

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

Por Arnaldo Jesús Rodríguez Rivera

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

MAESTRO EN CIENCIAS

En

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

2017

Leyda Ponce de León, Ph. D.
Presidente de Comité Graduado

Fecha

Lynette Orellana, Ph. D.
Miembro de Comité Graduado

Fecha

María Plaza, Ph. D.
Miembro de Comité Graduado

Fecha

Nancy V. Vicente, Ph. D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Fernando Pérez, Ph.D
Coordinador de Departamento

Fecha

Derechos de Autor Reservados[©]
Arnaldo Jesús Rodríguez Rivera 2017

Resumen:

Se evaluaron las características físico-químicas de un postre congelado a base de leche con Proteínas del Suero Aisladas al 95% en polvo (**WPI, por sus siglas en inglés**), con el propósito de obtener un producto con un mayor contenido proteico. El suero es considerado un desecho en la industria de quesos, aun cuando posee características beneficiosas como un bajo contenido de grasas y azúcares y un alto contenido de proteínas, características que son apreciadas por grupos particulares de la población. Se elaboraron tres muestras experimentales en las cuales se cambió el contenido de sólidos no grasos utilizando WPI (0.25lb, 0.50lb y 0.75 lb de WPI por tanda o 5%, 6% y 7% de WPI respectivamente). Se pudo determinar que los postres congelados experimentales poseen un mayor contenido de proteínas y menor cantidad de grasas que el grupo control, que fue uno elaborado a base de leche con sólidos de leche en polvo. Adicionalmente, hubo una diferencia significativa en el tiempo de derretimiento de las muestras experimentales, las cuales no presentaron derretimiento durante las pruebas, debido al uso de proteínas de suero con gomas, que posiblemente desarrolla un polímero termoestable, que también afectó las características organolépticas. Con ello obteniendo durezas menores a medida que se aumentaba la cantidad de WPI. El pH aumentó a medida se aumentaba la cantidad de WPI. El “overrun” exhibió una curva unimodal con un pico en 0.50 lb de WPI por tanda y disminuyó al aumentar el suero a 0.75 lb de WPI por tanda. Se pudo observar que a medida que se aumentó la cantidad de WPI, aumentó la viscosidad de las muestras experimentales y disminuyó la dureza del postre congelado. Como parte del análisis sensorial, los panelistas determinaron que las características organolépticas del producto con 0.25 lb de WPI por tanda eran las más agradables, esto tanto para pruebas de textura-

sabor y aceptabilidad.

Abstract:

The physicochemical characteristics of a milk and whey protein isolate (**WPI**) frozen dessert were evaluated, with the purpose of obtaining a product with a higher protein content. Whey is considered a waste in the cheese industry, even though it has beneficial characteristics such as low fat and sugar and a high protein content, characteristics that are appealing to a certain part of the population. Three test samples were developed which only had a change in the content of non-fat solids using WPI, (0.25, 0.50 and 0.75 lb. WPI per lot or 5%, 6% y 7% WPI respectively). It was determined that experimental frozen desserts have a higher protein content and less fat than the control group, which was made with milk and powdered milk solids. Also, there was a significant difference in the melting time for the experimental samples, which did not melt during testing, due to the use of whey proteins and gums as ingredients that may have developed of a thermoset polymer, which also affected the organoleptic characteristics. Thereby, obtaining lower hardness as the amount of concentrated WPI was increased. The pH increased as the amount of WPI was increased. The overrun exhibited a unimodal typed curve where a peak overrun is observed on WPI 0.50 lb. per batch and decreases with increasing WPI to 0.75 lb. per batch. It was observed that the WPI on the batch went higher, the viscosity of the experimental sample increased and the hardness of the frozen dessert decreased. As part of sensory analysis, panelists determined that the organoleptic characteristics of the product with 0.25 lb. WPI per batch were the most enjoyable, for both texture-taste and acceptability tests.

Abbreviation: Whey Protein Isolate: **WPI**

Dedicatoria:

A Dios por nunca apartarse de mi lado...

A Fabio por siempre estar cuando lo necesito...

A Papi por siempre empujarme un poco más...

A Mami por siempre traerme paz...

A Titi Betita por permitirme estudiar...

A Zamara por tu siempre amor y apoyo incondicional...

A Brian por ser un hermano más...

Y a esas las almas que me acompañaron durante esta travesía...

Cultivo una rosa blanca
en junio como en enero
para el amigo sincero
que me da su mano franca.

Y para el cruel que me arranca
el corazón con que vivo,
cardo ni ortiga cultivo;
cultivo la rosa blanca.

José Martí

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su siempre compañía y amor; y aun cuando en desespero envió calma y fuerza a mi alma.

A mis padres, Arnaldo J. Rodríguez e Irma J. Rivera, por su ayuda y confianza siempre. Por los ánimos al inicio y final de esta travesía. Por el tiempo a mi lado. Por esas lágrimas compartidas y esas angustias llevadas a costas junto a mí. Por el siempre amparo y el amor que siempre me han demostrado.

A Fabio A. Rodríguez, por ser el mejor Hermano. Por guardar mi espalda aun cuando el mundo se me caía. Por los desahogos que me permitía, las lágrimas que escucho por muchos días. Por llegar un día a congelar, aun sin saber qué hacía. Por esa confianza y amor que me demuestra cada día.

A mi tía Elizabeth “Betita” Rivera, por las oportunidades durante tantos años. Por cada semestre ayudarme a costear mis estudios y mis materiales de tesis. Por las entrevistas y el sentarse a pedirme que acabe mi maestría.

A Zamara Ivette Hernández, porque llegaste con la “Serenata” que cambio mi vida. Por esa tu compañía, por tu amistad y ese amor que siento hoy. Por esas risas y sonrisas, esos besos que trajeron paz a mi vida. Por ser parte de mi plan de vida.

A Brian Cortez, pues pasaste de ser conocido a un hermano de por vida. Por escuchar mis lágrimas como si fueran tuyas. Darme siempre ánimos y compartir esos momentos de cigarrillos y risas.

A mi Directora de Tesis, Dra. Leyda Ponce de León, por darme la oportunidad de convertir una idea en una tesis. Por el brindarme su conocimiento como una herramienta. Por las guías y la ayuda cuando no sabía cómo continuar. Por el ofrecerme una gran oportunidad, el recomendarme para algo que espero sea un sueño hecho realidad. Y por permitirme usar su laboratorio para experimentar.

A la Dra. María Plaza, por ser siempre tan atenta y por su amistad. Por prestarme su laboratorio, enseñarme a usar el equipo y de vez en cuando quedarse un ratito acompañándome con esas conversaciones de vida.

A la Dra. Lynette Orellana, por una oportunidad que siempre soñé realizar. Por permitirme darme cuenta en lo que deseo trabajar. Por sus consejos y su ayuda.

Al Dr. Fernando Pérez, pues cuando en desespero con los datos estadísticos me dio la mano y me saco del desespero.

A la Profesora Aixa Rivera, por ser de esas personas que me ayudan a reírme de los días. Por su ayuda a la hora de conseguir dinero para costear algunos de los materiales y por de vez en cuando pedirme termine esta travesía.

Al Dr. Carlos Ríos Velázquez, pues fue el quien me inspiro a seguir los caminos de la

Academia desde antes de empezar en ella. Por su siempre apoyo, por el acordarse de mi para cada proyecto existente. Es usted mi inspiración, mi modelo.

A la Dra. Patricia Ortiz y al Dr. Cacimar Ramos, pues junto a ustedes expandí mis horizontes. Con ustedes pasé muchas de “Caín”, más logré ver la luz. Por permitirme ser maestro y estudiante, técnico y amigo.

A Miguel Rivera, por ser quien me ayudó a desarrollar el “beta” de mi tesis. Por ser un par de manos siempre dispuestas a un día de “hacer mantecado”. Por convertirte en un amigo.

A Susieling Meletich y a Cristina Alicea, porque cuando en desesperos técnicos me dieron su mano sin pensarlo un instante.

A mis compañeros de CITA, porque a través de los años se han convertido en familia extendida.

Al programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, por ayudarme a costear los materiales para la producción de esta tesis.

A NIFA USDA-Proyecto HATCH 446, por costear los reactivos para los análisis químicos.

Tabla de contenido

I.	Justificación.....	1
II.	Objetivos.....	3
III.	Revisión de literatura.....	4
	3.1 Leche.....	4
	3.2 Suero como producto de la industria quesera.....	4
	3.3 Producción a base de Suero.....	5
	3.4 Productos congelados con suero.....	7
	3.5 Productos a base de suero.....	9
	3.6 Suero en polvo.....	10
IV.	Materiales y métodos.....	12
	4.1 Formulación de la mezcla y almacenamiento.....	12
	4.2 Análisis proximal.....	16
	4.2.1 Determinación de humedad y sólidos totales.....	16
	4.2.2 Determinación de proteína bruta.....	17
	4.2.3 Determinación de grasa cruda.....	18
	4.2.4 Determinación de cenizas.....	20
	4.2.5 Determinación de carbohidratos.....	20
	4.2.6 Determinación de pH.....	21
	4.3 Análisis microbiológico a la mezcla.....	21
	4.4 Análisis de viscosidad a la mezcla.....	21
	4.5 Análisis de capacidad de fusión.....	22
	4.6 Análisis de textura.....	22
	4.7 Análisis sensorial.....	23
	4.8 Análisis estadístico.....	24

V.	Discusión de resultados.....	25
	5.1 Formulación de mezclas de postres congelados.....	25
	5.2 Análisis proximal.....	25
	5.2.1 Determinación del porcentaje de sólidos totales.....	25
	5.2.2 Determinación del porcentaje de proteína bruta.....	26
	5.2.3 Determinación de grasa cruda.....	27
	5.2.4 Determinación de cenizas.....	29
	5.2.5 Determinación de carbohidratos.....	29
	5.2.6 Determinación de pH.....	30
	5.3 Análisis microbiológico de la muestra.....	31
	5.4 Análisis de viscosidad.....	32
	5.5 Análisis de fusión.....	34
	5.6 Análisis de textura.....	35
	5.7 Actividad de agua.....	36
	5.8 <i>Overrun</i>	37
	5.9 Análisis sensorial.....	38
VI.	Conclusión.....	41
VII.	Recomendaciones.....	42
VIII.	Referencias.....	43
IX.	Apéndice.....	49
	Tabla 1.1: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de sólidos totales.....	49
	Tabla 1.2: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de proteína bruta.....	49
	Tabla 1.3: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de grasa cruda.....	49

Tabla 1.4: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de cenizas.....	50
Tabla 1.5: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de pH.....	50
Tabla 1.6: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de viscosidad	50
Tabla 1.7: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de Dureza.....	51
Tabla 1.8: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de “overrun”	51

Listado de tablas

Tabla A: Abreviaciones de las formulaciones.....	12
Tabla B: Composición teórica de las cuatro formulaciones.....	13
Tabla C: Resultados promedios para análisis proximal de las fórmulas.....	26
Tabla D: Determinación de pH.....	32
Tabla E: Análisis Microbiológico de las muestras.....	33
Tabla F: Viscosidad de las mezclas de los postres congelados a los 30 y 60 segundos respectivamente.....	34
Tabla G: Determinación de las características de textura de los postres congelados.....	37
Tabla H: Actividad de agua para los diferentes tratamientos (postres congelados).....	38
Tabla I: Promedio para pruebas de % de Overrun de diferentes formulaciones.....	39
Tabla J: Prueba de apreciación para los postres experimentales.....	40
Tabla K: Orden de preferencia para análisis sensorial.....	41

I. Justificación

La industria lechera de Puerto Rico es la fuente de carne y leche de mayor importancia en Puerto Rico (Oficina para la Reglamentación de la Industria Lechera, 2012), siendo estos a su vez, alimentos básicos de gran valor nutricional para la dieta humana (USDA, 2015). Actualmente, la ganadería de leche es la empresa agrícola de mayor importancia en la economía de Puerto Rico; para el año fiscal 2004-05, la empresa aportó el 29.82 por ciento del Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico (Instituto de Estadística de Puerto Rico, 2010). Cabe mencionar que la industria lechera en Puerto Rico está reglamentada por la Oficina de la Reglamentación de la Industria Lechera, el Departamento de Salud y la Administración de Drogas, Alimentos y Cosméticos (FDA, por sus siglas en inglés), esto a diferencia de otras empresas agrícolas en la isla. De la leche se producen alimentos derivados incluyendo: quesos, mantecados, yogurt y productos a base de suero como concentrados en polvo y ricota. Uno de los productos lácteos de mayor producción en el mundo es el queso (USDA, 2012). Como resultado de la elaboración del mismo, durante la coagulación o precipitación de la caseína, se obtiene un líquido amarillento conocido como suero de queso. Este forma entre el 90-95% del volumen de la leche y contiene el 55% de los nutrientes de la misma (Paraskevopoulou *et al.*, 2003).

El suero lácteo mayormente es descartado debido a su alto costo de procesamiento, aun cuando posee características nutricionales deseables. Puerto Rico elabora queso blanco mayormente utilizando vinagre en su elaboración, produciendo así un alto volumen de suero ácido. En Estados Unidos se produjeron cerca de 856 millones de libras de suero de queso para el año 2015, según reportado por el Departamento de Agricultura de Estados

Unidos (USDA, 2016). En el caso de ser descartado de forma inadecuada, este presenta una amenaza al ambiente debido a sus características de toxicidad en los cuerpos de agua. El suero de queso podría ser incorporado a productos para mejorar sus características nutricionales, aumentando así el contenido de proteína en estos (Webb & Whittier, 1948).

En esta investigación se buscaba desarrollar una formulación para un postre congelado que contenga características parecidas a las de un helado, que fuera a base de leche y, como sustituto de sólidos no grasos, utilizar el aislado de suero lácteo en polvo. Esto brinda una alternativa a las compañías productoras de queso para la utilización del suero de queso, elaborando productos congelados que sean bajos en grasa. Además, otorga un valor agregado al suero sin tener que pasar por los tratamientos de alto costo, como la atomización, ni que sea considerado un desecho. Este proyecto busca modificar el contenido de proteína usando el aislado de suero lácteo en polvo como sustituto de la leche en polvo y de esta forma aumentar la cantidad de proteínas y reducir la cantidad de grasa aportada por la leche en polvo.

II. Objetivos:

El objetivo principal de esta investigación fue realizar una formulación de un postre congelado a base de leche y aislado de suero de leche en polvo que contenga características tanto de textura como de sabor, parecidas a un helado regular. Como objetivos específicos se encuentran:

- a. Elaborar una formulación donde se use suero en polvo como fuente de sólidos no grasos.
- b. Elaborar una formulación que brinde diferentes alternativas de contenido de proteínas.
- c. Determinar y evaluar la textura del postre congelado y compararla a un helado con 3% de grasa láctea.
- d. Medir la viscosidad de la mezcla antes de congelación.
- e. Determinar la tasa de fusión del producto final.
- f. Determinar la aceptación del producto final con un Análisis Sensorial.
- g. Determinación de las características nutricionales, utilizando Análisis Proximal, de los productos experimentales para observar el efecto de añadir aislado de suero en polvo, al comparar el mismo con un postre congelado regular.
- h. Determinar el recuento de microorganismos de los productos experimentales.

III. Revisión de literatura

3.1 Leche

La leche se define como una secreción de las glándulas mamarias con la función principal de nutrir las crías del animal. En el caso de la leche proveniente de algunos animales, ésta es consumida por humanos o se consume como parte de productos desarrollados a base de la misma (¹Walstra et al., 2005). De la leche se pueden obtener productos derivados como lo son el queso, el mantecado, la mantequilla y el yogurt.

De forma tradicional, la preparación de quesos se lleva a cabo mediante una de dos técnicas, utilizando ácidos débiles o renina. Cuando los ácidos débiles, como ácido cítrico o ácido acético, se utilizan como parte de la preparación de quesos frescos, los quesos no pasan por un periodo de añejamiento. Por otro lado, el uso de la renina, un aislado de enzimas estomacales del becerro, permite obtener una materia prima con cambios mínimos en pH lo cual permite el inocular y añejar quesos con bacterias lácticas y obtener características deseables de sabor y textura (¹Walstra et al., 2005).

Dependiendo de la técnica que se utilice para preparar el queso, se producirá suero lácteo ácido o dulce. El suero ácido es el líquido sobrante durante la producción de quesos donde se precipita la proteína caseína por medio de ácidos orgánicos débiles. Por otra parte, el suero dulce es el líquido sobrante durante la elaboración de queso en donde se coagula la caseína por medio de la enzima renina (Mandal et al., 2012).

3.2 Suero lácteo como producto de la industria quesera

Se define suero lácteo como una fase líquida que forma entre el 90-95% del

volumen de la leche y contiene el 55% de los nutrientes de la misma (Paraskevopoulou et al., 2003). Este se compone principalmente de proteínas globulares, que se caracterizan por ser hidrofílicas. La β -lactoglobulina, representa la proteína de mayor concentración en el suero; es por ello que las características del producto tienden a estar estrechamente vinculadas con dicha proteína. El pH, la solubilidad y caracterización asociadas a desnaturalización, son tomadas en cuenta usando como base la proteína anteriormente mencionada (²Walstra et al., 2005).

Los procesos de desnaturalización de las proteínas en el suero, permiten la observación de cambios estructurales en las mismas. Dichos cambios tienden a estar relacionados con exposición a calor y cambios en el pH de la solución. En el caso de pH, la β -lactoglobulina se ve afectada bajo condiciones levemente arcádicas (pH de 6.9), provocando agregación de las mismas. Por otro lado, una temperatura mayor a 70°C, afecta un mayor número de las proteínas que podemos encontrar asociadas unas con otras (β -lactoglobulina, albúmina bovina e inmunoglobulinas), estas son asociadas a el desarrollo de enlaces S-S entre dichas proteínas y las caseínas encontradas en la leche. Esto tiene un efecto directo en incrementar la viscosidad del suero (²Walstra et al., 2005).

3.3 Producción a base de suero

El suero de la leche no se consume de forma directa regularmente, pero puede ser procesado para el desarrollo de productos derivados tales como quesos de proteínas de suero (queso ricota), concentrados de suero en polvo y bebidas fermentadas entre otros productos (Mandal et al., 2012). El uso del suero, sea concentrado de suero como lo es el aislado de proteína de suero o “whey protein isolate” (**WPI**), está en aumento dentro de la

industria de alimentos, pues los mismos proveen características funcionales y nutricionales a los productos a los que son añadidos (Pérez et al., 2009). De igual forma las proteínas, junto con los polisacáridos, juegan un importante papel en el desarrollo de la textura en los alimentos (Corredig et al., 2011)

Estados Unidos y Europa son considerados los mayores productores de queso a nivel global. Para el año 2008 se estima que 180 millones de toneladas de suero fueron producidos (70%) provenientes de estos dos países (Affertsholt, 2008). Según el “Dairy Products Annual Summary” del USDA para el 2000, en los Estados Unidos se produjeron 8,258 millones de libras de queso en comparación con el 2011 cuando se produjeron 10,597 millones de libras de queso (USDA, 2012). Esto representa un aumento de 28% en poco más de 10 años. En Puerto Rico, la tendencia es la producción de quesos mayormente blanco, el cual se elabora añadiendo a la leche, ácido acético lo que produce suero ácido.

Muchas compañías, consideran el suero como un desecho. Algunas lo descartan al ambiente, contaminando así los cuerpos de agua y el suelo (Paraskevopoulou et al., 2003). Esta contaminación se debe a la alta demanda de oxígeno biológica (BOD) de los microorganismos; 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 ácido y suero dulce se han desarrollado diferentes tecnologías para reducir los sólidos totales del suero, pero los mismos resultan costosos para muchas compañías. Los procesos más utilizados son el secado por atomización y ultrafiltración del mismo que son útiles para reducir la lactosa y para obtener

concentrados de suero (Gauche et al., 2009). Luego del proceso el suero es comercializado como concentrado de suero (el cual contiene entre 35-80% de proteína, dependiendo de la marca y el tipo de producto), WPI (aquellos que contienen más de 90% de proteína) o concentrados de amino ácidos para bebidas nutricionales (³Walstra et al., 2005; Marshall, 2004; Paraskevopoulou et al., 2003). En el mercado actual existen variedad de productores y distribuidores de los mismos, tiendas por departamento, tiendas especializadas en artículos nutricionales, así como médicos y nutricionistas.

3.4 Productos congelados con suero

Existe poca variedad de productos congelados a base de suero de leche. Solo una patente que reporta la elaboración de un postre congelado que es completamente a base de suero (Mehta & Paget, 2005). Adicionalmente, son pocas las investigaciones que reportan las características físicas y químicas de un postre congelado a base de suero, la única encontrada al momento es la desarrollada por Ortiz-Alemán en el 2013. 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 (Patel et al., 2006).

El título 21 del código de regulación federal de los Estados Unidos, en la parte 135.110 (21 CFR 135. 110), establece como estándar 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 el cambiar 1% de sólidos no grasos por 1% de concentrado de proteínas de suero en polvo no tiene efecto significativo en la textura del mantecado (Ruger et al., 2002). En el título 21 CFR

135.140, se describe al *sherbet* como un producto congelado con una grasa láctea entre 1 y 2 por ciento, y para el cual se puede utilizar suero de leche en polvo como uno de los ingredientes a añadir a la mezcla.

Patel y colaboradores (2006) encontraron que a mayor cantidad de proteínas de suero en un mantecado, mayor es la capacidad de estas proteínas para enlazarse al agua disponible. Esto ocasiona que la viscosidad del producto, en comparación al mantecado control (regular 10% grasa), aumente a medida que aumente la cantidad de proteínas de suero. Esta habilidad de enlazarse al agua ayudó a que se formara una menor cantidad de cristales de hielo y que estos fuesen más pequeños. El panel sensorial usado en este estudio, encontró que todas las formulaciones tenían una mejor aceptación en la textura y cremosidad al ser comparados con el control. En términos de sabor, se observó una menor aceptación, debido a que a mayor contenido de suero, menor era la percepción en el sabor a vainilla del mantecado (Patel et al., 2006).

Actualmente, existe una patente para un postre congelado a base de suero que busca elaborar un postre congelado con pulpa de frutas, que posea características similares al mantecado. Para esto, se le removió la grasa y las proteínas al suero para mejorar la textura según el autor de la patente. El producto contiene suero, emulsificador, estabilizante, azúcar y se le puede agregar cualquier saborizante. El estudio logró formular un postre congelado con suero de sabor aceptable cuando se utilizó pulpas de frutas pero, no se logró un sabor aceptable al utilizar saborizantes como vainilla (Mehta & Paget, 2005).

En Estados Unidos y Australia la compañía “Wheyhey” mercadea un postre congelado a base de suero de leche. Sus productos utilizan alcoholes como sustitutos de azúcares y el uso de crema para añadir grasa al mismo (Wheyhey, 2016).

Entre los años 2002 y 2008 se ha visto un aumento de 15% en la elaboración de productos a base de suero representando 6,553 productos nuevos con suero (Affertsholt, 2008).

Por lo tanto el suero, ácido o dulce, puede servir como base para la elaboración de diferentes productos lácteos, tales como los postres congelados. Los mantecados y productos congelados tienen una alta demanda y requieren una serie de ingredientes lácteos. El utilizar ingredientes alternos como el suero lácteo puede aumentar el valor nutricional del producto final (Ortiz- Alemán, 2013; Patel et al., 2006).

Para el 2012, en Estados Unidos, la producción de mantecados se estimó en unos 899 millones de galones de mantecado regular y 467 millones de mantecados bajos o libres de grasa (USDA, 2012) y un consumo de 19.1 cuartillos de mantecado por persona para el 2009 (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 (Roland et al., 1999), así como la de productos altos en proteínas (Sloan, 2013). Sin embargo, no se puede olvidar que se ha encontrado que la aceptación de los postres congelados libres o bajos en grasa es baja debido a su pobre textura y sabor, siendo catalogados como de mala calidad (Roland et al., 1999).

3.5 Productos a base de suero

Tanto el mercado local como internacional busca desarrollar productos a base de

suero para utilizar este producto secundario de la producción de quesos. Tomando en consideración el método por el cual se obtuvo el suero, serán los tipos de productos que se pueden desarrollar incluyendo: mantecado, pan, galletas, sopas, margarina, jugos y otras bebidas. El suero ácido se podría incorporar en productos como mantequilla, vinagres, vinos, quesos, aderezos de ensalada, bebidas de frutas, sherbets y leches fermentadas (Webb & Whittier, 1948). Estos productos varían en el tipo de suero que se utiliza, pues se busca mejorar u obtener características similares a las del producto original, mientras se aumentan el contenido de proteína y se reducen el contenido de grasa (Webb & Whittier, 1948).

3.6 Suero en polvo

El proceso de manufactura del suero en polvo varía dependiendo de la concentración de proteínas que se desea alcanzar. El proceso inicial se basa en la cristalización forzada del producto para la concentración del mismo. El proceso de cristalización se puede realizar por cuatro métodos diferentes: a) concentración de los sólidos del suero hasta llegar a una concentración de 70% o más donde se permite la cristalización de la lactosa y luego se deja secar la masa, b) deshidratando suero, seguido por una rehidratación del mismo para forzar la cristalización de la lactosa, c) concentrando el suero, hasta al punto que contenga la cantidad de agua requerida para la hidratación de la lactosa en el sistema (no se añade agua, si no que se elimina de forma controlada luego de cristalizar la lactosa) y d) un suero seco, en el cual la lactosa se encuentra en su forma *beta* anhidra, es preparado añadiendo suero parcialmente concentrado con *beta* lactosa a una temperatura sostenida mayor a los 200°F, mientras la misma se cristaliza y seca (Webb, & Whittier, 1948).

Cualquiera de estos procesos de concentración es seguido por un proceso de secado ya sea utilizando atomización (el de mayor utilización actual en la industria) o el secado en tandas o en molino de calor. Estos métodos serán dependientes de la disponibilidad del manufacturero y de la concentración del suero a trabajar. La atomización ha tomado un auge en la industria de alimento, debido a su efectividad en el secado de emulsiones líquidas como lo son el suero en polvo; pues conserva las características de viscosidad, sólidos totales y temperatura de desnaturalización de sus proteínas y otros componentes. Además reduce los problemas de oxidación, microbiológicos y degradación química de los ingredientes (Gómez-Cruz & Gimenez-Munguia, 2014).

IV. Materiales y Métodos

4.1 Formulación de la mezcla y almacenamiento

Se desarrollaron cuatro formulaciones, cada una en duplicado, las mismas fueron: una formulación control con base de helado regular 3% grasa y tres formulaciones experimentales: helado reducido en grasa (3% grasa y X% Proteínas del Suero Aislada al 95%, WPI), (3% grasa y Y% Proteínas del Suero Aislada al 95%), (3% grasa y Z% Proteínas del Suero Aislada al 95%). Las formulaciones se elaboraron a partir de la composición y los ingredientes listados en la Tabla A.

Para facilitar la discusión de los resultados se otorgaron abreviaturas de acuerdo a la cantidad de grasa que contenía la mezcla, mostrado en la Tabla B. Luego, se dividieron en dos grupos las formulaciones que no contenían WPI y las formulaciones que contenían suero en polvo y las concentraciones del mismo y se diferenció dependiendo de la cantidad de suero que contenía.

Tabla A: Abreviaciones de las formulaciones

Formulaciones	Abreviación
86.13% de leche entera+ 11.07% de fructosa + 0.35% de goma DairyBlend + 5ml de vainilla + 2.50% de leche en polvo con 3% grasa por mezcla	H.25LP
86.13% de leche entera+ 11.07% de fructosa + 0.35% de goma DairyBlend + 2.50% Proteínas del	H.25S

Suero Aislada al 95% en Polvo + 5ml de vainilla para 3% grasa por mezcla	
84.03% de leche entera+ 10.75% de fructosa + 0.34% de goma DairyBlend + 4.89% Proteínas del Suero Aislada al 95% en Polvo + 5ml de vainilla para 3% grasa por mezcla	H.50S
82.02% de leche entera+ 10.49% de fructosa + 0.33% de goma DairyBlend + 7.15% Proteínas del Suero Aislada al 95% en Polvo + 5ml de vainilla para 3% grasa por mezcla para 3% grasa por mezcla	H.75S

Tabla B: Composición teórica de las cuatro formulaciones

COMPONENTE	H.25LP	H.25S	H.50S	H.75S
HUMEDAD %	75.65	75.65	73.82	72.08
PROTEINA %	3.60	4.59	6.27	7.87
GRASA %	2.78	2.80	2.76	2.71
CENIZA %	0.79	1.08	1.66	2.21
CARBOHIDRATOS %	17.16	15.87	15.48	15.11

Ingredientes adicionales utilizados durante la elaboración de los productos: Leche, WPI, Denia Instant nonfat milk powder, Isopure, extracto de Vainilla Sonoma Syrup C., fructosa granulada, y Goma TICGUM DairyBlend sin sabor.

Como parte de la fase experimental, se decidió utilizar Proteínas del Suero Aisladas al 95% en polvo (WPI, por sus siglas en inglés). El mismo es de la marca comercial ISOPure, este suero es distribuido por *General Nutrition Center* (GNC) y provee las características deseadas para la experimentación tales como un alto contenido de proteínas y minerales. La literatura del producto y del envase, indican que el mismo contiene 50 gramos de proteína por cada 53 gramos de polvo, siendo los otros 3 gramos restantes: 2 gramos de sales y 1 gramo de grasa. El producto está fortificado con diferentes vitaminas y minerales y es una fuente rica en calcio. No se llevó a cabo un análisis proximal para el aislado del suero concentrado, se utilizó la información provista por el manufacturero y de un laboratorio independiente. El producto no contiene lactosa ni gluten, siendo estos productos eliminados durante un proceso de microfiltración al que se somete durante su elaboración (Isopure, 2016 y Labdoor Inc., 2016).

El contenido de carbohidratos en las mezclas de los postres congelados, es resultado de la presencia de lactosa y fructosa granulada. El saborizante utilizado fue vainilla (Vanilla Extract, Sonoma Syrup C.) y se le agregaron 10.00mL (0.1% de vainilla por tanda) a la mezcla antes de congelarse. El estabilizante que se utilizó fue goma TICGUM DairyBlend sin sabor. El peso de cada ingrediente en libras, se calculó utilizando Balance de masas.

Elaboración de Control (de 18.5lb) con 3% grasa, 9% SNG (Sólidos No Grasos), 6% azúcar

y 0.2% estabilizante:

18.5 X 0.03= 0.6lb de grasa; 18.5 x 0.09= 1.65lb de SNG; 18.5 X 0.09= 1.1lb de azúcar;
18.5 X 0.002= 0.04lb (o 19g de estabilizante; donde 0.2% de estabilizante es valor recomendado por el fabricante).

<i>Ingredientes</i>	<i>Grasa</i>	<i>SNG</i>	<i>Azúcar</i>	<i>Estabilizante</i>	<i>Libras de ingrediente</i>
<i>Leche</i>	0.6	1.4	X	X	17.2
<i>Leche descremada en polvo</i>	X	0.25	X	X	0.25
<i>Azúcar</i>	X	X	1.1	X	1.1
<i>Estabilizante</i>	X	X	X	0.04	.04

$$\text{SNG} = 1.65 = 1.4(\text{SNG de leche}) + X(\text{SNG Leche en polvo descremada})$$

$$\text{Donde: } 1.65 - 1.4(\text{SNG de leche}) = X(\text{SNG Leche en polvo descremada})$$

$$0.25 = \text{SNG de leche en polvo descremada}$$

Una vez determinada las cantidades de cada uno de los productos se procedió a desarrollar un balance de masas que ofreció los resultados presentados en la Tabla B.

Todas las mezclas se pasteurizaron a 63°C por un periodo de 30 minutos utilizando baño de María. Las muestras para el análisis microbiológico se tomaron luego de la pasteurización para ver la efectividad y el control sanitario del proceso. Luego de la pasterización, las mezclas fueron guardadas en envases plásticos esterilizados y se añejó la mezcla para permitir hidratar los sólidos por un periodo de 24 horas a 4°C. 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, USA) por 15 a 20 minutos. El tiempo dependió de la cantidad de suero en polvo añadido. Todas las formulaciones se congelaron hasta llegar a un “overrun” de 100%. El "overrun" se define como el volumen de aire incorporado a un volumen de mezcla. En las muestras se calculó el "overrun" con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Overrun} = \frac{\text{Peso de mezcla a volumen A} - \text{Peso de mismo volumen A de postre congelado}}{\text{Peso de mismo volumen A de postre congelado}} \times 100$$

Una vez terminado el proceso de congelación en lote, se almacenó en envases de 4 oz para los análisis de textura y tiempo de fusión; y en envases de 16 oz para las muestras de análisis proximal. Los envases fueron almacenados en un ultra-congelador (Ultra-Low Freezer VWR, USA) a -39°C, por un periodo de 24 horas. Los envases fueron trasladadas a un congelador a -15°C por un periodo de 24 horas antes de ser analizadas.

4.2 Análisis proximal

Un análisis proximal fue realizado a las formulaciones de los postres congelados y a la mezcla una vez pasado un periodo de reposo de 24 horas.

4.2.1 Determinación de humedad y 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, Modelo 630) a 100°C por un periodo de 24 horas. Una vez secas, las

cápsulas se dejaron enfriar en un desecador por 10 minutos y luego fueron pesadas. Una muestra de 3.0000 g fue colocada en la cápsula. Las cápsulas se colocaron en un horno al vacío a 100°C por un periodo de 24 horas/15psi. Al cabo de este tiempo, las cápsulas se enfriaron en un desecador por un periodo de 10 minutos y fueron pesadas. La prueba se realizó por 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 como 100% menos el porcentaje de sólidos totales de la muestra (AOAC, 2006).

4.2.2 Determinación de proteína bruta

El método utilizado para determinar el porcentaje de proteína en las muestras fue el de Kjeldahl descrito por la AOAC 920.105 (AOAC, 2006) para productos lácteos. Para la prueba se pesó (Sartorius TE214S) entre 4.000g-4.300g de muestra húmeda en un tubo de digestión de 250mL. A cada tubo se le agregó aproximadamente 7.0g de una mezcla catalizadora en pastillas para método Wieninger o Missouri, junto a 10ml de peróxido al 35% y 14mL de ácido sulfúrico concentrado. Los tubos fueron colocados en el bloque de digestión (VELP Scientifica, DK 20S Heating Digester) y las muestras fueron digeridas hasta nivel 10 gradualmente, a unos aproximadamente 400°C, por un periodo de 3 horas. Una vez digeridas las muestras se dejaron enfriar dentro del bloque de digestión hasta obtener un color transparente en la solución.

Las muestras digeridas se transfirieron a tubos de destilación (250mL) con 50mL de agua destilada. 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 1:5. Estos fueron colocados en la manga de salida de la máquina de destilación (VELP Scientifica UDK 142) y se encendió el destilador para comenzar la ebullición del agua. Se le añadieron 50mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 40% una vez comenzó a bullir el agua del destilador por un periodo de 3 minutos. Una vez terminado el proceso de destilación, la muestra en el matraz Erlenmeyer se tornó color verde y se tituló con HCl 0.12N o 0.18N (el uso de dos concentraciones se debe a que fueron preparadas en envases diferentes,) hasta obtener un color lila metálico. La prueba se realizó en triplicado para cada lote. El porcentaje de nitrógeno se calculó utilizando la siguiente formula:

$$\%Proteína = \%N * 6.38$$

Donde el factor de conversión es 6.38; puesto el producto es a base de leche (AOAC, 2006) y %N se determina como:

$$\%N = \frac{1.4007 * volumen\ utilizado\ de\ titulante * M\ de\ HCl}{Peso\ de\ muestra}$$

Donde, por definición, (1.4007) representa los mili equivalente al peso de nitrógeno X 100 (AOAC, 2006)

4.2.3 Determinación de grasa cruda

El porcentaje de grasa fue determinado por el método de Mojonnier, según el AOAC 989.05 (AOAC, 2006). El método consiste en la extracción de grasa utilizando solventes orgánicos. Antes de comenzar se limpiaron y secaron en un horno (Thermo Scientific, Thermolyne) los frascos de extracción Mojonnier y los 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 (Sartorius, TE214S) en cada envase de Mojonnier, aproximadamente 10.0000g de muestra húmeda. A cada frasco 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. Los frascos se taparon con un tapón de goma y se agitaron por 15 segundos. Luego se añadió a cada frasco 10mL de etanol al 95% de pureza y se agitó. A cada frasco se le añadió 25mL de éter etílico, se tapó y se mezcló vigorosamente por 2 minutos. Luego se le añadió 25mL de éter de petróleo y se volvió a agitar vigorosamente por 2 minutos. Una vez mezclados, se dejaron reposar los frascos por un periodo de 30 minutos para separar las fases. La fase de la mezcla de éteres y grasa se decantó en un plato de cristal previamente pesado.

Una segunda extracción de grasas se realizó añadiendo 5mL de etanol 95% a la mezcla contenida en el frasco de Mojonnier y se agitó el tubo tapado. Luego se añadió 15mL de éter etílico y se mezcló vigorosamente. El procedimiento se repitió con 15mL de éter de petróleo. La muestra se dejó reposar por un periodo de 30 minutos y se vertió la fase de éteres y grasa en un plato de cristal. Se realizó una tercera extracción, utilizando 15ml de éter etílico y 15ml de éter de petróleo, se dejó reposar por un periodo de 30 minutos y se vertió la fase de la mezcla de éteres en un plato de cristal.

El plato se calentó en un “hot plate” a temperatura moderada para que no salpicara. Una vez se evaporó el éter, los platos fueron secados al horno convencional por 15 minutos. Luego de secados se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron. El porcentaje de grasa se calculó como la razón de la masa de la grasa seca en el plato y la masa de la muestra húmeda previamente pesada. La prueba se realizó en triplicado para cada lote.

4.2.4 Determinación de cenizas:

El método utilizado fue el AOAC 945.46 (AOAC, 2006). Crisoles con tapa se lavaron, marcaron y se secaron 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. A cada crisol se le añadió 5.0 g de muestra húmeda y fueron secados al horno por un periodo de 24 horas a 100°C. Una vez secos, se dejaron enfriar y fueron colocados en una mufla (Thermo Scientific, Thermolyne) a una temperatura de 550°C y se mantuvieron a esa temperatura por 12 horas.

Luego 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.

4.2.5 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 de fructosa granulada. 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.

4.2.6 Determinación de pH

Para determinar el pH se utilizó un potenciómetro (Sartorius, Docu-pH meter) previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4 y pH 7. Se realizaron lecturas para las mezclas de cada tratamiento por triplicado.

4.3 Análisis Microbiológico a la mezcla

El análisis microbiológico se realizó para cuantificar la presencia de bacterias totales y coliformes, utilizando los métodos establecidos por el Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2001).

Para la enumeración de bacterias totales se utilizó Petrifilms 3M[®] para “Aerobic Plate Count”, luego de realizar diluciones seriadas en agua peptonada. El recuento se llevó a cabo siguiendo las guías del fabricante.

Para el análisis de coliformes totales se utilizó Coliforms Petrifilms 3M[®]. Diluciones seriadas fueron preparadas en agua peptonada. Luego se incubó por 24 horas a 32°C. El recuento se llevó a cabo siguiendo las guías del fabricante.

Las pruebas microbiológicas se realizaron para comprobar la efectividad de la pasteurización y prácticas de buena manufactura. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

4.4 Análisis de viscosidad a la mezcla

Para el análisis de viscosidad se separaron 1500 mL de la mezcla previamente añejada por 24 horas. Las lecturas fueron tomadas utilizando un viscosímetro rotacional

(Brookfield Model: RVDVE) utilizando el huso L4 (para las mezclas H.25LP, H.25S y H.50S) y L6 (H.75S) para las formulaciones 3% grasa (Akalin et al., 2007). Las muestras se colocaron en un “beaker” de 600mL y se mantuvieron a $4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 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 60 y 100rpm. 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). Todos los análisis se realizaron en triplicado para cada mezcla del postre congelado.

4.5 Análisis de capacidad de fusión

Para determinar la capacidad de fusión se utilizó el método descrito por Abd El-Rahman y colaboradores (1997) y Ohmes y colaboradores (1998). El mismo consiste en determinar la cantidad de helado que se derrite a intervalos de 10 minutos bajo una temperatura controlada. Las pruebas se realizaron en un salón con la temperatura controlada a $23\text{-}24^{\circ}\text{C}$, en donde se colocó 1oz previamente pesada de la muestra congelada en un filtro y se fue recolectando la muestra que se iba derritiendo en vasos previamente pesados en intervalos de 10 minutos. El peso del vaso se tomó cada 10 minutos durante una hora para ir tomando el peso acumulativo de la muestra que se va derritiendo. Posteriormente se graficó el porcentaje de postre congelado derretido vs el tiempo para ver el comportamiento y diferencia en los tratamientos y durante el almacenaje.

4.6 Análisis de textura

El análisis de textura se realizó utilizando un texturómetro (Texture Technologies Analyzer-Stable Micro System Model TA-XT2, USA). Para el análisis se eligió una prueba

pre-ajustada de quesos suaves que permitió tomar medidas de dureza y adhesividad utilizando el implemento TA-212 de 8mm. 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. Los atributos de dureza y adhesividad se midieron, porque la dureza nos da información de cuan fuerte es la estructura del postre congelado por la formación de cristales de hielo y la adhesividad nos dice la fuerza del postre congelado sobre la cuchara (Aime et al., 2001).

Las muestras analizadas fueron almacenadas por 24 h, en vasos de 4 oz, a una temperatura de entre -10°C a -11°C, y a una temperatura menor a la que presenta un mantecado que es entre -13°C hasta -16°C (Aime et al., 2001) pero esa era la temperatura en las que estaban almacenadas las muestras en el 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 (Aime et al., 2001).

4.7 Análisis Sensorial

Se realizaron dos análisis sensoriales, uno de escala de Preferencia y otra de Ordenamiento. En estos paneles se analizaron las formulaciones con un día de almacenamiento a -30°C y luego fueron transferidos 24 horas a -15°C. El panel analizó el sabor y textura en general para los 3 tratamientos de postres congelados experimentales. Un segundo panel determinó la aceptabilidad. Sesenta y cinco panelistas (estudiantes subgraduados, graduados y personal de la Universidad) participaron del análisis sensorial. Los panelistas no fueron adiestrados pero se les explicó cómo evaluar en la escala y el atributo que iban a medir.

Se preparó una escala del 1 al 10 donde el 1 era atributo (sabor o textura) por debajo

de lo esperado y 10 era atributo por encima de lo esperado (Meilgaard et al., 1999). Las 3 muestras experimentales que se le ofrecieron al panelista de manera aleatoria tenían una codificación de tres dígitos. Una vez el panelista probaba la muestra le daba un valor en la escala antes mencionada. Debajo de la escala se proveyó espacio para los comentarios. Ambas pruebas se realizaron con 65 panelistas y las muestras fueron evaluadas por 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. Además 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).

4.8 Análisis estadístico

La investigación se llevó a cabo utilizando un diseño factorial 1×4 . Este diseño tiene como variable independiente la cantidad de proteína, esto nos da un total de 4 tratamientos. De los 4 tratamientos, el que fue con base de grasa al 3% sin suero en polvo añadido, utilizando leche en polvo, se le consideró un tratamiento 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. Los valores de las medias y desviación estándar para las medidas de cada uno de los experimentos por lotes fue calculado. Los resultados se compararon utilizando el método de comparación Tukey al 95% de confiabilidad con el programa de ANOVA de Infostat (Version 2016e, año 2016).

V. Discusión de Resultados:

5.1 Formulación de mezclas de postres congelados:

Como parte del procedimiento se procedió a realizar la formulación de las diferentes mezclas experimentales y control. Se pudo observar una variación significativa en las cantidades de grasa y proteínas para los distintas formulaciones experimentales, que era de esperarse por la diferencia en la cantidad de WPI añadida (Tabla C).

Tabla C. Resultados promedios para análisis proximal de las formulaciones.

COMPONENTE	H.25LP	H.25S	H.50S	H.75S
HUMEDAD %	83.04 ^A	77.57 ^C	78.04 ^C	79.36 ^B
PROTEINA %	3.12 ^D	4.84 ^C	6.37 ^B	6.72 ^A
GRASA %	2.80 ^A	0.81 ^D	1.42 ^C	2.20 ^B
CENIZA %	0.78 ^C	0.80 ^C	0.89 ^B	1.03 ^A
CARBOHIDRATOS %	10.26	15.98	13.28	10.69

5.2. Análisis Proximal

5.2.1 Determinación de humedad y sólidos totales

La humedad de los postres se ve directamente relacionada con la cantidad de agua que contiene el sistema a la hora de la preparación. En el caso de los postres congelados la única variación en respecto a cantidad o volumen se encuentra en la cantidad de suero en polvo añadido. Es por ello que las variaciones en porcentaje de humedad varían de forma mínima. Aun así, se puede notar que el producto control, a base de leche en polvo, contenía

la mayor cantidad de humedad de todas con un 83%. Por otro lado, las variaciones son proporcionales en el aspecto de porcentaje de humedad y cantidad de proteína, a mayor la cantidad de proteína mayor la humedad. Donde, el cambio de la misma es de 0.5% más humedad por tasa de 0.25 lb de suero añadida.

La cantidad de humedad se puede ver afectada por varios factores: la interacciones entre las proteínas y el agua, lo cual aumenta la absorción de la misma y es entonces liberada durante el proceso de secado al vacío; así como el cambio en peso de mezcla de los postres experimentales. Esta última tomando en consideración que la única variación entre los postres congelados es la cantidad añadida de WPI.

En el caso del producto, el mismo fue secado al vacío debido a la cantidad de azúcares y la probabilidad que ocurriera caramelización durante el proceso de secado convencional. Esto hubiera representado una merma o cambio drástico en la medida de humedad, por las interacciones entre azúcar y agua, atrapando el agua como parte del caramelo y haciendo inaccesible al proceso de secado (Nonhebel & Muss, 1979).

5.2.2 Determinación del porciento de proteína bruta

Las proteínas son la parte esencial de esta experimentación, esto debido a que el cambio real de los productos es la variación de sólidos no grasos entre los productos. Se procedió a variar las cantidades de sólidos no grasos en las mezclas experimentales, sustituyendo la leche en polvo utilizada en el control por el aislado de proteínas de suero (WPI). Como fuente de sólidos no grasos se utilizó un aislado de proteínas de suero (WPI), el mismo posee una cantidad de grasas y carbohidratos mínimas cuando se compara con un concentrado tradicional o con la leche en polvo.

Los datos obtenidos presentan al control como el más bajo en contenido de proteínas con promedio de 3.12%, el mismo solo varió en el contenido de leche en polvo que fue de 0.25 lb de la misma. Por otro lado, tratamientos variaron en la cantidad de Proteínas del Suero Aislada al 95% en polvo. Para esto, se utilizaron 3 cantidades para el desarrollo de postres congelados experimentales: H.25S, H.50S y H.75S. Para los lotes H.25S se determinó de forma experimental un 4.84% de proteína para 5 gramos por cada 100g de producto. Por otro lado, los lotes H.50S presentando un promedio de 6.37% de proteína, para 6g de proteína por cada 100g de producto. Por último, los lotes H.75S obtuvieron un 6.72% de proteína, para 7g de proteína por cada 100 g de producto.

Es por ello que se puede determinar que las muestras experimentales presentaron una mayor concentración de proteínas por cada 100 gramos de producto, donde las muestras H.50S y H.75S de suero obtuvieron el doble de proteína que el helado tradicional utilizado como control. Por otro lado, la muestra experimental de H.25S presentó un aumento de 2 gramos más de proteína por cada 100g de producto comparado con el control H.25LP.

Una vez analizados los resultados de las pruebas estadísticas se pudo determinar que existen diferencias significativas entre las cantidades de proteína de los diferentes postres congelados, esto cuando se comparan los mismos entre ellos y con el control a base de leche en polvo. Por lo tanto, se cumple con el objetivo de elaborar un postre congelado un contenido mayor de proteínas. Se pueden observar dichos resultados en la Tabla C.

5.2.3 Determinación de grasa cruda

Para la prueba de grasa se obtuvieron resultados no esperados para los diferentes

productos. La muestra control se utilizó para determinar el porcentaje de grasa para un producto tradicional. Como descrito en la Tabla C, la muestra de H.25S presentó el menor contenido de grasa de todas las muestras experimentales, con 0.81% de grasa. Por otro lado, las muestras de H.50S y H.75S presentaron un contenido de grasa de 1.42% y 2.20% respectivamente, mientras que el Control (H.25LP) tenía 2.80% de grasa. Al comparar las cantidades de grasa cruda entre los postres se determinó que existen diferencias significativas entre los mismo, donde se puede observar un cambio de aproximadamente 0.70% de grasa cruda por cada 0.25 lb de WPI añadido. En comparación con los datos teóricos obtenidos, todos los postres congelados experimentales presentan un contenido de grasa cruda menor que la muestra control. Estas diferencias significativas se puede deber a que el contenido de grasa real del aislado de suero en polvo utilizado es diferente al que menciona la compañía.

Debido a los resultados mencionados, se pueden catalogar las muestras en diferentes categorías dentro de los postres congelados. Las muestras H.25S, H.50S y H.75S caen en la categoría de un postre congelado tipo sherbet, porque su contenido de grasa láctea ronda entre el 1 y 2%. A esto podemos añadir que sus características físicas tienen una gran paridad con las de los sherbets tradicionales encontrados comercialmente (Frozen Dessert Products Standards and Regulations, 2008)

El bajo contenido de grasa de los postres experimentales representa mejores características desde el aspecto nutricional. Esto se puede considerar como una característica deseable en el caso de desear mercadear el producto como uno bajo en grasa.

5.2.4 Determinación de cenizas

Las cenizas de los productos se mantuvieron cerca o por debajo del 1%, aun así se observó una relación proporcional entre la cantidad de suero en polvo añadido y la cantidad en el producto final. Esta se observó como un incremento aproximado de 0.10 gramos por cada 0.25 lb de proteína añadida al mismo. Cuando observamos la etiqueta nutricional del aislado de proteína de suero, en polvo, podemos observar un gran contenido de sales, los cuales serían añadidos en forma de cenizas al producto. Estos resultados se pueden observar en la Tabla C; la misma a su vez permite determinar que existen diferencias significativas entre todos los postres congelados experimentales. También hay una diferencia entre los postres H.50S y H.75S cuando son comparados entre ellos y el control H.25LP. Por otro lado, el postre congelado H.25S no presentó diferencias significativas cuando se compara con el postre control H.25LP. Esta última mención es comparable al uso de una cantidad igual de sólidos no grasos añadido a la mezcla, donde se añadió 0.25 lb de WPI a la mezcla H.25S y 0.25 libras de leche en polvo a la mezcla H.25LP.

Por otro lado, este valor (0.10g) se encuentra dentro de los parámetros permitidos para una dieta balanceada, donde el máximo de sales y minerales no debería exceder los 2,400 mg ni ser menor de 1,000 mg (Dahl et al., 1954).

5.2.5 Determinación de carbohidratos

Los carbohidratos para las muestras se determinaron basados en la resta de 100% a la suma de los porciento para cada una de las pruebas del proximal: proteínas, grasas, humedad y cenizas. Los resultados fueron variados entre las muestras. Se observó que el control como la muestra de 0.75 lb de suero poseen el menor porcentaje de azúcares, con

un 10%. El tratamiento de 0.50 lb de suero presentó un aumento en el porcentaje con un 13%. Por último, la mayor cantidad de carbohidratos fue el postre con 0.25 lb de suero, con un 15% de carbohidratos (Tabla C).

Aun así es de esperar un cambio entre ellos tomando en consideración que representan el por ciento de los mismos entre lotes que varían en peso sea 0.25 lb o 0.50 lb. De igual forma cabe notar que el producto sustituye la azúcar refinada tradicional por fructosa. El uso de la misma se debe a varios factores que incluyen un índice glicémico más bajo, reduciendo la cantidad de insulina liberada por el cuerpo cuando se compara con las cantidades usadas para azúcar refinada (Bantle, 2006).

5.2.6 Determinación de pH:

El pH de las formulaciones preparadas se mantuvo con características neutrales, tomando en consideración que las mismas se encontraban en el rango de 6.81-7.59. En el caso del control, esta fue la de menor pH con un promedio de 6.81. Por otro lado, las formulaciones utilizando WPI tenían pH sobre los 7.00. De igual forma se pudo observar un patrón en el cambio de pH a medida que la cantidad de suero añadido aumentaba, tornando las fórmulas más básicas que el control.

El patrón observado, permite detectar cambios de aproximadamente 0.20 unidades de pH entre cada una de las formulaciones; esto a medida se aumenta la cantidad de suero de leche en la formulación. Es posible asociar el aumento de proteínas en las diferentes formulaciones experimentales con los cambios de pH, tomando en consideración que las concentraciones de proteína bruta y otros compuestos pueden afectar el pH del producto final.

Tabla D: Determinación de pH de los postres congelados

Formulación	pH
H.25S	7.06 ^C
H.50S	7.29 ^B
H.75S	7.59 ^A
H.25LP	6.81 ^D

5.3 Análisis microbiológico de la muestra

Las muestras experimentales fueron pasteurizadas, reduciendo así la carga microbiana del producto. Se toma en consideración que las cualidades microbiológicas del producto pudieron cambiar por el factor de que la mezcla se pasteurizó, de forma preventiva, aun cuando los ingredientes utilizados se encontraban ya pasteurizados o en polvo. En el caso de las mezclas antes del proceso de congelación, se observó un crecimiento menor a las 3 colonias por ml de mezcla. Esto demuestra que el tratamiento de pasteurización y las buenas prácticas de manufactura fueron efectivas en reducir la población de microorganismos lo que permite que sea seguro para consumo.

Tabla E: Enumeración de bacterias totales de los postres congelados a las 24 horas de elaborado

MUESTRA	DILUCION	PROMEDIO DE APC
H.25S	10 ⁻¹	<100 CFU/mL
H.50S	10 ⁻²	4800 CFU/mL
H.75S	10 ⁻³	<10,000 CFU/mL
H.25LP	10 ⁻¹	<100 CFU/mL

MUESTRA	DILUCION	PROMEDIO DE COLIFORMES
H.25S	10 ⁻¹	<10 CFU/mL
H.50S	10 ⁻¹	<10 CFU/mL
H.75S	10 ⁻¹	<10 CFU/mL
H.25LP	10 ⁻¹	<10 CFU/mL

5.5 Análisis de Viscosidad:

La tabla F presenta una relación discreta o positiva entre las cantidades de WPI y viscosidad. Cuando se observan los resultados de la prueba estadística de Tukey al 95% se observan cambios significativos para las medidas de viscosidad entre las diferentes muestras (Tabla 1.6 y Tabla F). En el caso de las mezclas control (H.25LP), H.25S y H.50S se pudo utilizar el huso L4 para tiempos de 30 y 60 segundos, observando que existe un cambio significativo entre las mezclas de H.25S y H.50S, respectivamente. Para la mezcla de H.75S, se trataron de utilizar varios husos, pero la corrida no procedió. Por lo tanto, la muestra H.72S no se pudo comparar de forma correcta con las mezclas anteriores debido al uso de un huso diferente para correr la prueba, ya que la viscosidad superaba el 50%

Tabla F: Viscosidad de las mezclas de los postres congelados a los 30 y 60 segundos respectivamente

MUESTRA	HUSO	% VISC A 30 SEGUNDOS	% VISC A 60 SEGUNDOS
H.25S	S4	4.83 ^B	4.90
H.50S	S4	2.07 ^C	2.10
H.75S	S6	51.17 ^A	45.43
H.25LP	S4	1.03 ^D	1.10

Una explicación para el aumento en viscosidad es la formación de puentes S-S (³Walstra et al, 2005). Estos se forman durante la desnaturalización térmica de proteínas, que ocurrió durante la pasteurización. Dichos puentes permiten la aglomeración de las proteínas desnaturalizadas. En el caso de las mezclas experimentales, las proteínas añadidas, debieron sufrir cambios en su estructura durante el proceso de pasteurización en tanda. Aun cuando se mantuvo en agitación constante y la pasteurización se llevó a cabo a 63°C por un periodo de 30 minutos utilizando baño de María, es probable que las proteínas que se encontraban en la parte inferior de la tanda, fueran expuestas a una temperatura mayor a las 70°C, donde según ²Walstra y colaboradores (2005) al igual que Donato y Guyomaren (2009) demostraron que las proteínas de suero comienzan a desnaturalizarse, permitiendo la formación de estos puentes S-S antes mencionados. De forma similar, Álvarez y colaboradores (2004), menciona el cambio en esta y otras características cuando se sustituyen los sólidos no grasos con concentrado o aislados de suero, incrementando viscosidad, disminuyendo velocidad de derretimiento y permitiendo el mantener la estructura del producto por mayor tiempo.

Varias investigaciones han determinado que el uso de gomas tales como, Xantam, Caragenina, Guar y Carboximetilcelulosa, tienen efectos estructurales asociados a cargas moleculares en la formación de polímeros bajo condiciones de pH cercanos al neutral y a concentraciones bajas de iones en las mezclas. En adición, la viscosidad del producto, también es dependientes de las cantidades de suero en la mezcla (Rohart et al., 2015; Cheng et al., 2015). En el caso de los postres congelados, H.25S, H.50S y H.75S, se puede observar dichos cambios aun cuando en las investigaciones anteriores sólo se sustituyó una fracción de los sólidos no grasos con concentrado de suero (20%, 50% y 36%

respectivamente) (Rohart et al., 2015; Cheng et al., 2015). El utilizar de forma exclusiva aislado de proteínas de suero, pudo ser el factor determinante en la viscosidad de los postres experimentales.

5.6 Análisis de fusión:

Durante la experimentación se trató de llevar a cabo el análisis de fusión utilizando una malla metálica colocada sobre un “beaker” de 150ml, a temperatura de 24°C, utilizando una incubadora (de marca Fisher Scientific-Isotemp Incubator). La prueba no se llegó completar para las muestras experimentales porque las mismas no derritieron, durante el periodo de una hora que duró el análisis.

Rohart y colaboradores (2015) y De Kruif Tuinier (2001), determinaron que en una mezcla de gomas con proteína concentrada, promueve la formación de un polímero termoestable. Para la formación de este polímero se requiere un pH mayor al punto isoeléctrico de las proteínas del suero, el cual se cumple en cada uno de los postres congelados de este experimento. La formación de dicha estructura, permite la incorporación de aire en la mezcla durante la congelación; aun así cambia alguna de las características organolépticas tradicionales encontradas en los helados tradicionales.

Álvarez y colaboradores (2004), nos menciona algunas de las características que obtienen los postres congelados cuando se añade suero concentrado o aislado para sustituir los sólidos no grasos en el producto. Álvarez y colaboradores (2004) menciona que los productos tienden a mantener mejor su estructura y la reduce la velocidad de derretimiento, asociado a la desestabilización de las grasas el producto congelado, esto con un cambio de 50% de suero en los sólidos no grasos. En el caso de los postres congelados desarrollados

en este trabajo, se reemplazaron los sólidos no grasos en un 100% (asociados a leche en polvo, como en el caso del postre control) por aislado de suero al 95%. Es posible que dicho cambio sea lo que permitió al producto mantener su estructura aun cuando se expusiera a temperatura ambiente por periodos mayores a los utilizados. Por otro lado, Goff y colaboradores (1989), asocia la viscosidad de la muestra con una protección estructural ante los cambios térmicos. Este último artículo, asocia este factor con características organolépticas deseables en el producto.

Se puede observar de forma similar que a medida que la cantidad de proteína añadida a las mezclas aumenta, debido a la formación de dicho polímero, tiende a ser una más rígida y con características (Álvarez et al., 2004) parecidas a las de un tembleque. Algunos de los participantes de la prueba sensorial lo describieron como un bizcocho, debido a su estructura rígida pero esponjosa, debido a la incorporación de aire como parte del proceso de congelación (³Walstra, 2005).

5.7 Análisis de textura:

El uso del texturómetro se utilizó con la idea de poder determinar la dureza y energía necesaria para morder el producto ya congelado. Se pudieron observar medidas inconsistentes entre la misma muestra. Aun así se pudo observar una tendencia de disminución de dureza a medida que aumenta la cantidad de proteína en el producto. Esta observación se demuestra al examinar los resultados mostrados en la Tabla G.

Aun así se puede determinar que la muestra H.50S no presenta diferencias significativas cuando se compara con las demás muestras experimentales y el control. Es por eso que se puede asociar que la dureza del producto congelado debe estar asociada al

agua libre y fructosa en el sistema. El desarrollo de cristales grandes así como cristales de fructosa formados durante el agitación y la congelación permitieron entonces obtener picos y medidas dispares dependiente del tamaño y origen de dichos cristales (Franks, 1983)

Tabla G: Determinación de las características de textura de los postres congelados

FORMULACIÓN	DUREZA (G)
H.25S	8418.956 ^A
H.50S	5631.427 ^{AB}
H.75S	3300.637 ^B
H.25LP	4971.878333 ^B

5.8 Actividad de Agua:

La actividad de agua de los productos experimentales se mantuvo constante a través de todas muestras, estos a su vez no presentaron diferencias significativas cuando fueron analizados los datos con la Prueba de Tukey al 95%.

Aun así se puede determinar que las cualidades de a_w , permiten determinar la probabilidad de crecimiento microbiano en la muestra. Tomando en consideración esta con otras características tales como, enumeración de bacterias totales (**Tabla E**) y temperatura de almacenamiento, se puede determinar que el alimento no presentará un crecimiento microbiano por un periodo extendido, debido a las cualidades bacteriostáticas de la temperatura de almacenaje.

Tabla H: Actividad de agua para los diferentes tratamientos postres congelados

TRATAMIENTO	ACTIVIDAD DE AGUA (AW)
H.25S	0.982
H.50S	0.985
H.75S	0.984
H.25LP	0.983

5.9 Overrun

El proceso de congelación de los productos experimentales, ocurrió por un periodo de entre 13-18 minutos, dependiendo de la muestra. Al observar los datos de dureza, se puede ver que aun cuando no se tiene una comparación directa el producto experimental, H.75S, presentó una dureza menor, así como el "overrun" más bajo y una mayor viscosidad cuando es comparado con los demás postres. Es por ello que se podría asociar el cambio en viscosidad, este siendo el más alto, con el bajo desempeño al momento de incorporar aire en el producto.

Las observaciones obtenidas demuestran el desarrollo de una curva de distribución normal unimodal, presentando un máximo en la muestra de H.50S de proteína. En el caso de la comparación individual se puede observar un cambio de incorporación de aire de 20% entre las muestras H.25S y 0H50S. Por otro lado, se observa una disminución en el aire incorporado entre las muestras de H.50S y H.75S de un 40%; así como un cambio de aproximadamente 10% de aumento entre las muestras de H.25S y H.75S. Cuando los datos fueron analizados utilizando Tukey al 95%, se determinó que dichos cambios en "overrun" son significativos entre las muestras (Tabla I). Según ³Walstra y colaboradores (2005) las proteínas son un agente espumante por excelencia, siempre y cuando las mismas sean

solubles, se encuentren en altas concentraciones y sean agitadas de forma vigorosa. Aun así, en los casos donde la cantidad de lípidos es baja, la coalescencia aumenta.

Tabla I: Promedio del % de Overrun de las diferentes formulaciones

FORMULACIÓN	% OVERRUN	TIEMPO DE CONGELACIÓN (MIN)
H.25S	56.31 ^B	15
H.50S	76.38 ^A	13.5
H.75S	36.06 ^D	18
H.25LP	45.98 ^C	13.5

De igual forma ³Walstra y colaboradores (2005) mencionan la desnaturalización como un factor que aumenta el "overrun" de las mezclas a más de 100%, bajo concentraciones de entre 3 y 4% de concentrado de proteínas. Parámetros de pasteurización a 85°C por 20 minutos y con un pH de 7.5 disminuyen el "overrun" pero permiten una matriz más estable. Por ello se determinó que la hidrólisis parcial del producto aumentó el volumen de la matriz aireada, pero hizo de la misma una menos estable (³Walstra et al, 2005).

5.10 Análisis Sensorial

Como parte del análisis sensorial se entregó a los participantes un conjunto de hojas con 2 pruebas. En la primera hoja se pidió evaluar los productos experimentales en una escala de preferencia. Para esta prueba se pudo determinar, usando un panel de 65 personas, que el postre H.25S presentó un valor promedio de 9 para sabor y 9 para textura, donde 9

es igual a “me gusta mucho”. La muestra H.50S obtuvo un valor promedio de 8 tanto para sabor como para textura, siendo 8 “me gusta moderadamente”. Por último la muestra H.75S obtuvo un valor promedio de 7 para sabor y textura, donde 7 es igual a “me gusta poco”. El control (H.25LP) no fue incluido en el análisis, buscando solo comparar los postres elaborados con el polvo de Proteínas del Suero Aisladas al 95%.

Tabla J: Prueba de apreciación para los postres experimentales

POSTRE CONGELADO	SABOR	TEXTURA
H.25S	9	9
H.50S	8	8
H.75S	7	7

*Basado en escala donde 10 es “me gusta muchísimo” y 1 es “me disgusta muchísimo”

En el segundo formulario se pidió que se ordenara del 1 al 3 la preferencia siendo 1 el de mayor preferencia y 3 el de menor preferencia. Para esta prueba se obtuvieron 6 posibles órdenes y se nombraron las diferentes cantidades de suero en 3 letras: **A** para H.25S, **B** para H.50S y **C** para H.75S. De los 65 panelistas, 30 (46.15%) seleccionaron el orden (**A, B, C**), 7 (10.8%) seleccionaron el orden (**A, C, B**), 14 (21.5%) seleccionaron el orden (**B, A, C**), 3 (4.6%) seleccionaron (**B, C, A**), 5 (7.7%) seleccionaron el orden (**C, A, B**) y 7 (10.8%) seleccionaron el orden (**C, B, A**). Por ello se puede observar que el producto congelado A o H.25S, fue el preferido de los panelistas tanto en la prueba 1 como en la 2. La muestra B o H.50S quedó segunda y la C o H.75S quedó tercera, siendo esta última la de menor preferencia entre las muestras experimentales.

Tabla K: Orden de preferencia para análisis sensorial

ORDEN DE PREFERENCIA	NÚMERO DE PARTICIPANTES
A, B, C	30
A, C, B	7
B, A, C	14
B, C, A	3
C, A, B	5
C, B, A	7

*A para H.25S, B para H.50S y C para H.75S

*Para un total de 66 participantes

En una investigación de Goff y colaboradores (1989), se trató de determinar el efecto del suero como un sustituto parcial de sólidos no grasos, en las características organolépticas del mantecado. Se pudo observar con dicha investigación que a medida que aumentaba la cantidad de WPI al 95%, en la mezcla se obtenían cualidades más deseables. Goff y colaboradores (1989), observaron una variación en las características físico-químicas que afectaron las cualidades organolépticas de los productos experimentales a base de Proteínas de Suero Aisladas cuando fueron comparados con el control a base de leche descremada. Aun así, el postre congelado con base de polvo de Proteínas del Suero Aisladas al 95% fue considerado “aceptado” por el panel.

VI. Conclusión:

El desarrollo de productos nuevos es vital para la industria de alimentos. Con las modas y requerimientos dietéticos de grupos particulares en la comunidad, es importante buscar formas innovadoras de llamar a estos consumidores. En el caso de este postre congelado, se logró desarrollar un producto que cumple con los múltiples puntos que aportan a una dieta para atletas. Cuando comparado con un helado tradicional, los productos experimentales presentaban un mayor contenido proteico, un menor contenido de grasas y el cambio de azúcar tradicional por fructosa. Cada una de estas características presenta una ventaja cuando queremos dirigir el producto a una comunidad, como lo son, los atletas. Cuando se comparan las cualidades físico-químicas del postre con los resultados de panel sensorial se puede determinar que el producto nombrado H.25S, presentó una combinación de características organolépticas deseables para los consumidores.

Aun así, los productos con mayor contenido proteico fueron considerados por los panelistas como buenos y sus características son deseables. Algunos participantes favorecieron los productos de H.50S y H.75S, este último presenta otras características que serían favorecidas por algunos otros consumidores.

VII. Recomendaciones:

- Se recomienda sustituir la fuente de carbohidratos del postre congelado, que en este caso fue fructosa, por frutas; esto para añadir un factor de sabor. La fructosa añadida se puede remplazar parcialmente con frutos altos en azúcares como lo sería la piña.
- Utilizar una combinación de fuentes de sólidos no grasos en las formulaciones, utilizando WPC (Whey Protein Concentrate) y WPI en diferentes proporciones, para observar cambios en las características organolépticas de productos congelados. Esto con la intención de sustituir la leche en polvo y la crema como ingredientes de las formulaciones.
- Por último, añadir alguna fuente de sustituto de grasas al producto. Esto con intención de obtener una textura más cremosa y menos densa.

VIII. Referencias

- Abd El-Rahman, M., Madkor, S., 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.
- Affertsholt, T. 3A Business Consulting, (2008). *The World Market for Whey and Lactose Ingredients 2007-2010*. (Published on October, 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.
- Akalin, 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.
- Álvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., Ji, T. (2004) Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates. *J. Dairy Sci.* 88:862–871
- AOAC. (2006). *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemistry*. Washington D.C., USA.
- Bacteriological Analytical Manual “BAM”. (2001) Aerobic Plate Count. Retrieved July 22, 2016, from <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm>
- Bantle J. P. (2006) Is fructose the optimal low glycemic index sweetener? *Nestle Nutr Workshop Ser Clin Perform Programme*; 11:83-91
- 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.
- Cheng, J., Ma, Y., Li, X., Yan, T., Cui, J. (2015) Effects of milk protein-polysaccharide interactions on the stability of ice cream mix model systems. *Food Hydrocolloids* 45; 327-336
 - Corredig, M., Sharafbafi, N., Kristo, E. (2011). Polysaccharide-protein interactions in dairy matrices, control and design of structures. *Food Hydrocolloids*, 25, 1833-1841.
 - Dahl, L. K., M.D.; Love, R. A., M.D. (1954) Evidence for relationship between sodium (chloride) intake and human essential hypertension. *AMA Arch Intern Med.*;94(4):525-531.
 - De Kuirf, C. G., & Tuinier, R. (2001). Polysaccharide protein interactions. *Food Hydrocolloids*, 15, 555-563.
 - Donato, L., Guyomarc'h, F. (2009). Formation and properties of the whey proteins/k-casein complexes in heated skim milk e a review. *Dairy Science and Technology*, 89, 3-29.
 - Dragone, G., Mussatto, S., Oliviera, J., Teixeira, J. (2009). Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Dairy Industries*, 112, 929-935.
 - Franks, F. (1983). Metastable water at sub-zero temperatures. *Cryobiology* 20:335.
 - Frozen Desserts Products Standars and Regulations (2008). Retrieved July 22, 2016, from http://www.ct.gov/dcp/lib/dcp/dcp_regulations/21a-58_frozen_dessert_products_standards_and_regulations.pdf

- 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., Kinsella J. E., Jordan W. K. (1989). Influence of Various Milk Protein Isolates on Ice Cream Emulsion Stability. *Journal of Dairy Science*, 72:2
- Gómez-Cruz, N. I. and Jimenez-Munguia, M. T. (2014). Métodos de secado de emulsiones alimentarias. *Temas Selectos de ingenieria de Alimentos*, 8(2), 23-33. Retrived September 20, 2016 from <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-82-Gomez-Cruz-et-al-2014.pdf>
- Instituto de Estadística de Puerto Rico. (2010) Ingreso Bruto Agrícola 2010-2011. Retrieved July 22, 2016, from http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/Estadisticas/InventariodeEstadisticas/tabid/186/ctl/view_detail/mid/775/report_id/4620ba9c-04fb-4b9c-8075-17fc1245af7d/Default.aspx?f=1.3,1.4,2
- Isopure (2016). Pure whey protein isolate zero carb and low carb powders and drinks. Retrived July 22, 2016 from <http://www.theisopurecompany.com/>
- Labdoor Inc. (2016). Natures Best Zero Carb Isopure Review. Retrieved July 22, 2016, from <https://labdoor.com/review/natures-best-zero-carb-isopure>
- Mandal, S., Hati, S., Puniya, A.K., Singh, R. and Singh, K. (2012) Development of Symbiotic Milk Chocolate using Encapsulated *Lactobacillus casei* NCDC 298. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37: 1031-1037
- Marshall, K. (2004). Therapeutic Applications of Whey Protein. *Alternative Medicine Review*, 9(2). 136-156.

- Mehta, N., Paget, R. (2005). Method of manufacturing frozen dairy dessert. US Patent 6890576 B2.
- Meilgaard, M., Vance Civille, G., Thomas Carr, B., (1999). Affective Tests: Consumer Tests and In-House Panel Acceptance Tests. Sensory Evaluation Techniques, Third Edition
- Nonhebel, G., Moss, A. A. H. (1979). Drying of Solids in the Chemical Industry. Butterworth & Co. Ltd., London.
- 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.
- Oficina para la Reglamentación de la Industria Lechera (2012) Informe Anual Año Fiscal 2010-2011. Retrieved July 22, 2016, from <http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=XdDc1vObLg8%3D&tabid=186>
- Ortiz-Alemán, C. 2013. Propiedades físico-químicas de un postre congelado elaborado con suero de leche. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico en Mayagüez.
- Paraskevopoulou, A., Athanasiadis, A., Blekas, I. G., Koutinas, A. A., Kanellaki, M., Kiosseoglou, V. (2003) Influence of polysaccharide addition on stability of a cheese whey kefir-milk mixture. *Food Hydroc.*;17:615–620.
- 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.
- Pérez, A. A., Carrera, C. R., Carrera Sánchez, C., Santiago, L. G., Rodríguez Patino, J. M. (2009) Interfacial dynamic properties of whey protein

- concentrate/polysaccharide mixtures at neutral pH. *Food Hydrocolloids* 23; 1253–1262
- Roeder, J. (2010) International Dairy Foods Association. Ice Cream Sales and Trends. Retrieved July 22, 2016, from www.idfa.org
 - Rohart, A., Jouan-Rimbaud Bouveresse, D., Rutledge, D. N., Michon, C. (2015) Spectrophotometric analysis of polysaccharide/milk protein interactions with methylene blue using Independent Components Analysis *Food Hydrocolloids* 43; 769-776.
 - 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.
 - 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.
 - Sloan, E. (2013). 2013 Protein Trends & Technologies Seminar News Bites. Retrieved July 22, 2016, from <http://www.globalfoodforums.com/2013-proteinseminar-trends-data/>
 - U.S. Department of Agriculture. (2015) Dairy nutrients and health benefits. Retrieved July 20, 2016, from <https://www.choosemyplate.gov/dairy-nutrients-health>

- U.S. Department of Agriculture. (2012) Dairy Products 2011 Summary (April 2012) USDA, National Agricultural Statistics Service.
- United States Department of Agriculture “USDA”. 2016. Dairy Products 2015 Summary.<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/nass/DairProdSu//2010s/2016/DairProdSu-04-28-2016.pdf>
- ¹Walstra, P., Jan, Wouters, J., Geurts, T.J. (2005). Milk. Dairy Science and Technology, Second Edition. Taylor & Francis Group.
- ²Walstra, P., Jan, Wouters, J., Geurts, T.J. (2005). Principles of Cheese Making. Dairy Science and Technology, Second Edition. Taylor & Francis Group.
- ³Walstra, P., Wouters, J., Geurts, T.J. (2005). Protein Preparations, in: Dairy Science and Technology, Second Edition, Food Science and Technology, Taylor & Francis Group. 537–550.
- Webb, B. H., Whittier, E. O. (1948) The utilization of whey: A review. Journal of Dairy Science 31(2); 139-164
- Wheyhey - Protein Ice Cream. (2016). Retrieved July 22, 2016, from <http://wheyhey.com/>

IX. Apéndice

Tabla 1.1: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de sólidos totales

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.65169
Error: 0.1557 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.25LP	83.04	6	0.16	A
H.75S	79.36	6	0.16	B
H.50S	78.04	6	0.16	C
H.25S	77.57	6	0.16	C

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.2: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de proteína bruta

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22259
Error: 0.0170 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.75S	6.72	5	0.06	A
H.50S	6.37	6	0.05	B
H.25S	4.84	6	0.05	C
H.25LP	3.12	6	0.05	D

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.3: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de grasa cruda

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16338
Error: 0.0098 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.25LP	2.80	6	0.04	A
H.75S	2.20	6	0.04	B
H.50S	1.42	6	0.04	C
H.25S	0.81	6	0.04	D

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.4: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de cenizas

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03590

Error: 0.0005 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.75S	1.03	6	0.01	A
H.50S	0.89	6	0.01	B
H.25S	0.80	6	0.01	C
H.25LP	0.78	6	0.01	C

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.5: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de pH

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03053

Error: 0.0003 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.75S	7.59	6	0.01	A
H.50S	7.29	6	0.01	B
H.25S	7.07	6	0.01	C
H.25LP	6.81	6	0.01	D

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.6: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de viscosidad

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.99566

Error: 0.3633 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.75S	51.17	6	0.25	A
H.25S	4.83	6	0.25	B
H.50S	2.07	6	0.25	C
H.25LP	1.03	6	0.25	D

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.7: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de dureza

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3068.73254

Error: 3451418.3095 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.25S	8418.96	6	758.44	A
H.50S	5631.43	6	758.44	A B
H.25LP	4971.88	6	758.44	B
H.75S	3300.64	6	758.44	B

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

Tabla 1.8: Análisis estadístico Tukey al 95% para determinación de “overrun”

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09808

Error: 0.0035 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
H.50S	76.38	6	0.02	A
H.25S	56.31	6	0.02	B
H.25LP	45.98	6	0.02	C
H.75S	36.06	6	0.02	D

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

H.75S: Postre congelado con 0.75 lb de WPI; H.50S: Postre congelado con 0.50 lb de WPI; H.25S: Postre congelado con 0.25 lb de WPI; H.25LP: Postre congelado con 0.50 lb de Leche en polvo

