90	149.68		
Total	77710.62	107			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=25.37446

Error: 149.6834 df: 90

Muestra	Means	n	S.E.								
Suero 3% HS	-27.89	6	4.99	A							
Suero 7% HS	-33.60	6	4.99	A	B						
Suero 3% 1M	-34.76	6	4.99	A	B						
Suero 10% 1M	-37.91	6	4.99	A	B	C					
Leche 10% 1S	-41.87	6	4.99	A	B	C					
Suero 7% 1M	-43.66	6	4.99	A	B	C					
Suero 10% HS	-44.45	6	4.99	A	B	C	D				
Leche 7% 1S	-44.96	6	4.99	A	B	C	D				
Suero 3% 1S	-46.12	6	4.99	A	B	C	D				
Leche 3% 1S	-48.27	6	4.99	A	B	C	D				
Suero 7% 1S	-57.09	6	4.99		B	C	D	E			
Suero 10% 1S	-61.77	6	4.99			C	D	E	F		
Leche 3% HS	-69.56	6	4.99				D	E	F		
Leche 3% 1M	-81.05	6	4.99					E	F	G	
Leche 7% HS	-81.64	6	4.99					E	F	G	
Leche 10% HS	-87.04	6	4.99						F	G	
Leche 7% 1M	-103.47	6	4.99							G	H
Leche 10% 1M	-113.38	6	4.99								H

Analisis de Varianza para Viscosidad a 30rpm entre Muestras

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Viscosidad	36	0.89	0.87	36.21

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	109478558.33	5	21895711.67	47.97	<0.0001
Muestra	109478558.33	5	21895711.67	47.97	<0.0001
Error	13693716.67	30	456457.22		
Total	123172275.00	35			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=1186.42610

Error: 456457.2222 df: 30

Muestra	Means	n	S.E.				
Leche 10%	5451.67	6	275.82	A			
Suero 10%	2321.67	6	275.82		B		
Suero 7%	1733.33	6	275.82		B	C	
Leche 7%	776.67	6	275.82			C	D
Suero 3%	470.00	6	275.82				D
Leche 3%	441.67	6	275.82				D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Análisis de Varianza para Cálculos de Índice de Flujo (n) y Índice de Consistencia (k)

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
n	12	0.89	0.80	13.04

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.27	5	0.05	9.74	0.0076
Muestra	0.27	5	0.05	9.74	0.0076

Error	0.03	6	0.01
Total	0.30	11	

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.29369

Error: 0.0054 df: 6

Muestra	Means	n	S.E.			
Leche 3%	0.76	2	0.05	A		
Suero 3%	0.71	2	0.05	A	B	
Leche 7%	0.66	2	0.05	A	B	C
Suero 7%	0.44	2	0.05		B	C
Suero 10%	0.44	2	0.05		B	C
Leche 10%	0.39	2	0.05			C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
k (Pa.s)	12	0.82	0.67	77.56

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1216.62	5	243.32	5.44	0.0312
Muestra	1216.62	5	243.32	5.44	0.0312
Error	268.49	6	44.75		
Total	1485.10	11			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=26.62266

Error: 44.7476 df: 6

Muestra	Means	n	S.E.			
Leche 10%	29.37	2	4.73	A		
Suero 10%	10.82	2	4.73	A	B	
Suero 7%	8.42	2	4.73	A	B	
Leche 7%	1.65	2	4.73		B	
Suero 3%	0.81	2	4.73		B	
Leche 3%	0.67	2	4.73		B	

*Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)***Summary statistics**

Análisis de Desviación Estándar para Valores de n y k

Summary statistics

Muestra	Variable	n	Mean	S.D.	Minimum	Maximum
Leche 10%	k	2	29.37	15.31	18.55	40.20
Leche 10%	n	2	0.39	0.05	0.36	0.42
Leche 3%	k	2	0.67	0.09	0.61	0.74
Leche 3%	n	2	0.76	0.08	0.70	0.82
Leche 7%	k	2	1.65	0.67	1.17	2.12
Leche 7%	n	2	0.66	0.06	0.62	0.70
Suero 10%	k	2	10.82	4.02	7.98	13.66
Suero 10%	n	2	0.44	0.03	0.41	0.46
Suero 3%	k	2	0.81	0.28	0.61	1.01
Suero 3%	n	2	0.71	0.12	0.63	0.80
Suero 7%	k	2	8.42	4.18	5.47	11.38
Suero 7%	n	2	0.44	0.06	0.39	0.48

Analisis de Varianza para el porciento derretido en 60 minutos para los diferentes almacenamientos

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
% Derretido 60min	108	0.84	0.81	13.10

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	32339.53	17	1902.33	28.32	<0.0001
Formulacion	32339.53	17	1902.33	28.32	<0.0001
Error	6045.84	90	67.18		
Total	38385.37	107			

Test:Tukey Alpha:=0.05 LSD:=16.99876

Error: 67.1760 df: 90

Formulacion	Means	n	S.E.							
Leche 3% 1Sem	90.44	6	3.35	A						
Leche 3% 1Mes	88.91	6	3.35	A						
Leche 3% HS	84.70	6	3.35	A						
Suero 3% HS	80.24	6	3.35	A	B					
Suero 3% 1Sem	78.92	6	3.35	A	B					
Suero 3% 1Mes	74.50	6	3.35	A	B	C				
Suero 10% 1Mes	66.12	6	3.35		B	C	D			
Leche 7% 1Mes	61.54	6	3.35			C	D	E		
Leche 7% HS	60.39	6	3.35			C	D	E		
Suero 10% HS	60.34	6	3.35			C	D	E		
Suero 7% 1Mes	59.29	6	3.35			C	D	E		
Leche 10% 1Mes	56.03	6	3.35				D	E		
Leche 10% HS	54.45	6	3.35				D	E		
Suero 7% HS	52.92	6	3.35				D	E		
Suero 7% 1Sem	49.04	6	3.35					E		
Leche 7% 1Sem	47.42	6	3.35					E	F	
Suero 10% 1Sem	31.28	6	3.35						F	G
Leche 10% 1Sem	29.71	6	3.35							G

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

9.2 Formularios del investigador para los análisis sensoriales en sabor y textura

Formulario 1: Hoja del Experimentador para el Panel Sensorial de Textura

Panel Tesis Carlos I. Ortiz			Prueba: Just about right- Textura										
	A- L1	B-L2	C-L3	D-L4	E-L5	F-L6							
Panelista	Comb.	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D	Tratamiento E	Tratmiento F	Resp.A	Resp. B	Resp. C	Res. D	Resp. E	Resp. F
1	ABCDEF	770	145	320	735	843	514	1	5	4	3	3	3
2	BCADEF	139	738	875	797	145	275	3	4	3	3	2	3
3	CABFED	946	972	555	642	570	698	3	5	4	2	1	1
4	BACDFE	612	841	507	312	285	777	4	3	3	3	1	1
5	CBAFDE	104	513	515	145	757	179	4	5	5	5	4	5
6	FEDABC	373	491	911	894	133	159	2	5	3	3	2	3
7	EFDCAB	222	849	269	168	356	188	3	2	3	4	5	5
8	ACBEFD	645	343	141	842	951	780	4	5	5	1	3	2
9	DEFBCA	586	765	580	106	189	671	3	5	5	4	2	2
10	DFEACB	403	249	988	310	250	358	2	4	3	1	3	1
11	EDFBCA	179	906	723	606	136	797	2	5	3	4	3	4
12	ABCFDE	789	925	868	384	974	114	4	5	2	3	2	1
13	BACEDF	179	300	145	636	315	986	3	4	3	3	2	5
14	DEFACB	478	594	628	203	355	674	1	1	1	5	5	2
15	FEDBCA	936	769	560	555	252	987	1	5	3	1	3	4
16	EDFCBA	297	557	633	835	155	134	4	5	4	3	3	3
17	FDEABC	994	226	854	626	125	857	3	1	1	3	5	3
18	CBAEFD	823	345	736	658	977	595	3	4	5	1	2	1
19	ACBDFE	784	246	906	380	376	337	3	5	4	4	3	3
20	DFEBAC	970	344	371	674	559	332	4	4	5	3	3	3
21	FDECAB	424	756	467	105	554	665	4	5	5	3	3	1
22	CABDEF	487	482	610	824	734	959	4	2	4	5	4	3
23	EFDABC	977	268	416	194	882	823	4	5	5	5	4	2
24	BCAFDE	586	218	791	242	374	462	2	4	3	4	2	3
25	DEFBAC	969	997	734	119	114	425	3	4	3	4	4	2
26	DFECBA	674	448	654	688	685	401	3	4	4	2	3	3
27	BCAEFD	308	234	782	116	713	355	5	3	5	2	4	3
28	ABCEDF	588	271	289	187	953	705	4	4	5	3	3	3
29	FDEBAC	174	664	448	806	156	469	3	5	4	3	4	2
30	EFDCBA	693	496	804	839	957	853	1	4	2	3	3	3

31	CBAEDF	464	214	970	364	445	300	3	4	4	3	4	3
32	ACBFDE	498	720	151	660	170	739	2	4	3	4	4	2
33	ABCFED	412	152	524	197	139	178	4	5	5	3	2	3
34	EFDBAC	477	831	845	822	702	410	3	4	3	3	2	2
35	EDFCAB	295	909	717	169	560	430	5	4	3	2	3	1
36	FEDBAC	508	323	392	409	639	984	4	5	5	4	3	2
37	DFEBCA	877	844	605	148	402	692	3	2	5	2	4	4
38	CBADEF	242	203	517	874	216	537	2	4	3	3	3	3
39	CABFDE	595	801	819	702	839	450	2	3	4	5	5	2
40	BACFED	977	121	938	180	463	531	2	5	3	4	2	1
41	FDEBCA	366	669	546	643	584	706	2	3	3	1	1	2
42	EDFABC	861	694	953	416	671	685	4	5	4	4	3	4
43	DEFCAB	680	821	553	654	848	589	4	3	3	4	4	3
44	ACBDEF	277	832	556	212	861	532	3	1	2	4	3	2
45	CABDFE	876	139	775	692	142	585	4	5	3	2	4	3
46	EDFABC	639	235	683	143	199	816	3	5	5	3	5	4
47	BACEFD	908	572	858	963	951	414	1	5	3	5	5	3
48	FEDACB	915	472	940	310	348	373	3	5	4	4	3	2
49	BCAEDF	183	697	690	869	916	978	4	4	3	3	5	1
50	ABCDFE	607	689	188	433	104	456	3	5	3	5	4	3
51	EFDBAC	256	739	584	390	930	503	4	5	5	5	3	3
52	FDECBA	561	658	305	270	966	811	3	3	3	3	4	3
53	ACBFED	337	726	751	103	132	566	2	3	3	2	3	3
54	DFEABC	404	554	432	822	150	604	5	4	5	4	3	5
55	CBAFED	593	611	672	524	799	902	2	2	3	2	4	3
56	EDFBAC	126	106	157	296	152	876	4	5	4	4	4	3
57	FEDCBA	686	691	564	934	267	123	3	4	5	5	3	2
58	BACDEF	830	569	369	821	252	632	2	5	5	2	3	5
59	BCAFED	593	659	130	562	431	416	4	5	4	3	4	3
60	CABEFD	723	866	884	164	742	150	3	1	3	5	5	5

61	DEFABC	994	512	349	324	745	543	3	5	5	4	5	5
62	ABCEFD	808	580	798	398	899	123	4	5	5	2	4	4
63	DFECAB	566	697	772	336	480	375	2	5	5	5	3	3
64	ACBEDF	305	447	725	421	819	959	2	4	3	4	3	3
65	DEFCBA	947	483	249	533	682	710						
66	CABEDF	979	278	267	789	354	576						
67	FDEACB	158	953	446	544	847	814						
68	BACFDE	769	452	226	486	184	881						
69	FEDCAB	183	353	240	660	692	118						
70	BCAEDF	732	706	296	888	229	334						

Formulario 2: Hoja del Experimentador para el Panel Sensorial de Sabor

Panel Tesis Carlos I. Ortiz			Prueba: Just about right- Sabor										
	A- L1	B-L2	C-L3	D-L4	E-L5	F-L6							
Panelista	Comb.	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D	Tratamiento E	Tratmiento F	Resp.A	Resp. B	Resp. C	Res. D	Resp. E	Resp. F
1	ABCDEF	770	145	320	735	843	514	1	4	1	4	2	2
2	BCADEF	139	738	875	797	145	275	2	1	1	1	3	3
3	CABFED	946	972	555	642	570	698	2	2	4	3	2	3
4	BACDFE	612	841	507	312	285	777	1	2	1	4	4	3
5	CBAFDE	104	513	515	145	757	179	1	2	2	3	3	2
6	FEDABC	373	491	911	894	133	159	5	5	4	4	5	2
7	EFDCAB	222	849	269	168	356	188	5	4	4	4	3	1
8	ACBEFD	645	343	141	842	951	780	3	5	4	2	3	2
9	DEFBCA	586	765	580	106	189	671	1	2	2	4	3	3
10	DFEACB	403	249	988	310	250	358	1	3	3	3	2	3
11	EDFBCA	179	906	723	606	136	797	1	3	5	1	5	5
12	ABCFDE	789	925	868	384	974	114	2	4	5	5	4	2
13	BACEDF	179	300	145	636	315	986	1	4	5	2	3	2
14	DEFACB	478	594	628	203	355	674	5	4	5	1	2	4
15	FEDBCA	936	769	560	555	252	987	2	5	3	3	2	4
16	EDFCBA	297	557	633	835	155	134	5	4	5	3	5	4
17	FDEABC	994	226	854	626	125	857	4	3	2	3	2	3
18	CBAEFD	823	345	736	658	977	595	1	5	5	2	2	3
19	ACBDFE	784	246	906	380	376	337	3	2	4	1	3	1
20	DFEBAC	970	344	371	674	559	332	1	4	4	5	2	5
21	FDECAB	424	756	467	105	554	665	2	1	2	3	2	4
22	CABDEF	487	482	610	824	734	959	1	1	3	1	1	3
23	EFDABC	977	268	416	194	882	823	1	2	5	5	4	4
24	BCAFDE	586	218	791	242	374	462	3	2	2	4	3	2
25	DEFBAC	969	997	734	119	114	425	3	4	4	3	2	3
26	DFECBA	674	448	654	688	685	401	2	1	2	5	4	3
27	BCAEFD	308	234	782	116	713	355	5	1	3	4	3	5
28	ABCEDF	588	271	289	187	953	705	3	2	3	2	2	4
29	FDEBAC	174	664	448	806	156	469	1	3	3	1	3	4
30	EFDCBA	693	496	804	839	957	853	5	5	4	2	3	2

31	CBAEDF	464	214	970	364	445	300	3	2	5	3	2	4
32	ACBFDE	498	720	151	660	170	739	4	3	5	1	2	1
33	ABCFED	412	152	524	197	139	178	5	5	5	5	5	4
34	EFDBAC	477	831	845	822	702	410	3	1	5	1	1	3
35	EDFCAB	295	909	717	169	560	430	1	4	3	5	5	4
36	FEDBAC	508	323	392	409	639	984	5	5	5	5	5	5
37	DFEBCA	877	844	605	148	402	692	1	2	2	4	5	5
38	CBADEF	242	203	517	874	216	537	1	3	5	1	1	3
39	CABFDE	595	801	819	702	839	450	2	4	2	5	5	4
40	BACFED	977	121	938	180	463	531	4	5	5	2	4	3
41	FDEBCA	366	669	546	643	584	706	4	3	4	3	2	1
42	EDFABC	861	694	953	416	671	685	1	4	4	4	3	3
43	DEFCAB	680	821	553	654	848	589	3	2	5	3	2	4
44	ACBDEF	277	832	556	212	861	532	5	5	5	4	2	3
45	CABDFE	876	139	775	692	142	585	1	4	2	5	5	5
46	EDFABC	639	235	683	143	199	816	2	4	4	3	5	3
47	BACEFD	908	572	858	963	951	414	2	4	4	3	5	3
48	FEDACB	915	472	940	310	348	373	1	2	1	4	3	2
49	BCAEDF	183	697	690	869	916	978	2	5	4	3	2	3
50	ABCDFE	607	689	188	433	104	456	3	5	4	2	3	4
51	EFDBAC	256	739	584	390	930	503	2	2	2	3	5	4
52	FDECBA	561	658	305	270	966	811	1	1	5	3	1	3
53	ACBFED	337	726	751	103	132	566	3	4	3	5	4	4
54	DFEABC	404	554	432	822	150	604	1	1	2	4	3	2
55	CBAFED	593	611	672	524	799	902	4	2	2	4	3	3
56	EDFBAC	126	106	157	296	152	876	2	5	3	5	4	4
57	FEDCBA	686	691	564	934	267	123	1	1	2	3	2	1
58	BACDEF	830	569	369	821	252	632	3	5	3	1	3	5
59	BCAFED	593	659	130	562	431	416	2	5	3	3	4	2
60	CABEFD	723	866	884	164	742	150	3	2	5	3	1	3

61	DEFABC	994	512	349	324	745	543	4	4	4	4	5	5
62	ABCEFD	808	580	798	398	899	123	1	3	4	1	5	2
63	DFECAB	566	697	772	336	480	375	2	4	4	5	1	1
64	ACBEDF	305	447	725	421	819	959	1	5	1	3	2	3
65	DEFCBA	947	483	249	533	682	710	3	2	3	2	2	3
66	CABEDF	979	278	267	789	354	576	5	5	5	2	4	4
67	FDEACB	158	953	446	544	847	814	1	1	1	2	3	5
68	BACFDE	769	452	226	486	184	881	5	2	2	5	5	5
69	FEDCAB	183	353	240	660	692	118	5	5	4	2	3	3
70	BCAEDF	732	706	296	888	229	334	2	1	1	4	3	3

9.3 Formularios de hoja de panelistas

Formulario 3: Hoja del Panelista para Análisis Sensorial de Sabor y Textura

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

Fecha: _____ **Núm. de panelista:** _____

Instrucciones: Se le presentan seis muestras de postres congelados con números aleatorios de tres dígitos. Para cada muestra, anote el número de muestra en el espacio correspondiente. Pruebe cada muestra y evalúe su textura en general. Coma una galleta para limpiar el paladar y tome agua entre muestras para refrescar sus receptores. Luego marque con una (X) en el valor donde usted crea que se encuentra la textura de la muestra que esta probando. Luego marque una X en la muestra que compraría si estuviera en el mercado. Si desea incluya un comentario relacionado a la diferencia en la calidad de las muestras. Si es alérgico a los productos lácteos por favor no prosiga con el panel sensorial y comuníqueselo al investigador.

Número de Muestra	_____	_____	_____	_____	_____	_____
5 Textura por encima de lo esperado	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3 Textura en su punto	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____
1 Textura por debajo de la esperada	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios:
_____
_____

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

Fecha: _____ **Núm. de panelista:** _____

Instrucciones: Se le presentan seis muestras de postres congelados con números aleatorios de tres dígitos. Para cada muestra, anote el número de muestra en el espacio correspondiente. Pruebe cada muestra y evalúe primero el sabor en general. Coma una galleta para limpiar el paladar y tome agua entre muestras para refrescar sus receptores. Luego marque con una (X) en el valor donde usted crea que se encuentra el sabor de la muestra que esta probando. Si desea incluya un comentario relacionado a la diferencia en la calidad de las muestras. Si es alérgico a los productos lácteos por favor no prosiga con el panel sensorial y comuníqueselo al investigador.

Número de Muestra	_____	_____	_____	_____	_____	_____
5 Sabor por encima de los esperado	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3 Sabor en su punto	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____
1 Sabor por debajo de los esperado	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios:

_____

_____

_____

_____

9.4 Análisis de ANOVA para muestras de sensorial y los intervalos de confianza

Análisis de Anova para muestras de sensorial “Just About Right” en textura

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
1	6	19	3.166667	1.766667
2	6	18	3	0.4
3	6	16	2.666667	2.666667
4	6	15	2.5	1.5
5	6	28	4.666667	0.266667
6	6	18	3	1.2
7	6	22	3.666667	1.466667
8	6	20	3.333333	2.666667
9	6	21	3.5	1.9
10	6	14	2.333333	1.466667
11	6	21	3.5	1.1
12	6	17	2.833333	2.166667
13	6	20	3.333333	1.066667
14	6	15	2.5	3.9
15	6	17	2.833333	2.566667
16	6	22	3.666667	0.666667
17	6	16	2.666667	2.266667
18	6	16	2.666667	2.666667
19	6	22	3.666667	0.666667
20	6	22	3.666667	0.666667
21	6	21	3.5	2.3
22	6	22	3.666667	1.066667
23	6	25	4.166667	1.366667
24	6	18	3	0.8
25	6	20	3.333333	0.666667
26	6	19	3.166667	0.566667
27	6	22	3.666667	1.466667
28	6	22	3.666667	0.666667
29	6	21	3.5	1.1
30	6	16	2.666667	1.066667
31	6	21	3.5	0.3
32	6	19	3.166667	0.966667
33	6	22	3.666667	1.466667
34	6	17	2.833333	0.566667
35	6	18	3	2

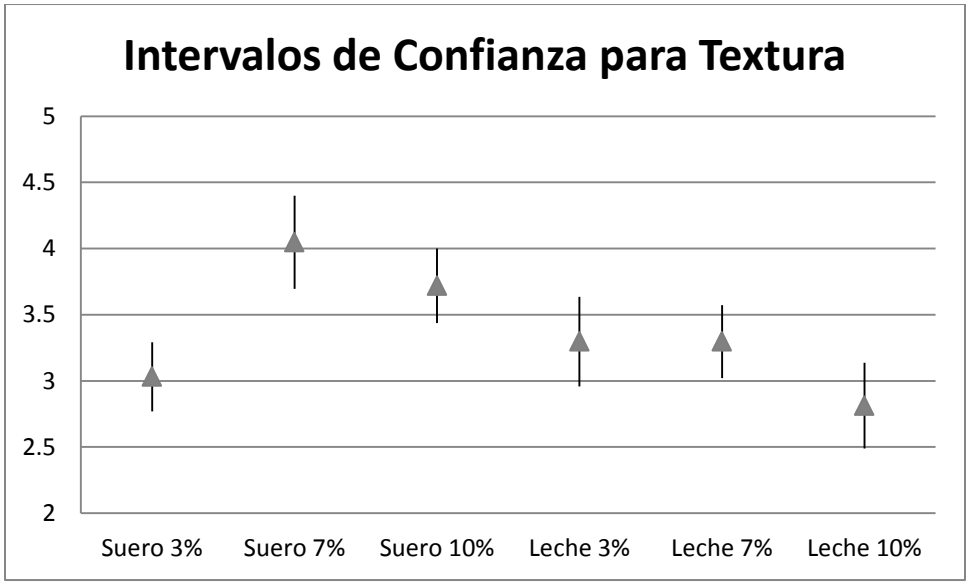
36	6	23	3.833333	1.366667
37	6	20	3.333333	1.466667
38	6	18	3	0.4
39	6	21	3.5	1.9
40	6	17	2.833333	2.166667
41	6	12	2	0.8
42	6	24	4	0.4
43	6	21	3.5	0.3
44	6	15	2.5	1.1
45	6	21	3.5	1.1
46	6	25	4.166667	0.966667
47	6	22	3.666667	2.666667
48	6	21	3.5	1.1
49	6	20	3.333333	1.866667
50	6	23	3.833333	0.966667
51	6	25	4.166667	0.966667
52	6	19	3.166667	0.166667
53	6	16	2.666667	0.266667
54	6	26	4.333333	0.666667
55	6	16	2.666667	0.666667
56	6	24	4	0.4
57	6	22	3.666667	1.466667
58	6	22	3.666667	2.266667
59	6	23	3.833333	0.566667
60	6	22	3.666667	2.666667
61	6	27	4.5	0.7
62	6	24	4	1.2
63	6	23	3.833333	1.766667
64	6	19	3.166667	0.566667
Suero 3%	64	194	3.03125	1.046627
Suero 7%	64	259	4.046875	1.410466
Suero 10%	64	238	3.71875	1.125992
Leche 3%	64	211	3.296875	1.354911
Leche 7%	64	211	3.296875	1.100942
Leche 10%	64	180	2.8125	1.297619

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Rows	115.7266	63	1.83693	1.670049	0.002441	1.353843
Columns	65.02344	5	13.00469	11.82324	1.71E-10	2.24265

Error	346.4766	315	1.099926
Total	527.2266	383	

Gráfica 9. Intervalos de confianza para determinar variación entre medias en análisis de textura



Análisis de Anova para muestras de sensorial "Just About Right" en sabor

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
1	6	14	2.333333	1.866667
2	6	11	1.833333	0.966667
3	6	16	2.666667	0.666667
4	6	15	2.5	1.9
5	6	13	2.166667	0.566667
6	6	25	4.166667	1.366667
7	6	21	3.5	1.9
8	6	19	3.166667	1.366667
9	6	15	2.5	1.1
10	6	15	2.5	0.7
11	6	20	3.333333	3.866667
12	6	22	3.666667	1.866667
13	6	17	2.833333	2.166667

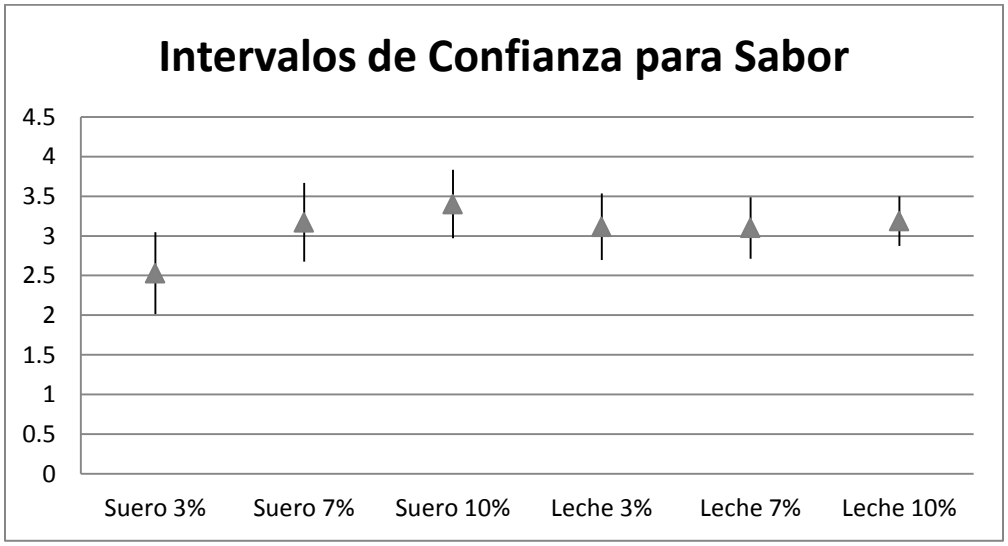
14	6	21	3.5	2.7
15	6	19	3.166667	1.366667
16	6	26	4.333333	0.666667
17	6	17	2.833333	0.566667
18	6	18	3	2.8
19	6	14	2.333333	1.466667
20	6	21	3.5	2.7
21	6	14	2.333333	1.066667
22	6	10	1.666667	1.066667
23	6	21	3.5	2.7
24	6	16	2.666667	0.666667
25	6	19	3.166667	0.566667
26	6	17	2.833333	2.166667
27	6	21	3.5	2.3
28	6	16	2.666667	0.666667
29	6	15	2.5	1.5
30	6	21	3.5	1.9
31	6	19	3.166667	1.366667
32	6	16	2.666667	2.666667
33	6	29	4.833333	0.166667
34	6	14	2.333333	2.666667
35	6	22	3.666667	2.266667
36	6	30	5	0
37	6	19	3.166667	2.966667
38	6	14	2.333333	2.666667
39	6	22	3.666667	1.866667
40	6	23	3.833333	1.366667
41	6	17	2.833333	1.366667
42	6	19	3.166667	1.366667
43	6	19	3.166667	1.366667
44	6	24	4	1.6
45	6	22	3.666667	3.066667
46	6	21	3.5	1.1
47	6	21	3.5	1.1
48	6	13	2.166667	1.366667
49	6	19	3.166667	1.366667
50	6	21	3.5	1.1
51	6	18	3	1.6
52	6	14	2.333333	2.666667
53	6	23	3.833333	0.566667
54	6	13	2.166667	1.366667
55	6	18	3	0.8
56	6	23	3.833333	1.366667

57	6	10	1.666667	0.666667
58	6	20	3.333333	2.266667
59	6	19	3.166667	1.366667
60	6	17	2.833333	1.766667
61	6	26	4.333333	0.266667
62	6	16	2.666667	2.666667
63	6	17	2.833333	2.966667
64	6	15	2.5	2.3
65	6	15	2.5	0.3
66	6	25	4.166667	1.366667
67	6	13	2.166667	2.566667
68	6	24	4	2.4
69	6	22	3.666667	1.466667
70	6	14	2.333333	1.466667
Suero 3%	70	177	2.528571	2.165839
Suero 7%	70	222	3.171429	2.086128
Suero 10%	70	238	3.4	1.808696
Leche 3%	70	218	3.114286	1.754865
Leche 7%	70	217	3.1	1.627536
Leche 10%	70	223	3.185714	1.312836

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Rows	211.25	69	3.061594	1.989519	3.15E-05	1.336663
Columns	29.92619	5	5.985238	3.889394	0.001922	2.240152
Error	530.9071	345	1.538861			
Total	772.0833	419				

Gráfica 10. Intervalos de confianza para determinar variación entre medias en análisis de sabor



9.6 Tablas "overrun" muestras de sensorial

Tabla 23. "Overrun" de las muestras del análisis sensorial

Muestra	"Overrun"
Suero 3%	97.91%
Suero 7%	103.42%
Suero 10%	105.23%
Leche 3%	98.32%
Leche 7%	103.69%
Leche 10%	105.44%

9.7 Figuras de los procedimientos realizados en la investigación

Figura 2: Proceso de homogenización de la mezcla

Figura 3: Proceso de pasteurización de la mezcla

Figura 4: Análisis de textura

Figura 5: Análisis de viscosidad

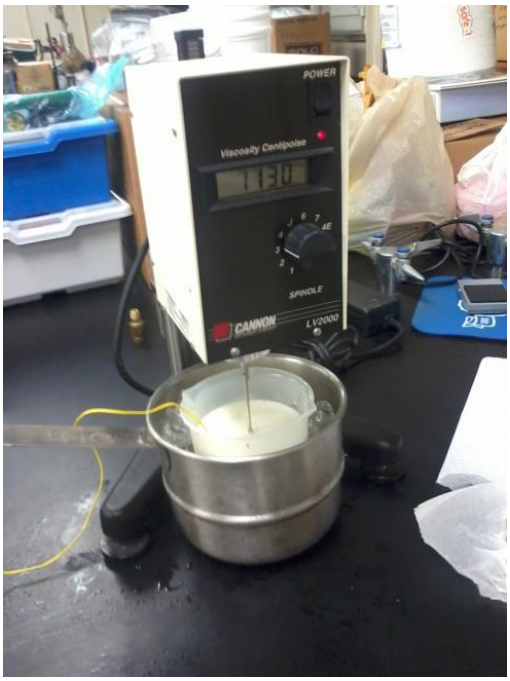


Figura 6: Análisis de grasa por Mojonnier

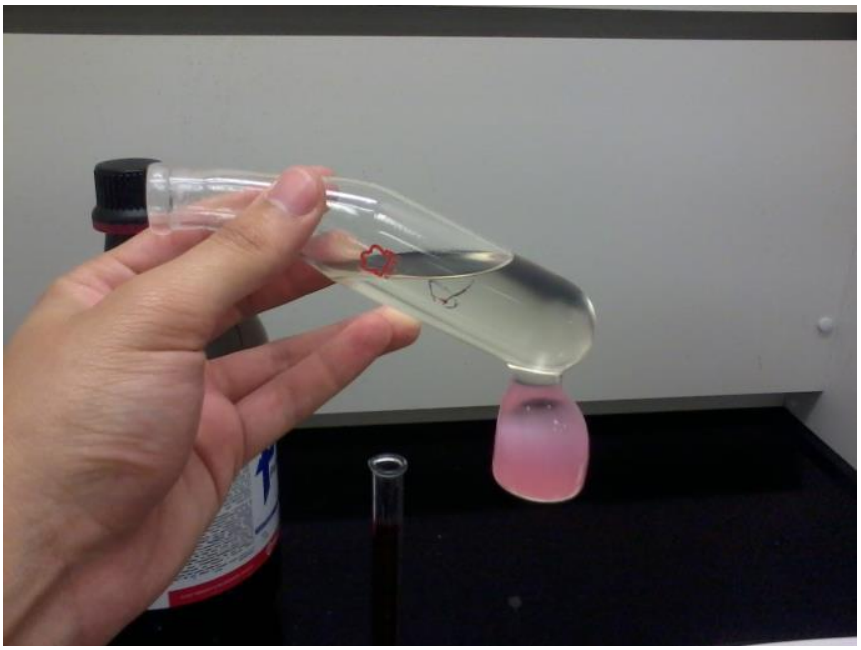


Figura 7: Método para prueba "Melting Rate"

Figura 8: Plato Violet red bile agar para prueba de coliformes en la mezcla

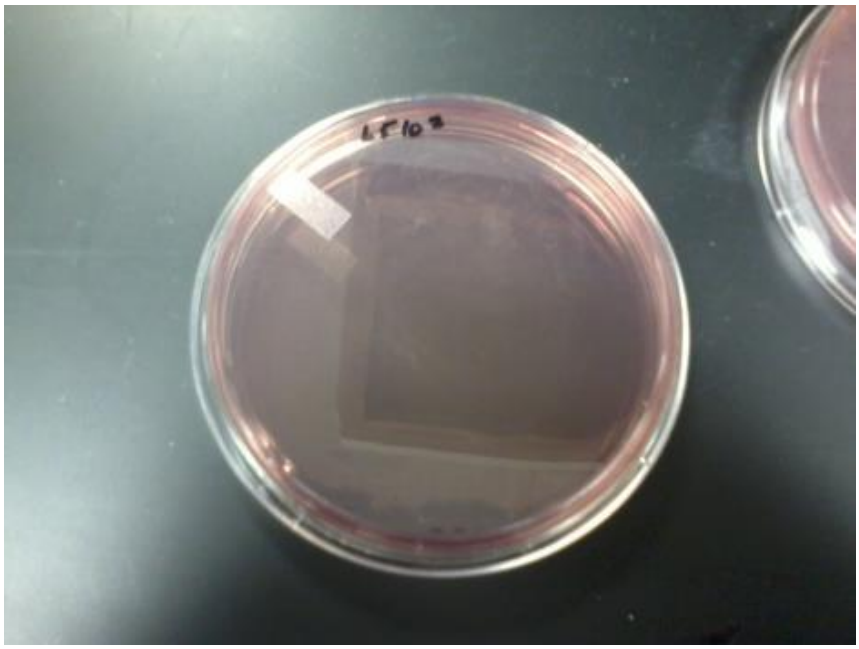
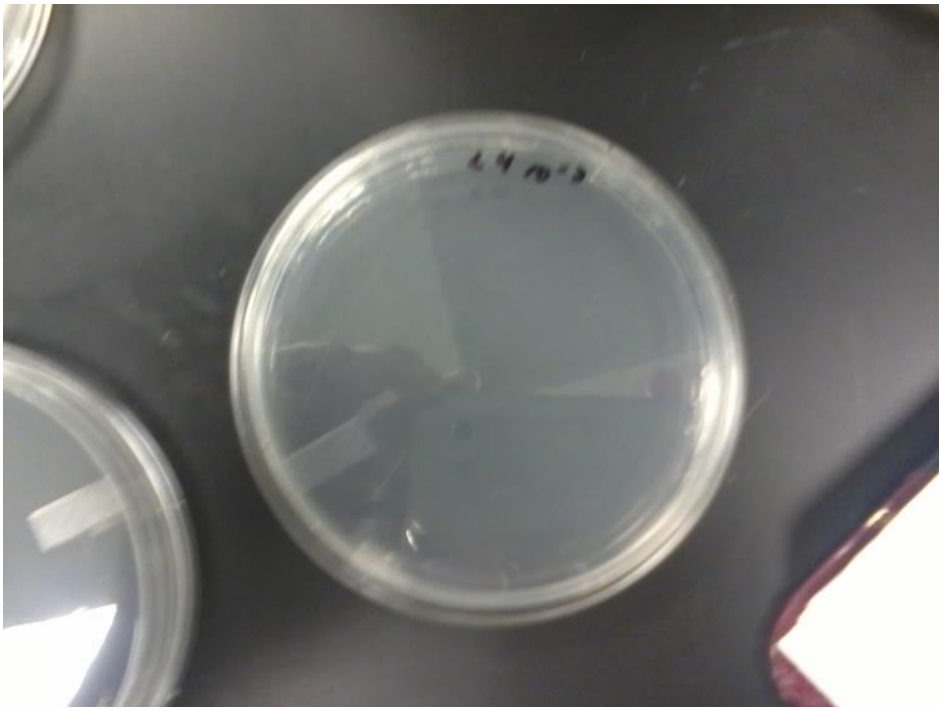



Figura 9: Plato Plate count agar para prueba de bacterias totales en la mezcla