



**APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS EN LA FORMULACIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE UN ESTABILIZANTE PARA HELADOS DUROS**

**ALEJANDRA CAFARZUZA GÓMEZ
FELIPE VICTORIA BONILLA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2017**

**APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS EN LA FORMULACIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE UN ESTABILIZANTE PARA HELADOS DUROS**

Autores:

**ALEJANDRA CAFARZUZA GÓMEZ
CÓD. 1329332**

**FELIPE VICTORIA BONILLA
CÓD. 1324389**

**Trabajo de grado, como requisito parcial para optar por el Título de Ingeniero de
Alimentos**

Director:

JUAN SEBASTIÁN RAMÍREZ-NAVAS, IQ, PHD.

Codirector

ALEJANDRO FERNÁNDEZ QUINTERO, I.A., PH.D.



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2017**

DEDICATORIA

A Dios por seguir mi guía y mi luz, por enseñarme que no hay reto que no se pueda cumplir. A mi mamá Ligia Marina Gómez, la mujer más fuerte y luchadora que conozco, ella que me muestra cada día que se puede ser mejor. A mi papá Bachir Cafarzuza, el que, con su amor, compañía y escucha me ha hecho una mujer fuerte y centrada. A mi hermana Paola Andrea Cafarzuza, ella que me ha enseñado que no importa si nos equivocamos, importa es cómo reaccionamos frente al error. A mis abuelos Ligia y Pablo por ser mi motor, mi alegría y felicidad infinita, a todos los amo y les dedico todo mi trabajo.

Alejandra Cafarzuza

En primer lugar, a Dios, él, que nunca me desampara y me da fuerzas en el camino. A mi padre José Fernando Victoria, el cual es mi ejemplo de fuerza y templanza, que me ha enseñado a seguir en el camino sin importar las circunstancias. A mi madre Alba Cecilia Bonilla, ella, la mujer más luchadora que conozco me ha acompañado, escuchado y aconsejado por toda mi vida, a ellos que son mi fuerza y mi estabilidad, les dedico este logro tan valioso para mí.

Felipe Victoria Bonilla

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, que con su amor y paciencia nos han acompañado en este proceso.

A nuestro director Juan Sebastián Ramírez-Navas, él que, con toda la paciencia y dedicación, nos acompañó y guio en cada proceso, gracias Juan Sebastián por ser nuestro apoyo firme y por enfrentar cada inconveniente a nuestro lado.

A Juan Pablo Benítez Franco, por su tiempo, apoyo y comprensión, por motivarnos siempre ha realizar un mejor trabajo.

A nuestro Codirector el profesor Alejandro Fernández por su tiempo y acompañamiento durante el proyecto.

A los laboratoristas Rigo Alberto Mantilla y Silvio Marino López, por su acompañamiento durante la experimentación del proyecto.

A la Universidad del Valle y especialmente a la Escuela de Ingeniería de alimentos por el aporte a nuestra formación profesional

TABLA DE CONTENIDO

Lista de Tablas	5
Lista de Figuras	5
Lista de Ecuaciones	6
Resumen	7
Abstract	8
1 Introducción	9
2 Formulación del problema de investigación	11
2.1 Problema de investigación	11
2.2 Justificación	11
2.3 Hipótesis	12
2.4 Objetivos.....	12
3 Marco teórico	14
3.1 Antecedentes	23
3.2 Helado.....	14
3.3 Diseño de mezclas.....	23
4 Metodología	24
4.1 Ubicación	24
4.2 Aspectos metodológicos.....	24
4.3 Diseño experimental	24
4.4 Materiales.	26
4.5 Formulación base	27
4.6 Elaboración del helado duro sabor a vainilla.....	27
4.7 Análisis realizados a las muestras de helado	28
4.8 Análisis Sensorial.....	30
4.9 Análisis estadístico.....	31
5 Resultados y discusión.....	¡Error! Marcador no definido.
5.1 Preliminares	33
5.2 Diseño de mezclas.....	33
5.3 Optimización de la mezcla de estabilizantes-emulsionantes	38
6 Conclusiones.....	44
7 Recomendaciones.....	44
8 Referencias	46
9 Anexos.....	49
9.1 Fichas técnicas	49
9.2 Formulario para análisis sensorial	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos del helado	15
Tabla 2. Puntos del diseño experimental	26
Tabla 3. Formulación de los helados duros sabor a vainilla	27
Tabla 4. Parámetros de color de las mezclas de helado	33
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de helados y mezclas de helado	34
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de helados y mezclas de helado	36
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos de las mezclas de helado y helado, optimizado y comercial	39
Tabla 8 Frecuencias para cada descriptor obtenidos en el panel sensorial	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema CIE-Lab	18
Figura 2 Diseño Simplex Reticular	25
Figura 3. Proceso de fabricación de helados	28
Figura 4. Colorímetro Hunter Lab ColorFlex	29
Figura 5. Viscosímetro Brookfield	29
Figura 6. Densidad	35
Figura 7. Viscosidad	35
Figura 8. pH	35
Figura 9 Sólidos solubles	35
Figura 10 Tiempo de caída de primera gota	37
Figura 11 Tiempo de derretimiento	37
Figura 12 Overrun	37
Figura 13 Porcentaje de derretimiento del helado optimizado vs helado comercial	42

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Combinación de los posibles componentes.....	25
Ecuación 2 Valores de los puntos del diseño experimental	25
Ecuación 3 Modelo cuadrático del diseño de mezclas	25
Ecuación 4 Restricción sólidos totales	26
Ecuación 5. Variación de la luminosidad	29
Ecuación 6. Índice de Amarillez	29
Ecuación 7. Variación de a^*	29
Ecuación 8. Variación de b^*	29
Ecuación 9. Diferencia de color	29
Ecuación 10. Índice de blancura.....	29
Ecuación 11 Densidad.....	30
Ecuación 12 Porcentaje de derretimiento	30
Ecuación 13 Capacidad de retención del aire	30

RESUMEN

Existen innumerables aditivos en la industria de los alimentos, estos pueden ser desde potenciadores de sabor hasta conservantes. Para la industria heladera los aditivos más importantes son los estabilizantes y los emulsificantes, los cuales, adicionados a la mezcla le ayudan a mantener todas las características esenciales al helado; Cada estabilizante y emulsificante contribuye de cierta manera a mejorar uno o varios aspectos del helado como producto final. Con el fin de optimizar la mayor cantidad de características organolépticas como el sabor y fisicoquímicas como su tiempo de derretimiento, se realizan mezclas entre los distintos estabilizantes y emulsionantes que están en el mercado para así encontrar las proporciones adecuadas. De acuerdo con lo anterior, en este trabajo se tiene como finalidad realizar una mezcla de dos estabilizantes (goma guar y goma xanthana) y un emulsionante (monoestereato de glicerilo), realizando un proceso de optimización a través de un diseño estadístico de Mezclas Simplex reticular con centroide debido a que con este diseño la información suministrada predice el comportamiento de las variables y reduce el número de prácticas a realizar para poder llegar a la conclusión deseada. La formulación del helado no fue modificada durante el proceso de fabricación de ninguna de las pruebas, los cambios se realizaron en la mezcla adicionada de estabilizantes y emulsionantes, dicha mezcla fue determinada totalmente al azar para cada uno. Se realizaron análisis fisicoquímicos de color, viscosidad, densidad, pH en la pre-mezcla además de tiempo de caída de primera gota, tiempo de derretimiento y *overrun* en el producto final. Se obtuvo la formulación final de helado optimizado mediante el uso del programa Minitab y posteriormente a este se le realizaron todas las pruebas antes descritas. Al realizar la comparación del helado obtenido con uno comercial se obtiene que el comercial presenta unos tiempos de caída de primera gota y derretimiento más prolongados además que presenta un color más agradable para el público según el análisis sensorial, esto se debe a que el helado de marca comercial presenta como estabilizante una mezcla más amplia de estos por lo tanto logra unas características diferentes.

Palabras clave: Diseño de experimentos, diseño de mezclas, emulsionante, estabilizante parámetros de calidad, calidad organoléptica, reología.

ABSTRACT

There are innumerable additives in the food industry, these can range from flavor enhancers to preservatives. For the refrigerator industry, the most important additives are stabilizers and emulsifiers, which, added to the mixture, help maintain all the essential characteristics of ice cream; Each stabilizer and emulsifier contributes in a certain way to improve one or several aspects of ice cream as a final product. In order to optimize the greatest amount of organoleptic characteristics such as flavor and physicochemical as their melting time, mixtures are made between the different stabilizers and emulsifiers that are on the market to find the right proportions. According to the above, this work aims to make a mixture of two stabilizers (guar gum and xanthana gum) and an emulsifier (glyceryl monostearate), performing an optimization process through a statistical design of reticulated Simplex Mixtures with centroid because with this design the information provided predicts the behavior of the variables and reduces the number of practices to be performed in order to reach the desired conclusion. The formulation of the ice cream was not modified during the manufacturing process of any of the tests, the changes were made in the added mixture of stabilizers and stabilizers, said mixture was determined totally at random for each one. Physicochemical analysis of color, viscosity, density, pH in the pre-mix as well as first drop time, melting time and overrun in the final product were carried out. The final formulation of optimized ice cream was obtained through the use of the Minitab program and afterwards all the tests described above were carried out. When comparing the ice cream obtained with a commercial one, it is obtained that the commercial one presents longer first drop and melting times and that it presents a more pleasant color for the public according to the sensory analysis, this is because the ice cream Trademark presents as stabilizer a wider mixture of these therefore achieves different characteristics.

Keywords: Design of experiments, design of mixtures, emulsifier, stabilizer, quality parameters, organoleptic quality, physicochemical properties.

1 INTRODUCCIÓN

El helado es una mezcla de leche, grasa, agua y un estabilizante, que se sometió a un proceso de congelamiento y aireado para otorgarle las características finales al producto [Goff y Hartel, 2013]. La industria de helados en Colombia cambia constantemente; innova y rediseña sus productos con el objetivo de ampliar la gama de consumidores en todo el país. En esta industria se proyecta un crecimiento en ventas del 3,1 % anual, entre 2016 y 2020. Esto la posiciona como una industria en auge. Sin embargo, para cumplir con lo prospectado, la industria heladera deberá concentrar sus esfuerzos en nuevos desarrollos. [Díaz, 2014]

Debido a diversa gama de sabores, colores, texturas y presentaciones que esta mezcla congelada presenta se puede considerar el postre preferido por excelencia a nivel mundial [Soukoulis *et al.*, 2010]. Todos los ingredientes de la mezcla juegan un rol crucial a la hora de formular un producto; pero cabe resaltar que los estabilizantes son uno de los componentes más importantes para la industria debido a que de estos dependen en gran medida los parámetros funcionales y de calidad del producto final.

Las proteínas lácteas tienen la labor de estabilizar la mezcla, darle cuerpo y forma [Pintor y Totosa, 2013], pero no logran construir una red que funcione de manera eficaz, por lo tanto, el producto después de cierto tiempo se comienza a separar. Con el fin de evitar este defecto se adicionan mezclas de estabilizantes y emulsionantes a la mezcla inicial. En la actualidad todas las grandes industrias de helados formulan sus productos con cantidades moderadas de estabilizantes y emulsionantes para con ello preservar las condiciones óptimas de un buen producto.

Los estabilizantes son macromoléculas, en su mayoría polisacáridos, que pueden ser: coloides, hidrocoloides o gomas, que distribuyen uniformemente las partículas que no son solubles entre sí; encargándose de formar mezclas estables entre los componentes presentes en los helados, mejorando así las propiedades físicas y los parámetros de calidad [Pintor y Totosa, 2013; Ramirez-Navas *et al.*, 2015]. Los emulsionantes son sustancias que permiten la unión de partículas hidrófilas e hidrofóbicas para formar una sola fase sin que se genere una separación al pasar el tiempo. En la elaboración de un helado de calidad, es necesario obtener una mezcla homogénea, para ello se debe emplear estabilizantes y emulsionantes, que permiten la conservación del producto y sus características [Jaimes, 2016]. En la norma técnica colombiana NTC 1239 expedida el 18 de septiembre de 2002 se presentan varias recomendaciones sobre el uso de estabilizantes en helados [ICONTEC, 2002].

Existen muchas metodologías y procedimientos planteados para realizar experimentación aplicada a Investigación y Desarrollo e innovación (I&D+i). Generalmente, dichas metodologías se basan en el ensayo y error, volviendo las investigaciones extensas y poco efectivas. Por otro lado, la estadística presenta una serie de diseños experimentales que otorgan orden y sentido a la experimentación, haciéndola así, repetible a gran escala.

Uno de los diseños experimentales que presenta la estadística es “El diseño experimental de mezclas” el cual tiene como objetivo principal evaluar la influencia de cada uno de los componentes sobre las variables de respuesta seleccionadas. De manera organizada, dicta los ensayos necesarios para poder predecir el efecto que tendrán dichos ingredientes sobre el producto final [Hernández Sampieri *et al.*, 2014]. El objetivo de este trabajo fue encontrar la formulación óptima de una mezcla estabilizante a partir de diferentes estabilizantes y emulsionantes puros, que mejoren las propiedades organolépticas y de calidad del helado.

2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Pintor y Totosaus [2013] definieron al helado como “una dispersión coloidal, emulsión/espuma congelada que permanece uniforme durante su almacenamiento, constituida principalmente por dos fases, una dispersa, inmersa, en una continua de alta viscosidad. La fase dispersa se conforma por burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa emulsionados y dispersados. La fase líquida está compuesta a su vez por azúcares, proteínas de leche e hidrocoloides disueltos en agua no congelada”. Dicho de otra manera, el helado es una mezcla de proteínas de leche, azúcar, grasa y agua que forman una matriz alimenticia muy compleja. Cuando esta dispersión coloidal no se genera de manera correcta, se pueden ocasionar reacciones poco deseables para este tipo de productos, como lo son: la separación de las fases, la formación de cristales de agua o lactosa, o el derretimiento acelerado del producto [Jaimes, 2016].

Problemas como los mencionados anteriormente han llevado a la industria a implementar el uso de estabilizantes y emulsionantes en las formulaciones de sus productos. Éstos colaboran a la formación de la dispersión dándole soporte y cuerpo a la misma. Ya se ha comprobado que el uso de estabilizantes ayuda a la optimización de los parámetros de calidad de los helados, lo que no se ha dicho es ¿cuáles? con ¿qué parámetros?, en ¿qué cantidades? o de ¿qué forma? se deben implementar éstos en los helados.

En este trabajo de investigación se escogen dos estabilizantes y un emulsionante (Goma Guar, Goma Xanthana, Monoestearato de Gliserillo) con el fin de encontrar la mezcla idónea, la cual optimice las características de calidad de los helados duros. Para poder mejorar estas cualidades, el uso de estabilizantes/emulsionantes combinados podrían ayudar, debido a que estos interactúan con los compuestos del helado mejorando los parámetros de calidad [Guven *et al.*, 2003].

2.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible encontrar una formulación de estabilizante/emulsionante que mejore las características fisicoquímicas del helado duro?

2.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el uso de aditivos en la industria alimentaria se ha incrementado. Los estabilizantes son muy utilizados en helados ya que aumentan la viscosidad de la mezcla,

forman una dispersión uniforme protegiendo así los glóbulos de grasa y disminuyen el crecimiento de cristales de hielo y lactosa durante el almacenamiento en el cual existe el riesgo de fluctuación en la temperatura [Posada D *et al.*, 2012].

En Colombia, el consumo *per cápita* de helado, pasó de 1 kg a 2,3 kg en los últimos años [Lopez B y Sepulveda, 2012]. El mercado se ha vuelto interesante para inversionistas. Sin embargo, se requiere más estudios sobre nuevas formulaciones de ingredientes y aditivos, como por ejemplo los estabilizantes/emulsionantes que garanticen la calidad del producto final.

La industria alimentaria se encuentra en constante cambio, los requerimientos y la exigencia de los consumidores, han llevado a las empresas a desarrollar nuevos productos los cuales complazcan cada una de sus demandas, este desarrollo de productos se ha venido realizando por décadas de diferentes maneras, siendo la más popular el ensayo y error. Esta técnica, aunque efectiva a largo plazo, consume mucho tiempo y dinero los cuales pueden evitar que la experimentación tenga un fin exitoso.

El diseño de mezclas, por otro lado, resume esos innumerables experimentos a un valor razonable, disminuyendo así el costo de los suplementos a utilizar, el tiempo y energía invertidos en dicha experimentación.

2.3 HIPÓTESIS

Aplicando el diseño de mezclas se puede obtener una formulación de estabilizantes óptima que permita obtener las mejores características fisicoquímicas y sensoriales en helados duros.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Determinar la mejor formulación de una mezcla emulsionante-estabilizante para helados duros en función de sus características fisicoquímicas y sensoriales aplicando el diseño de mezclas.

2.4.2 Específicos

- Evaluar el efecto de cada formulación de las mezclas emulsionantes-estabilizantes sobre las propiedades fisicoquímicas en la muestra de helado duro.

- Determinar y optimizar la formulación de un estabilizante constituido por goma Xanthana, goma Guar y Monoestearato de Gliserillo, de acuerdo con el diseño de mezclas en función de las características fisicoquímicas.
- Evaluar sensorialmente la mejor formulación con referencia a una muestra comercial.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 HELADO

La NTC 1239 define helado como un producto alimenticio, higienizado, edulcorado, obtenido a partir de una emulsión de grasa y proteínas, con adición de otros ingredientes y aditivos permitidos, también puede ser una mezcla de agua, azúcar y otros ingredientes regulados sometidos a congelamiento con o sin batido. [ICONTEC, 2002]. Al mismo tiempo se puede definir helado como un producto obtenido por la mezcla y congelación de ingredientes líquidos constituidos fundamentalmente por leche, derivados lácteos y otros componentes.

3.1.1 Clasificación

En primera instancia los helados se pueden clasificar dependiendo de su consistencia:

Helado blando: estos se caracterizan por su consistencia suave y alta cremosidad. Se congelan hasta un estado característico que lo otorga una máquina, la cual lo dosifica en las cantidades especificadas por el usuario, para conservar sus características intactas se debe mantener a una temperatura menor a -18°C

Helado duro: estos se destacan principalmente porque después de su fabricación, en su almacenamiento, transporte y venta, conservan el mismo estado de dureza a temperaturas menores a -18°C .

Por otro lado, en la NTC 1239 se clasifica a los helados de acuerdo a su composición e ingredientes básicos. [ICONTEC, 2002]

- De crema de leche: constituido principalmente por crema de leche, lo cual lo hace un helado con un contenido de grasa más alto que el resto de helados.
- De leche: fabricado esencialmente a base de leche entera.
- De leche con grasa vegetal: este helado se caracteriza por obtener todas sus proteínas únicamente de la leche (o derivados) y además parte de su grasa es de origen vegetal.
- De yogur: helado al cual se le adicionan
- No lácteo, de imitación: helado el cual no tiene ningún componente lácteo.
- Sorbete o "sherbet": helado preparado a base de agua, leche, frutas, productos lácteos además de otras materias primas alimenticias, se caracteriza por ser un helado bajo en grasa.
- De fruta: helado producido principalmente de agua, azúcar y fruta o productos a base de fruta.
- De agua o nieve: este helado se caracteriza por no contener grasa ni proteína, constituido básicamente por agua, azúcar y otros aditivos

- | | |
|---|--|
| ingredientes lácteos inoculados con microorganismos productores de ácido láctico. | para otorgarle sabor. |
| • De grasa vegetal: helado el cual toda su grasa es de origen vegetal. | • De bajo contenido calórico: helado el cual desde su formulación se disminuyó mínimo el 35 % de calorías respecto al producto original. |

3.1.2 Requisitos generales

Según la NTC 1239 se permiten los siguientes ingredientes en la formulación de helados artesanales o industriales. [ICONTEC, 2002]:

- Leche, constituyentes derivados de la leche y productos lácteos, frescos, concentrados, deshidratados, fermentados, reconstituidos o recombinados.
- Grasas y aceites vegetales o animales comestibles.
- Proteínas comestibles no lácteas.
- Edulcorantes naturales y artificiales permitidos.
- Agua potable.
- Huevos y productos de huevo, pasteurizados o productos de huevo que hayan sido sometidos a un tratamiento térmico equivalente.
- Frutas y productos a base de fruta.
- Agregados alimenticios, destinados a conferir aroma, sabor o textura
- Los ingredientes lácteos que se empleen en la reconstitución de las mezclas para helados deben ser higienizados.
- El producto que se descongele no debe congelarse nuevamente.
- No se permite la adición de hielo a la masa de helado durante su elaboración o congelación.
- Las temperaturas de almacenamiento y transporte del helado deben ser de mínimo – 18°C.

3.1.3 Requisitos fisicoquímicos

Según la NTC-1239, los helados y las mezclas para helados deben cumplir con las características fisicoquímicas consignadas en la Tabla 1.

Tabla 1.Requisitos fisicoquímicos del helado

Clase de helado	De crema de leche	De leche	De leche con grasa vegetal	De yogurt	Con grasa vegetal	No lácteo, de imitación	Sorbete o Sherbet	De fruta	De agua o nieve
Requisito									
Grasa total, %m/m, mín	10	4	8	2	6	4	0,5	...	...
Grasa láctea, %m/m, mín	10	4	2	2	...	0	...	...	...
Grasa vegetal %m/m, mín.	...	...	*	0	6	4	*	...	...
Sólidos totales, %m/m, mín	36	27	33	25	30	26	20	20	15
Proteína láctea, %m/m, mín (Nx6,38)	3	2,5	2,5	2,5	2,5	0	0,5	0	0
Ensayo de fosfatasa Alcalina	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	...	Negativo	...	...
Peso/volumen, g/l, mín	475	475	475	475	475	475	475	475	475
Acidez como ácido láctico, %m/m, mín	...	...	...	0,25	...	...	...	...	...
Si se declara huevo: sólidos de yema de huevo, %m/m, mín	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	...	...

Fuente: ICONTEC [2002]

3.1.4 Proceso de elaboración de helado

El proceso básico en la industria de helados comienza con la etapa de recepción de materias primas, que en helados duros corresponde a leche, agua (si es leche en polvo), azúcar, grasas y algunos aditivos

- **Mezclado:** se incorporan los ingredientes líquidos de la formulación, dosificados, en el recipiente de la mezcla. Posteriormente, se adicionan los sólidos y con la ayuda de un agitador se mezclan por aproximadamente 15 minutos hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Homogenización:** esta es una de las operaciones más importantes del proceso. En ésta se disrumen los glóbulos de grasa para obtener una suspensión continua en la mezcla. Además, evita la segregación de las fases de la mezcla, por lo tanto, se favorece las características fisicoquímicas y sensoriales del producto [Madrid Vicente y Cenzano del Castillo, 2003].

- **Pasteurización:** se eleva la temperatura de la mezcla hasta los 78 °C por 20 segundos y luego rápidamente se enfría. Este procedimiento se realiza para eliminar los microorganismos indeseables en el producto y el cumplimiento de los requisitos microbianos registrados en la norma.
- **Maduración:** en esta etapa se producen los fenómenos de cristalización de las grasas y proteínas, además de la hidratación de los estabilizantes. El rango de temperaturas adecuado para este proceso es de 2 a 4 °C por un tiempo mínimo de 3 horas, aunque se puede decir que una mezcla está madurada después de un periodo de 24 horas [Madrid Vicente y Cenzano del Castillo, 2003] .
- **Congelamiento dinámico:** es una operación de mezclado en la cual se incorpora aire a la mezcla, además de bajar su temperatura. En esta etapa, parte de los glóbulos de grasa se rompen, se crean pequeños cristales de agua y la membrana de las proteínas se quebranta.
- **Almacenamiento y distribución:** El producto terminado se almacena a -30°C, se transporta de -25 a -30°C. Aunque la temperatura sea baja no toda el agua se encuentra en estado sólido [Rebollo-Alonso, 2008].

3.1.5 Propiedades físicas de los helados

Cada tipo de helado posee diferentes características debido a que estas dependen directamente de su formulación, la calidad del producto se puede evaluar desde el ámbito sensorial y también del fisicoquímico, siendo los dos de gran importancia, tanto para la legislación como para el consumidor. Las propiedades que se tienen en cuenta son: porcentaje de sólidos solubles, pH, color, viscosidad y densidad desde el punto de vista fisicoquímico. Por último, pero no menos importante, también se evalúa, el porcentaje de derretimiento, que indica la destreza que tiene el helado para resistir el derretimiento [Posada D *et al.*, 2012]. Y el tiempo de caída de la primera gota [Lopez B y Sepulveda, 2012]

3.1.6 Análisis sensorial

El análisis sensorial consiste en evaluar las características de los alimentos teniendo como herramienta fundamental los sentidos del ser humano, para cualquier evaluación de esta índole hay que tener en cuenta las siguientes sensaciones; aroma, color, sabor y textura. En la literatura se pueden encontrar diversas formas de clasificar el análisis sensorial. Por ejemplo, Liria [2007] propone tres tipos de pruebas sensoriales: 1) descriptiva, describe los contrastes sensoriales que pueden existir entre los productos evaluados; 2) discriminatorias, que determinan si un producto es diferente a otro, y 3) afectivas, que comunican la aceptabilidad del producto por el consumidor.

3.1.7 Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la mezcla para helado

3.1.7.1 Color

El color es una de las características más usadas para evaluar la calidad de un producto, este se mide por medio de un colorímetro el cual debe de estar programado con uno de los sistemas de medición de color, el más conocido es el sistema CIElab, este posee una configuración tridimensional en donde el eje z corresponde a el valor L^* que es la luminosidad, los valores a^* y b^* corresponden a los ejes “x” y “y” y van de rojo a verde y de amarillo a azul, respectivamente, como se puede observar en la Figura 1 [Manayay *et al.*, 2013; Ramirez-Navas, 2010].

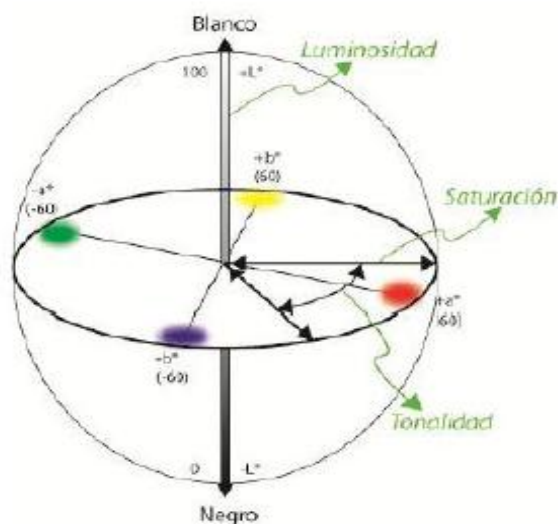


Figura 1. Sistema CIE-Lab
Fuente: Ramírez-Navas 2010

3.1.7.2 pH

Por medio de un pH-metro se determinarán la cantidad de hidrogeniones existentes en la mezcla, por lo tanto, se obtendrá el grado de acidez o basicidad de esta, el cual es un parámetro de calidad muy importante en los lácteos [ICONTEC, 2005].

En los helados se busca un pH entre 6 y 7 debido a que si el pH disminuye aumenta considerablemente la viscosidad de la mezcla lo cual no es muy deseable para el proceso de batido del helado. [Posada David I, 2012]

3.1.7.3 Viscosidad

Los comportamientos y las deformaciones obtenidas al someter a un esfuerzo determinando un producto se explican por una serie de fenómenos y/o principios físicos. Éstos estudian la conducta de la materia capaz de fluir mediante la relación entre el esfuerzo y la deformación [Rodríguez *et al.*, 2005]. La viscosidad es la capacidad que posee un líquido de fluir libremente, esta propiedad puede ser expresada en poises, centipoises o g/cm s, para obtener este valor hay que ser muy cuidadosos en la metodología debido a que ésta, en algunos productos, depende de la temperatura. [ICONTEC, 2005].

3.1.7.4 Densidad

Se define densidad como la relación que existe entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa el mismo, esta propiedad puede ser calculada de diferentes maneras, debido a que, si se conocen las dos variables anteriormente mencionadas, se puede obtener el valor de la densidad, en la literatura se propone el uso de picnómetros y lactodensímetros para la medición de este parámetro [Geankoplis, 2006].

3.1.7.5 Sólidos Solubles

Los sólidos solubles son la cantidad de solutos que fueron diluidos en determinado solvente, esta propiedad se mide en °Brix . [ICONTEC, 2005].

3.1.8 Parámetros de proceso

3.1.8.1 Tiempo de maduración

El tiempo de maduración es, como su nombre lo indica, la cantidad de tiempo que la mezcla se ha dejado a una temperatura entre 2 y 4 °C, este, tiene la finalidad de permitir que todos los procesos químicos entre los ingredientes de la mezcla se realicen. Los fenómenos más importantes que ocurren en esta etapa son: la adsorción de los estabilizantes-emulsionantes a la superficie de las partículas de grasa, el inicio de la cristalización de la grasa, el cual favorece el proceso de nucleación en cada gota. Debido a que son estos no se podría incorporar ni mantener las burbujas de aire que son integradas mediante la operación de congelación dinámica [Clarke, 2004].

3.1.9 Estabilizantes para helados

Los aditivos en alimentos son altamente utilizados, debido a que estos realzan las características más llamativas de cada producto, ayudan a que este conserve sus propiedades por más tiempo o le proporcionan un sabor especial. En fin, existen muchas diferentes razones para utilizar estos componentes.[Jaimes-Duque *et al.*, 2017]. Existen sustancias muy útiles para conformar y estabilizar emulsiones tipo agua en aceite (Helados) los principales son los mono y di glicéridos de ácidos grasos, estos también considerados tensoactivos lo que ayuda reducir la energía necesaria para mantener la integridad de los glóbulos grasos [Ruiz Cruz y Janer Del Valle, 1987]

3.1.9.1 Estabilizantes

Los estabilizantes son aditivos, principalmente conformados por polisacáridos que pueden ser: coloides, hidrocoloides o gomas, de estos los más utilizados en la industria de alimentos son: la gelatina, la goma Guar, la goma xantana y la goma algarrobo, entre otras. Este producto tiene como función final, proporcionar suavidad, cuerpo y textura a los helados, esto se debe a que el estabilizante ayuda a conservar la estructura del alimento, posibilitando la distribución fina de las partículas que no pueden ser disueltas entre si. Estos actúan como capa protectora para la emulsión formada en la mezcla, por lo tanto, evitan la segregación de esta. En el proceso de congelación del helado se crean pequeños cristales de hielo los cuales aportan forma al producto, en la etapa de transporte pueden ocurrir fluctuaciones de temperatura, las cuales pueden ocasionar el derretimiento de estos pequeños cristales y la creación de unos más grandes, una de las funciones más importante de los estabilizantes es prevenir que estos nuevos cristales se produzcan para así conservar la textura del producto. [Pintor y Totosa, 2013].

- **Goma Guar**

Goma Guar es un estabilizante natural identificado como un aditivo con el código E412, se extrae de las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonolobus*, una de sus características a destacar en la adición a el producto, es la disminución de los efectos indeseables debido a los cambios en la temperatura, además de que se disuelve fácilmente y no ocasiona un cambio tan brusco en la viscosidad [Jaimes, 2016].

La goma Guar es un carbohidrato polimerizado el cual está constituido por galactosa y manosa, la proporción en la que estos componentes se encuentran depende directamente del origen de las semillas, pero se puede considerar que por cada unidad de galactosa se poseen dos de manosa, como se puede observar en la figura 2 la Goma Guar.

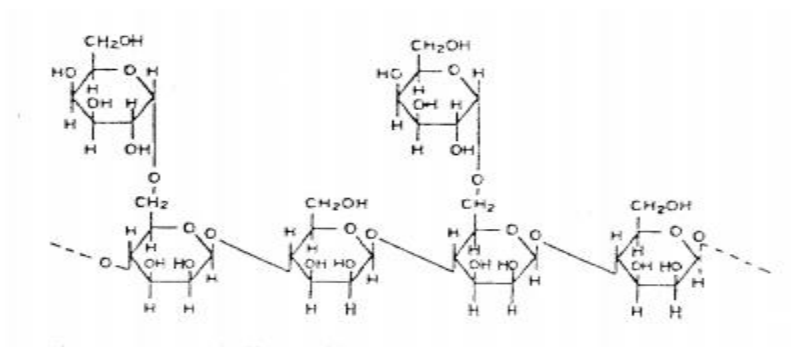


Figura 2 Estructura de la Goma Guar

La goma Guar es uno de los mejores estabilizantes conocidos, las soluciones de esta formulación comúnmente son no newtonianos, pseudoplásticos.

- **Goma Xanthana**

Se identifica como el aditivo E415. Es un polisacárido producido por la bacteria *Xanthomonas campestris*, el compuesto presenta la estructura química presentada en la figura 3.

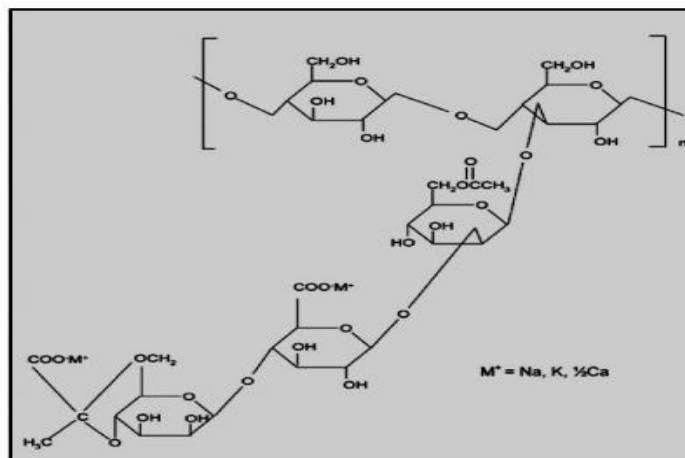


Figura 3 Estructura de la Goma Xanthana

Goma Xanthana se puede clasificar como un estabilizante o un espesante, esto se debe a que la goma cuando se hidrata produce soluciones altamente viscosas a bajas concentraciones, lo cual la hace un excelente espesante, por otro lado, las soluciones que forma este compuesto tienen estabilidades térmicas desde el punto de congelación del agua hasta el de ebullición, al mismo tiempo un comportamiento constante a pH alcalinos o base, así mismo en presencia de sales además una alta resistencia a las enzimas, estas

principales características sitúan a la Goma Xanthana como uno de los estabilizantes más usados en la industria de los alimentos.

3.1.9.2 Emulsionantes

Los emulsionantes son agentes que permiten la unión de partículas o moléculas de carácter lipofílicos e hidrofílicos, favoreciendo la formación y mantenimiento de una emulsión, con este fin realizan enlaces con las proteínas formando películas alrededor de los glóbulos grasos impidiendo su coalescencia, reduciendo su tensión superficial y haciéndola más estable [Rebollo-Alonso, 2008].

- **Monoestearato de glicerilo**

El monoestearato de glicerilo en la actualidad es uno de los emulsionantes más utilizados en la industria de los alimentos, este es un emulsionante oleofílico el cual se obtiene de una mezcla del ácido esteárico y el ácido palmítico. Al ser este un emulsionante tan popular es de bajo costo (comparado con otros emulsionantes de estas características) y de fácil acceso.[Jaimes, 2016 #5]

3.1.9.3 Función de las mezclas de emulsionantes-estabilizantes en helados

Las mezclas de estabilizantes y emulsionantes permiten en los helados:

- La formación de una emulsión por su efecto de reducción de la tensión superficial.
- La uniformidad de los glóbulos grasos en la mezcla, mejorando así la textura.
- La distribución homogénea de los cristales de hielo y que su tamaño sea pequeño, mejorando el cuerpo del helado.
- Mejorar la capacidad de batido, disminuye el tiempo de batido y evita la separación de agua durante el batido.
- Aumentar el *overrun*, contribuye a la correcta incorporación del aire.
- Mejorar la resistencia a derretirse, hace que se derrita suavemente en el paladar.
- Aumentar la dureza y sequedad, impartiendo textura suave y una sensación bucal deseable ligeramente gaseosa.
- La formación de complejos graso-proteínicos.
- La desestabilización de la mezcla durante la congelación, asegurando el control de la des-emulsificación de las materias grasas.

En conjunto, los emulsificantes y estabilizantes determinan las propiedades reológicas del producto [Clarke, 2004]. Por lo tanto, se combinan con la finalidad de crear una mezcla que

optimice las características del helado, estas mezclas cotidianamente se conforman por “n” emulsionantes y “n” estabilizantes seleccionados [Pottí, 2007].

3.2 DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de un experimento con mezclas consiste en “aplicar una metodología de planeación y análisis que asegure obtener los conocimientos y soluciones” existen diferentes tipos de diseños como el Simplex- lattice (reticular) y Simplex-centroide [Sampieri, 2014]. El objetivo principal de cada uno de estos es evaluar la influencia de cada componente de la formulación sobre las variables de respuesta escogidas [Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2004].

3.3 OPTIMIZACIÓN:

involucra uno o varios factores que afectan un proceso con la finalidad de obtener una respuesta que complazca de la mejor manera los intereses que se tienen sobre él. Esos factores pueden ser contrarios debido a que todo depende de la persona que espera conseguir, por ejemplo, para tornar rentable un producto alimenticio se decide cambiar las materias primas por unas más económicas. Aquí se tiene dos variables sabor y costo, la cual queremos que una sea masificada y la otra minimizada, aquí la optimización es la mejor manera de equilibrar los datos y generar una respuesta satisfactoria.

3.4 ANTECEDENTES

A medida que avanzan los años el mundo cambia y también sus tendencias. Los consumidores se han vuelto más conscientes y, por tanto, exigentes con los productos que compran. Esto ha motivado a la realización de investigaciones, las cuales evalúan los efectos de las diferentes mezclas de estabilizantes-emulsionante sobre la calidad del producto final.

Martinez Rojas [2002], realizó una nueva formulación de helado usando un estabilizante comercial (Cremodan SE 448) y una mezcla de goma guar, goma de algarrobo, carboximetil celulosa y monodiglicéridos; ambos con concentraciones 0,4%. A la mezcla se le practicaron análisis de grasa, acidez, densidad, pH, sólidos solubles, proteína y viscosidad. Al helado le midieron *overrun*, grasa libre, derretimiento y por último, realizaron una prueba sensorial centrándose en la textura. Únicamente encontraron diferencias significativas en la viscosidad, la cual incrementó.

Rincon *et al.* [2008] analizaron el desempeño de una mezcla de gomas de Acacia glomerosa, *Enterolobium cyclocarpum* e *Hymenaea courbaril*, en la preparación de helados

de bajo contenido calórico. Ellos usaron esta mezcla como emulsionante, evaluando la viscosidad, el porcentaje de derretido y las propiedades sensoriales y compararon con productos que tenían emulsionantes comerciales. La mezcla de estas gomas incrementó la viscosidad del producto, facilitando la incorporación y distribución uniforme del aire, mejorando la textura y estabilidad durante su almacenamiento. También, mejoró la capacidad de expansión de las espumas y las propiedades de derretido.

Posada D *et al.* [2012] analizaron un estabilizante compuesto por goma algarrobo y goma guar (1:1). La goma guar posee un 0,05% de monodiglicéridos. En la investigación utilizaron un estabilizante comercial al 0,35% como testigo. Las características fisicoquímicas de las mezclas no presentaron diferencias significativas con el testigo. Sin embargo, el nuevo estabilizante presentó viscosidades superiores en todos los tratamientos frente al estabilizante comercial.

4 METODOLOGÍA

4.1 UBICACIÓN

El proyecto se llevó a cabo en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia, en Universidad del Valle, sede Meléndez, en los laboratorios de propiedades físicas y fenómenos de transporte y el laboratorio de operaciones unitarias de la escuela de Ingeniería de Alimentos, durante los periodos académicos 2017A y 2017B.

4.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Se estudió el efecto de la aplicación de las diferentes mezclas de estabilizantes y emulsionantes en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los helados duros. Se realizó una manipulación intencional de la formulación del estabilizante y se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del producto obtenido de cada variación, para así seleccionar la formulación del estabilizante idónea para los helados duros sabor a vainilla. Esta investigación fue un estudio aplicado correlacional [Hernández Sampieri *et al.*, 2014].

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño con el que se trabajó fue el Simplex- Centroide. el cual considera dos variables fundamentales q y m . Donde q son los componentes de la formulación que se va a evaluar, y m es el orden del ajuste del modelo estadístico. [Gutierrez, 2008; Gutiérrez Pulido y de la

Vara Salazar, 2004]. Para definir los puntos del diseño se deben evaluar todas las posibles combinaciones o mezclas de componentes que se forman al considerar que estas toman los valores entre cero y uno dado por:

$$x_i = 0, 1/m, 2/m, \dots, m/m$$

Ecuación 1. Combinación de los posibles componentes

Para este caso en particular se definió q igual a 3 y m igual a 2 por ende, los valores que puede tomar x_i son 0, 1/2, 1. Formando los puntos del diseño siguientes:

$$(x_1, x_2, x_3) = (1,0,0); (0,1,0); (0,0,1); (1/2,1/2,0); (1/2,0,1/2); (0,1/2,1/2)$$

Ecuación 2 Valores de los puntos del diseño experimental

Representados en la Figura 3.

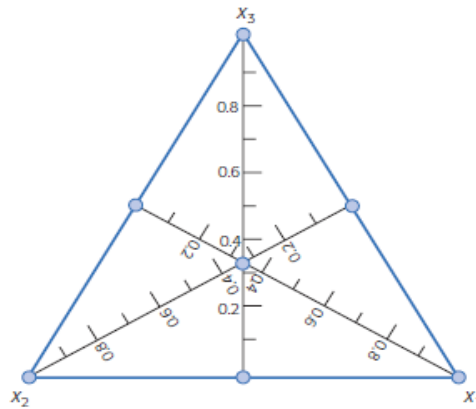


Figura 3 Diseño Simplex Centroide

Fuente: Gutierrez [2008]

Existen diferentes modelos estadísticos para describir este modelo, puede ser lineal, cuadrático o cúbico dependiendo de la cantidad de interacciones que se quieran evaluar, en esta ocasión se tomó que el modelo lineal, aunque ofrecía buenos resultados no evaluaba las relaciones deseadas, el modelo cubico, si bien tomaba todas las posibles relaciones y las evaluaba, no tenía una ganancia significativa frente al modelo cuadrático por ende el modelo que se escogió fue el siguiente:

$$E(y) = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2 + B_{33}x_3^2$$

Ecuación 3 Modelo cuadrático del diseño de mezclas

Donde B_i es el coeficiente del modelo de la forma canónica de primer orden para mezclas que representa la influencia que tiene la variable que lo acompaña, X_i , sobre el valor de respuesta.

Teniendo en cuenta que el campo de análisis es una matriz alimenticia se le aplicó al modelo la restricción de los sólidos totales, la cual se presenta a continuación:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

Ecuación 4 Restricción sólidos totales

Se definieron: como X_1 monoestearato de glicerilo (MEG), como X_2 goma guar (GG) y como X_3 goma xantana (GX). Las variaciones que tomó X_i están directamente relacionadas con las magnitudes de las variables q y m , que para este caso específicamente se precisaron en los valores 3 y 2, respectivamente. Los puntos del diseño son los que se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Puntos del diseño experimental

variable	X1	X2	X3
Experimento			
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	1/2	0	1/2
5	1/2	1/2	0
6	0	1/2	1/2
7	1/3	1/3	1/3

Con el fin de conservar los supuestos estadísticos de la Anova y con ellos poder tener validez en los resultados, se realizaron muestreos al azar y representativos para formar una caracterización de la población y así con la ayuda de la optimización en MiniTab determinar cuál es la óptima formulación de estabilizante para helados duros sabor a vainilla. El diseño dio como resultado siete tratamientos los cuales se realizaron por triplicado dando un total de 21 experimentos.

4.4 MATERIALES.

Para la fabricación de las muestras de helado se empleó: leche entera homogenizada *UHT* y leche en polvo (Colanta, Colombia), crema de leche homogenizada y pasteurizada

(Alquería S.A., Colombia), sacarosa (Ingenio Providencia S.A., Colombia), y esencia de vainilla (RESPIN, Colombia). monoestearato de glicerilo, goma Guar, goma xantana que se adicionaron de acuerdo al requerimiento de cada uno de los experimentos planteados. Los recipientes de almacenamiento utilizados fueron de poliestireno con capacidad para 500 mL.

4.5 FORMULACIÓN BASE

En la Tabla 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan la formulación estándar utilizada para las preparaciones de la mezcla de helado duro sabor a vainilla.

Tabla 3. Formulación de los helados duros sabor a vainilla

Ingredientes	Composición mezcla (% p/p)
Leche líquida	50,0
Leche en polvo	12,0
Crema de leche	23,0
Estabilizante-emulsionante	0,5
Sacarosa	14,0
Vainilla	0,5

4.6 ELABORACIÓN DEL HELADO DURO SABOR A VAINILLA

En los helados elaborados se varió la concentración empleada de x_1 , x_2 , x_3 (ver Tabla 2). Se elaboraron tres réplicas por cada tratamiento (1 kg de mezcla para helado por tratamiento). Cada tratamiento se elaboró por triplicado, dando un total de 21 lotes de helados. El orden en que se fabricaron los helados se seleccionó al azar.

Para la elaboración de las muestras de helado se mezcló leche líquida y crema de leche a 25°C con agitación constante durante 3 minutos. La mezcla se calentó hasta 40°C. Se incorporaron los ingredientes sólidos (sacarosa, leche en polvo, emulsionante y estabilizante) y se agitó (250 RPM) con agitador eléctrico hasta obtener completa disolución. Se pasteurizó la mezcla a 70°C por 1 minuto, luego se realizó un choque térmico para bajar la temperatura a 2°C. Posteriormente, se refrigeró a 4°C por 24 horas (etapa de maduración). Usando una máquina para hacer helados (Princess, Modelo 282601, Alemania) la mezcla madurada para helados (MMPH) se congeló a -27°C con agitación constante a 1800 rpm por 50 minutos y finalmente se envasó, etiquetó y almacenó a -18°C en un congelador Haceb (N300L SE, Colombia).

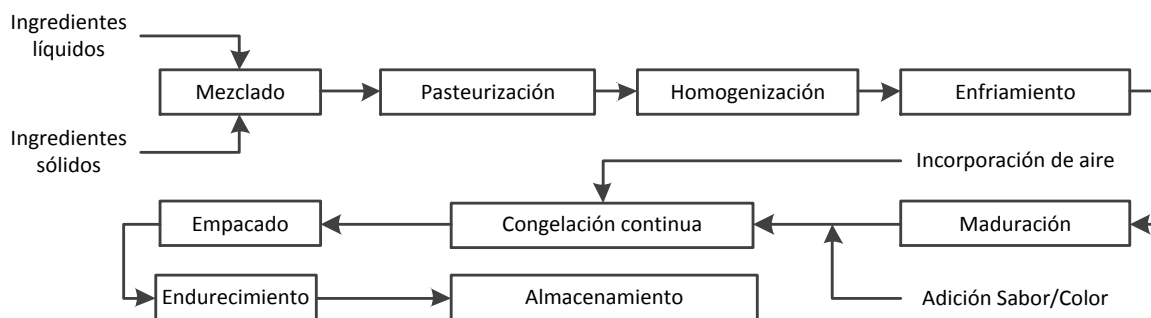


Figura 4. Proceso de fabricación de helados

4.7 ANÁLISIS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE HELADO

4.7.1 Propiedades fisicoquímicas

La determinación de los parámetros fisicoquímicos se realizó a las muestras de MMPH, por triplicado. Se muestrearon $\square 200$ g de mezcla para realizar todos los análisis fisicoquímicos.

Sólidos solubles (SS): Se cuantificaron los SS de acuerdo Casassa y Sari [2006], depositando directamente la muestra de MMPH en el prisma del refractómetro a temperatura ambiente. Se utilizó el refractómetro (ATAGO ATC, modelo FG-109 de 0-90%, Japón).

pH. Se midió de acuerdo a la norma AOAC 981,12 [Latimer, 2012]. Los valores de pH se tomaron directamente sobre la MMPH ($\square 20$ g) usando un pHmetro HANNA (H13220, EE.UU), calibrado previamente con soluciones amortiguadoras de pH 4,0, 7,0 y 10,0.

Color. Se empleó un espectrofotómetro ColorFlex (Hunter Lab, Alemania). Se calibró el equipo antes de cada toma de muestra con los platos de referencia, verde, blanco y negro, posicionando la caja Petri en el puerto de lectura. Posteriormente, se colocó la muestra en la caja Petri y se cubrió con el plato negro para evitar que la luz causara interferencia con la lectura. Se realizaron tres lecturas de las coordenadas L^* , a^* y b^* , por cada muestra [Ramirez-Navas *et al.*, 2015]. Teniendo en cuenta las coordenadas obtenidas en el análisis instrumental del color (L^* , a^* y b^*) se calculó el índice de blancura (IB) [Manayay *et al.*], índice de amarillez (IA) y la variación del color (ΔE).

Se utilizó la Ecuación 5 para estimar la variación de la luminosidad, la Ecuación 6 para determinar el índice de amarillez, la Ecuación 7 para calcular la diferencia del color.

También se calcularon la variación de b^* , a^* y el índice de blancura, con las ecuaciones 8, 9 y 10, respectivamente.



Figura 5. Colorímetro Hunter Lab ColorFlex

$$\Delta L^* = L_i^* - L_f^*$$

Ecuación 5. Variación de la luminosidad

$$IA = 142.86 \left[\frac{b^*}{l^*} \right]$$

Ecuación 6. Índice de Amarillez

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Ecuación 7. Diferencia de color

$$\Delta b^* = b_i^* - b_f^*$$

Ecuación 8. Variación de b^*

$$\Delta a^* = a_i^* - a_f^*$$

Ecuación 9 Variación de a^*

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Ecuación 10. Índice de blancura

Viscosidad. Se utilizó el viscosímetro BrookField (DV-III, EE.UU). Se llenaron las tres cuartas partes del cilindro porta-muestras con la muestra a analizar (□5mL). Se acoplaron las agujas (#21, #29, depende de la muestra) e inmediatamente se introdujo en el porta-muestras. Se configuró el viscosímetro (torque 10%, rpm). Se trabajó a una temperatura de 23 °C.



Figura 6. Viscosímetro Brookfield

Densidad. La densidad se determinó por el método gravimétrico [Ramirez-Navas *et al.*, 2015], utilizando un picnómetro de 10mL calibrado a 25°C y una balanza analítica Mettler Toledo (modelo AB204-S/FACT, USA). Con los pesos registrados se utilizó la Ecuación 11 para calcular la densidad.

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{v}$$

Ecuación 11 Densidad

Donde ρ es la densidad, m_1 , la masa del picnómetro vacío, m_2 la masa del picnómetro lleno y v el volumen del picnómetro.

4.7.2 Parámetros de calidad

Las pruebas para la determinación de los parámetros de calidad se realizaron de acuerdo a lo recomendado por Ramirez-Navas *et al.* [2015], utilizando las muestras de helado después de 24 horas de fabricación. Se determinó: tiempo de caída de primera gota (TCPG), porcentaje de derretimiento (PD) y *overrun* (PO). Para CPG y PD (ver Ecuación 12), se colocó una muestra de helado de aproximadamente 50 gramos (almacenado a -18°C), sobre una malla de 256 orificios·pulg⁻², se midió el tiempo de caída de la primera gota y se pesó la masa de helado derretida cada dos minutos. El ensayo se realizó a temperatura ambiente (entre 25°C a 27°C). El PO se determinó midiendo el peso de los volúmenes de una mezcla de helado de 50 mL antes y después de ser congelada (ver Ecuación 13)

$$\% \text{ Derretimiento} = \frac{MD}{MI} * 100$$

Ecuación 12 Porcentaje de derretimiento

Donde MD es la masa de helado derretida y MI es la masa del helado inicial.

$$\% \text{ Overrun} = \frac{P_{vm} - P_{vh}}{P_{vh}} 100$$

Ecuación 13 Capacidad de retención del aire

Donde P_{vm} es el peso del volumen de la mezcla y P_{vh} es el peso del volumen del helado.

4.8 ANÁLISIS SENSORIAL

Locación y personal. Se realizaron dos pruebas orientadas al consumidor de acuerdo a Ramírez-Navas [2012]. Estas pruebas se llevaron a cabo en los horarios de 09:30 a 10:30

am, en las instalaciones de las Universidad del Valle, en Cali – Colombia. Se evaluó la aceptación sensorial de dos muestras de helado realizando una prueba hedónica de 5 puntos. En la investigación participaron 74 consumidores no entrenados, estudiantes universitarios y funcionarios de la universidad, con un intervalo de edades entre 10 y 65 años, de género masculino y femenino, procedentes de diferentes lugares del país. La duración de la prueba no supero los quince minutos.

Presentación de las muestras. Las muestras de helado se retiraron del refrigerador antes de la evaluación. En vasos plásticos desechables se dispusieron 4 g de helado. A los participantes se les informó sobre la importancia del estudio, se les entregó y explicó el formato a diligenciar (ver Anexo 2) y se les instruyó acerca de la forma correcta de hacer la cata. Posteriormente, se entregó a cada panelista un plato descartable con las muestras, un vaso con agua y galletas de soda sin sal. Cada panelista evaluó cada muestra solamente una vez. Se les solicitó que al terminar cada muestra tomaran agua y comieran galleta, como neutralizante para evitar interferencias con el siguiente producto.

A cada panelista se les solicitó indicar cuanto le agradaba cada muestra, asignando un valor al atributo (sabor a vainilla, cremosidad, dulzor, consistencia, color, olor, derretimiento) según la escala que fue desde "*me disgusta extremadamente*" hasta "*me gusta extremadamente*". En esta escala se le permitió asignar la misma categoría a más de una muestra.

4.9 OPTIMIZACIÓN

Para llevar a cabo la optimización, se analizan todos los resultados obtenidos en Minitab de las diferentes pruebas, por medio de anovas para encontrar si existen diferencias significativas a partir del valor p (ver Anexos). A partir de allí el programa organiza los datos con el modelo matemático más apropiado que para este caso es el cuadrático. Luego se hace uso de la opción de optimizador de respuesta, donde se seleccionan las variables que se van a tomar en cuenta las cuales son Tiempo de caída de primera gota(TCPG), overrun(PO) y tiempo de derretimiento(TD), las cuales se maximizaran de acuerdo con un rango establecido (Ver tabla 8).

4.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizaron estadísticamente los datos obtenidos utilizando el programa SPSS, y las gráficas fueron obtenidas mediante el uso de Matlab y Excel 2010 (Microsoft Office Excel 2010). Se analizaron las diferencias significativas en las pruebas fisicoquímicas por medio

del ANOVA, (análisis de varianza) entre los helados producidos con diferentes mezclas de estabilizantes-emulsionantes. El análisis post hoc utilizado fue el teste Tukey con un nivel de confianza (α) de 0,05. Haciendo uso de las pruebas Friedman y Wilcoxon se analizaron los datos obtenidos de las pruebas sensoriales.

5 PRUEBAS PRELIMINARES

Con el fin de ir más allá del conocimiento superficial de la metodología y su aplicación en el laboratorio, se dedicó un mes al perfeccionamiento de la fabricación de helados duros, probando diferentes procedimientos, a los cuales se le evaluaron tiempos de duración e influencia en el producto final.

Al momento de escoger la metodología de producción de los helados, se tomaron los procedimientos descritos por [Rengifo Velásquez y Rubiano Vargas, 2015] y [González y Velásquez, 2016] teniendo en cuenta que ellos utilizaron el mismo equipo.

5.1 DISEÑO DE MEZCLAS

La aplicación del diseño reticular dio como resultado siete posibles mezclas de estabilizantes-emulsionantes; se aplicó cada mezcla en una proporción del 0.5% en la formulación previamente probada. En consecuencia, se realizaron siete tipos helados duros sabor a vainilla, cada uno correspondiente a cada mezcla aportada por el diseño.

Para conservar los supuestos de normalidad, independencia y homogeneidad de varianza, en el momento de aplicar el análisis estadístico, se llevaron a cabo tres replicas por cada tipo de helado, a estas se les realizaron análisis de color, viscosidad, densidad, pH, sólidos solubles, tiempo de caída de primera gota y porcentaje de derretimiento, por triplicado. Los valores promedio de estas variables se encuentran consignados en la Tabla 4 y Tabla 5.

5.1.1 Color

Tabla 4. Parámetros de color de las mezclas de helado

Mezcla*	a*	b*	L*	ΔE	IB	IA
1,0,0	-0,47 ± 0,46	19,81 ± 1,58	51,84 ± 1,63	2,30 ± 0,82	47,89 ± 1,19	54,58 ± 3,40
0,1,0	-0,46 ± 0,75	20,06 ± 1,63	51,94 ± 0,29	1,78 ± 0,70	47,89 ± 0,47	55,17 ± 4,25
0,0,1	-0,20 ± 0,21	20,58 ± 1,19	54,46 ± 4,17	3,79 ± 2,61	49,96 ± 3,31	54,05 ± 1,40
1/2,1/2,0	-0,16 ± 0,50	22,20 ± 1,76	53,08 ± 0,66	2,09 ± 1,48	48,07 ± 1,12	59,78 ± 5,02
1/2,0,1/2	0,04 ± 0,87	20,15 ± 1,22	51,87 ± 0,56	1,67 ± 0,48	47,80 ± 0,18	55,46 ± 2,78
0,1/2,1/2	-0,29 ± 1,07	20,11 ± 1,43	51,82 ± 1,42	2,27 ± 0,50	47,76 ± 1,14	55,43 ± 3,52
1/3,1/3,1/3	-0,07 ± 0,69	21,10 ± 0,87	52,84 ± 0,92	1,39 ± 0,58	48,32 ± 0,62	57,03 ± 1,76

L* (claridad/oscuridad: 0, negro, a 100, blanco); a* (“+60” intensidad de color rojo y “-60” de color verde), y b* (“+60” intensidad de color amarillo y “-60” de color azul), ΔE: diferencia de color, IB: índice de blancura, IA: índice de amarillez

* Mezcla x₁,x₂,x₃, siendo x₁: monoestearato de glicerilo, x₂: goma guar y x₃: goma xantana

Al analizar los valores obtenidos de la variable L*, de las diferentes MMPH, se presentó una diferencia significativa que corresponde a un valor p menor al 0,05, lo cual indica que las muestras presentan una variación notable en términos de luminosidad. Para los valores

de a^* (rojo/verde) las diferentes muestras no presentaron ninguna diferencia significativa ($p>0,05$). De igual forma para los valores de b^* (amarillo/azul), no se encuentran cambios notables estadísticamente ($p>0,05$). Los cambios de color en la MMPH se deben principalmente al proceso de pasteurización al que se somete previo a la maduración. El incremento de la temperatura ocasiona una epimeración en los azúcares y en este caso convierte la glucosa de la lactosa en fructosa, por ende, transforma el disacárido en lactulosa, la cual es un azúcar que presenta una coloración amarilla [Badui, 2006; Pastoriza, 2013].

5.1.2 Parámetros fisicoquímicos de la mezcla

En la tabla 5, se encuentran consignados los valores de pH, densidad, sólidos solubles y viscosidad para las diferentes MMPH. En el caso del pH y la densidad, estadísticamente no se encontró ninguna deferencia significativa ($p>0.05$). Para los sólidos solubles y la viscosidad las pruebas de Anova y post anova indicaron que no hay diferencias ($p>0.05$), pero se puede notar que la adicción de las gomas afecta directamente estos dos atributos y que el solo uso del emulsionante (monoestereato de glicerilo) no influye. Por otro lado el uso de solo un tipo de goma convierte la MMPH muy viscosa. En las figuras 6, 7 ,8 y 9 se encuentran las gráficas de contorno involucrando cada uno de los ingredientes del estabilizante para el helado y como afectan cada uno de los atributos de la MMPH.

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de helados y mezclas de helado

MMPH	pH			Densidad (g/L)			°Brix			Viscosidad (cP)		
1,0,0	6,33	±	0,01	1,10	±	0,03	34,78	±	0,97	0,05	±	0,02
0,1,0	6,33	±	0,01	1,13	±	0,05	40,11	±	1,36	1,97	±	0,13
0,0,1	6,35	±	0,02	1,11	±	0,06	38,00	±	1,32	2,03	±	0,17
1/2,1/2,0	6,34	±	0,02	1,11	±	0,03	35,89	±	1,27	1,13	±	0,57
1/2,0,1/2	6,28	±	0,04	1,10	±	0,02	41,44	±	3,28	0,82	±	0,32
0,1/2,1/2	6,27	±	0,03	1,16	±	0,03	43,56	±	0,53	0,19	±	0,26
1/3,1/3,1/3	6,30	±	0,01	1,16	±	0,06	39,00	±	1,12	1,09	±	0,11

TPG: tiempo de caída de primera gota

* Mezcla x_1, x_2, x_3 , siendo x_1 : monoestearato de glicerilo, x_2 : goma guar y x_3 : goma xantana

En la Figura 7 se presenta los resultados de densidad para las siete muestras obtenidas en el diseño de mezclas. La diferencia entre los valores obtenidos no resulta ser significativa, presentando valores promedio de 1,125 g/mL. Los anteriores valores se encuentran por encima del valor mínimo 1,0544 g/mL recomendado por Goff y Hartel [2013]. Todos los valores son comparables con otros estudios [González Aguirre, 2017; González y Velásquez, 2016; Grisales-Cataño y Diez-Libreros, 2016; Ortiz Lozano y Guzmán Figueroa, 2015; Pérez Serrano y Valdés Mondragon, 2015; Rengifo Velásquez y Rubiano Vargas, 2015; Zambrano Mayorga, 2015] mostrando que ninguno de los estabilizantes alteró de forma considerable la densidad del producto. También se puede analizar que los

componentes M.G y G.X, son la combinación que mas influyen en el aumento de este atributo acercándose mucho a la combinación de los tres ingredientes que seria el objetivo alcanzar. En cambio la combinación de M.G y G.G no contribuye tanto, pero la diferencia entre las diferentes medidas es bastante mínima.

En la Figura 8 se ilustran los valores para el parámetro de viscosidad, indicando que la combinación de las GG y GX presentaron una mayor resistencia a fluir y que a medida que se realizan combinaciones con el MEG, el parámetro tiende a disminuir y el producto se torna mucho más ligero y líquido. Se debe tener en cuenta que el origen de estabilizantes como gomas y sustancias celulosas en el helado aportarán al aumento de la viscosidad [Goff y Hartel, 2013]. Sin embargo, no hay un rango establecido, y en la NTC 1239 [ICONTEC, 2002] no se establece un valor recomendado específico. La viscosidad influye directamente en la textura que percibe el consumidor y dependiendo el mercado objetivo del producto, éste puede ser gomoso o cremoso como generalmente se le conoce. Por otra parte, la información reológica, como la viscosidad, permite calcular la potencia de bombas y agitadores en el diseño de plantas de helados [Ramirez-Navas *et al.*, 2015].

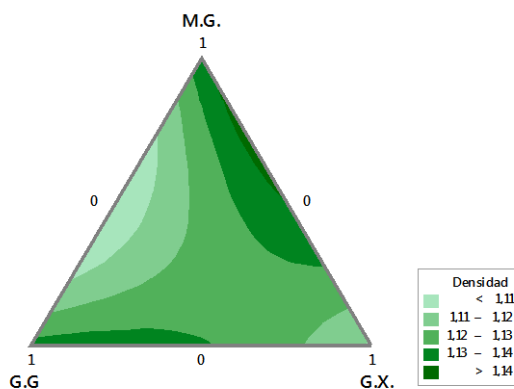


Figura 7. Densidad

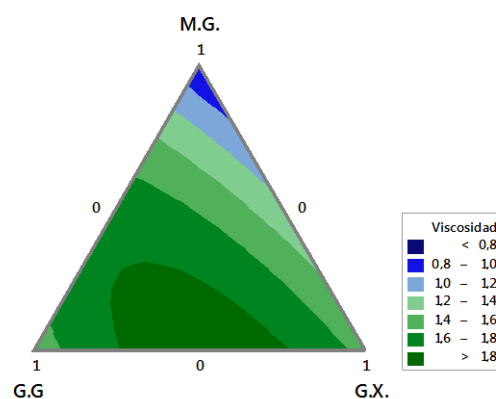


Figura 8. Viscosidad

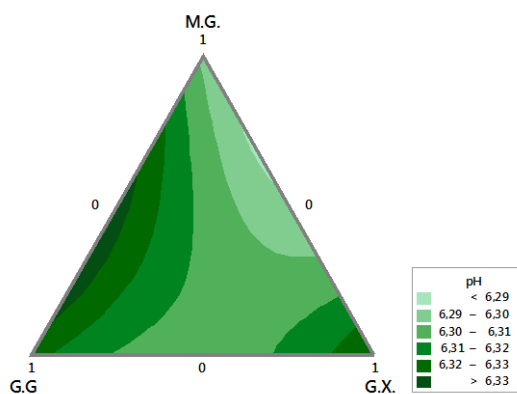


Figura 9. pH

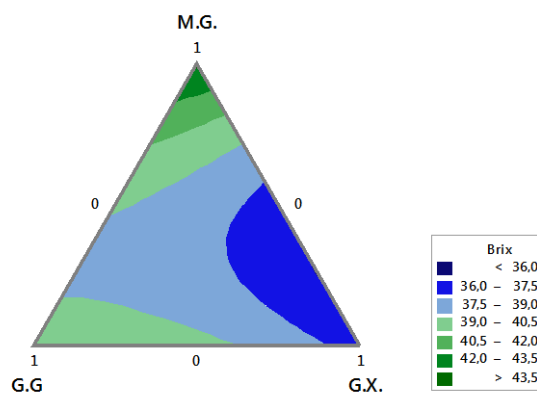


Figura 10 Sólidos solubles

En la Figura 9 se presentan la variación del pH. Los valores obtenidos no presentan diferencias estadísticas significativas. Su comportamiento es ligeramente ácido, con un valor promedio de 6,31. Por otro lado se puede ver que la combinación del MEG con la GG genera un producto menos ácido en comparación a la combinación del MEG con la GX. Estas variaciones dependen del origen de los estabilizantes y la reacción con el emulsificante [Jaimes-Duque *et al.*, 2017].

En la Figura 10 se aprecia que el mayor aporte de sólidos a la mezcla lo hace el emulsificante MEG y el menor la GX. Sin embargo, los valores en los que se encuentran las muestras son superiores al valor mínimo (36°Brix) recomendados en la NTC 1239 [ICONTEC, 2002]. Los sólidos solubles son la cantidad de azúcares presentes en la mezcla. Según los autores Pintor y Totosa [2013], el incremento de sólidos en MMPH favorecen el PO debido a la distribución tridimensional de las burbujas de aire, los glóbulos de grasa y los cristales de hielo en la matriz alimenticia. Esta distribución es la directamente implicada en la textura del helado y se ve afectada por el origen de los estabilizantes y emulsificantes empleados [Jaimes-Duque *et al.*, 2017].

5.1.3 Parámetros de calidad del helado

En la tabla 6 se puede observar los atributos para el helado. En la segunda columna está el TCPG o tiempo caída de primera gota, estadísticamente no se encuentra ninguna diferencia significativa ($p > 0.05$), pero se puede notar que el uso de las gomas influye en este parámetro de forma positiva debido a que se pretende que el helado no gane calor tan rápido. Para el Overrun las pruebas de Anova y post-Anova muestran un valor $p > 0.05$ indicando que no hay diferencias entre las diferentes muestras, pero se puede notar en los datos que el uso de los tres componentes no tuvo el mejor desempeño frente a las otras combinaciones. El uso exclusivo del MG, obtuvo el mejor aireado, debido a que su función es de emulsionante, por lo cual se adiciona adecuadamente en la mezcla además de que la temperatura de la pasteurización (70°C) es mayor al punto de fusión (54 - 64 °C). (Ficha técnica MG)

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de helados y mezclas de helado

Helado	TCPG (min)			Overrun		
1,0,0	8,14	±	2,36	72,61	±	11,84
0,1,0	6,20	±	1,34	52,04	±	11,29
0,0,1	8,89	±	0,60	71,90	±	15,38
1/2,1/2,0	5,99	±	1,49	62,12	±	8,51
1/2,0,1/2	4,42	±	0,68	66,31	±	5,87
0,1/2,1/2	10,71	±	4,60	50,83	±	19,48
1/3,1/3,1/3	7,01	±	1,83	50,18	±	8,78

TPG: tiempo de caída de primera gota

* Mezcla x_1, x_2, x_3 , siendo x_1 : monoestearato de glicerilo, x_2 : goma guar y x_3 : goma xantana

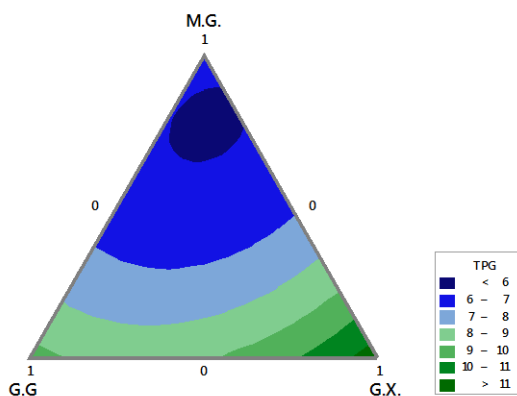


Figura 11 Tiempo de caída de primera gota

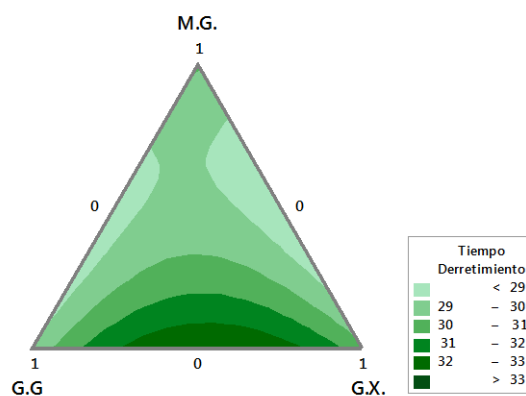


Figura 12 Tiempo de derretimiento

En la Figura 11 y Figura 12, se presentan los resultados para el TCPG y el TD que se presentaron en las muestras. Se puede analizar que los mayores TCPG se deben al uso de las gomas en la formulación, generando tiempos hasta los 11 minutos, la variación depende de las condiciones climáticas en las que se llevó a cabo la prueba. Esto se debe a que las gomas afectan la viscosidad del producto [Zambrano Mayorga, 2015] y la distribución del aire (PO), permitiendo que el helado oponga una mayor resistencia al cambio de estado. Por otro lado, los menores TCPG se obtuvieron cuando aumentó la cantidad de MEG, porque la función del esté, es generar la emulsión y la de las gomas es proteger esa emulsión en el tiempo. El mismo comportamiento se puede notar en la Figura 12 y se reflejado en la tabla 5 donde se observa que los valores obtenidos para la viscosidad en las MMPH varían con respecto a la adicción de goma. Los dos análisis anteriores soportan la idea de que la viscosidad influye directamente en estos tiempos. El derretimiento o la fusión del alimento sucede cuando dos burbujas de aire se encuentran y la película protectora que las divide se rompe, lo mismo sucede con los glóbulos de grasa [Rebollo-Alonso, 2008].

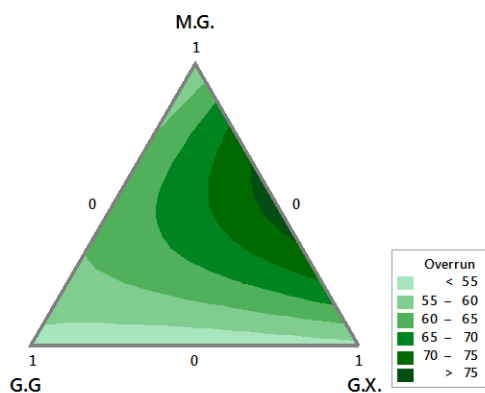


Figura 13 Overrun

En la Figura 13 se presentan los valores de PO o aireado en la mezcla. Se observa que los mayores valores se encuentran hacia el centro, indicando que una combinación de los tres factores beneficia al helado en este aspecto, lo cual va de la mano con el objetivo de llevar al mercado una combinación de los tres estabilizantes de forma óptima y que sea rentable comercialmente. Por otro lado, la combinación de las gomas o el uso unitario de éstas no permite un buen aireado. Se debe a que las gomas le dan un peso al producto y se vuelve más difícil incorporar el aire en la matriz [Clarke, 2004].

5.2 OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE ESTABILIZANTES-EMULSIONANTES

Para realizar el proceso de optimización, todos los datos de las pruebas para las MMPH y los helados, se analizaron en el software Minitab, usando el optimizador de respuestas e ingresando los diferentes atributos con el objetivo de maximizar el TCPG, TD y PO. La formulación óptima fue de M.G: 21.80%, G.X 21.21% y G.G: 56.99%. Se puede notar que en mayor porcentaje se encuentran las gomas por lo cual se espera que el parámetro de la viscosidad sea alto, con respecto a la mezcla testigo.

En la tabla 7 se puede analizar el modelo matemático para cada uno de los atributos tenidos en cuenta en la optimización. En TCPG, se puede analizar que de forma individual los tres componentes aportan positivamente a la formulación aumentar este atributo, pero la combinación de ellos es negativa, en cambio aportan positivamente en el PO y el TD. Además se soporta la idea de que la combinación de las ayuda a mejorar los parámetros de calidad del helado.

Tabla 7. Modelos matemáticos para cada parámetro de calidad con respecto a los componentes.

Atributo	Modelo	R ²	R ² (Ajustado)
Tiempo de caída de primera gota	$6.198 * M.G. + 9.348 * G.G + 11.592 * G.X - 5.053 * M.G * G.G - 8.156 * M.G * G.X - 6.216 * G.G * G.X$	95.35	93.42
Overrun	$55.36 * M.G. + 76.01 * G.G + 54.27 * G.X - 30.08 * M.G * G.G + 76.23 * M.G * G.X - 69.19 * G.G * G.X$	92.34	87.11
Tiempo de derretimiento	$30.172 * M.G. + 29.256 * G.G + 30.361 * G.X - 4.407 * M.G * G.G - 7.897 * M.G * G.X + 12.842 * G.G * G.X$	96.56	95.11

Para poder optimizar, se maximizaron los parámetros anteriormente mencionados y en la tabla 8, se muestran los rangos en los cuales se llevó a cabo el procedimiento.

Tabla 8. Rangos de atributos para optimización

Variable	Meta	Inferior	Objetivo	superior	Ponderación	Importancia
TD	Maximizar	30.20	33.27	33.27	1	1
TCPG	Maximizar	4:15	8:56	8:56	1	1
PO	Maximizar	58.38	120	120	1	1

TD: Tiempo de derretimiento (min); PO: Prueba Overrun (%); TCPG: Tiempo de caída de primera gota (min)

En la Tabla 9, se presentan los promedios y desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos determinados en los helados. (Formula optimizada, HO, y muestra comercial, HC). Los valores P para el análisis estadístico se puede observar en la parte de los anexos.

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos de HO y HC

Propiedad	Helado optimizado				Helado comercial		
	X	±	DE		X	±	DE
L*	51,55	±	0,24	<	55,11	±	0,15
a*	-0,74	±	0,09	>	-2,69	±	0,05
b*	20,58	±	0,25	>	16,16	±	0,08
IA	47,36	±	0,12	<	52,21	±	0,13
IB	57,03	±	0,43	>	41,88	±	0,22
°Bx	38,33	±	0,58	>	27,67	±	0,58
pH	6,33	±	0,02	<	6,37	±	0,02
ρ, (g/L)	1,07	±	0,01	>	0,87	±	0,05
μ (a 25°C), (cP)	347,12	±	8,71	>	58,06	±	5,24
TCPG	4,65	±	0,40	<	6,04	±	0,47
Overrun	63,67	±	2,08	<	92,67	±	6,11

a* L* (claridad/oscuridad: 0, negro, a 100, blanco); a* (“+60” intensidad de color rojo y “-60” de color verde), y b* (“+60” intensidad de color amarillo y “-60” de color azul), ΔE: diferencia de color, IB: índice de blancura, IA: índice de amarillez, p: densidad, TPG: tiempo de caída de primera gota

5.2.1 Color

Estos resultados son acordes a la diferencia significativa que se encontró en el valor L* ($p > 0.05$), demostrando el oscurecimiento del HO con respecto al HC, señalando que los causantes de esta diferencia son estabilizantes usados y que influyan de una forma determinante. Para el valor de b* el valor $p < 0.05$, resultado que se soporta en los valores consignados en la tabla 7 y sensorialmente, el helado comercial se torna más amarillo que el comercial. El valor a* no presento diferencias estadísticamente ($p > 0.05$).

El valor de IB para el HO es mayor que para el HC, esto quiere decir que el HO fue más blanco que el HC (blanco ideal: IB = 100) [Ramirez-Navas, 2010], es con este índice que se puede percibir la diferencia en el parámetro de luminosidad (L*). Con relación al IA, HC

presenta mayores valores que HO, indicando que el HC es más amarillo que el HO confirmando la diferencia significativa en b^* . Por otra parte, la diferencia de color (ΔE) entre las muestras HO y HC fue de 23,62, esto evidencia que los consumidores si pueden apreciar una diferencia notable.

5.2.2 Densidad

La densidad de las muestras de HO y HC, si presentó diferencia significativa ($p < 0.05$). La razón por la cual sucede esta diferencia, es debido a que la formulación de los dos helados es diferente referente a el tipo de estabilizantes utilizados, que en HC son la goma algarrobo, carragenina y goma celulósica y se desconoce en qué proporciones el fabricante los empleo. Los valores de densidad de HO fueron mayores al de HC. El HC posee una mezcla de materia grasa de origen animal y vegetal a diferencia del HO en el que se usó solo crema de leche. La elección del helado comercial fue a que en el mercado es conocido como un helado Premium con una marca bien posicionada. Para Jaimes [2016] este parámetro también se puede ver afectado por el tipo de estabilizante y la concentración con la que se elabore el helado, debido a que el emulsionante es el encargado de unir las moléculas hidrófobas e hidrofílicas generando una sola red o fase. Al no generarse esta matriz, se presenta el *creaming* o formación de crema que separa las moléculas según su densidad. Por otro lado, los estabilizantes tienen la importante tarea de mantener la emulsión durante toda la vida útil del producto, protegiendo las micelas formadas en la estructura molecular del alimento y evitando la formación de cristales de hielo muy grandes, por esta razón al no utilizar estabilizantes adecuados se puede alterar de forma inevitable y drástica la densidad del producto [Arbuckle, 2013]

5.2.3 Viscosidad

Los valores de viscosidad si presentaron diferencias significativas entre ellos, indicando que la cantidad de estabilizante está directamente relacionada con la viscosidad del producto. Este mismo fenómeno lo evidenciaron Rengifo Velásquez y Rubiano Vargas [2015], al utilizar diferentes concentraciones de estabilizantes comerciales. Los valores de viscosidad aparente se encuentran dentro del rango de 50 – 300 cp [Aime DB *et al.*, 2001]. Por otro lado, Posada D *et al.* [2012], realizo un estudio de mezcla de emulsionantes y estabilizantes, al igual que este estudio, pero con ingredientes y proveedores distintos, mostró que la viscosidad de los helados depende de los hidrocoloides y su capacidad de hidratarse, para poder brindar su funcionalidad al producto, afirmando que entre mejor se hidrate y forme los puentes de hidrógeno, el helado mejora sus propiedades de textura. Una conclusión a la que se llega al igual que Soukoulis *et al.* [2010], es que, dependiendo la

cantidad de estabilizante y la naturaleza de cada uno de ellos, se mejora la cremosidad y la resistencia a fundirse del helado.

5.2.4 pH

A través del estudio estadístico de ANOVA y la prueba Post ANOVA, se encontró que los datos de pH para las diferentes pruebas de helado no presentan ninguna diferencia significativa. El valor $p > 0,05$, indica que no hay diferencias significativas, la cual expresa que en la cantidad que se usaron los estabilizantes en el HO no difieren con respecto al HC. Ambas muestras se encuentran dentro de lo estipulado por la NTC 1239 [ICONTEC, 2002]. Según Goff y Hartel [2013] los helados deben de tener como mínimo un valor de 6,28 y no sobre exceder el valor de 6,40. Valores diferentes a los estipulados pueden afectar propiedades organolépticas, percibiendo, por ejemplo, sabores extraños o no agradables [Minhas *et al.*, 2002]. La pasteurización es parte crítica del proceso, porque es ahí donde el calor contribuye a la desnaturalización de las proteínas y puede generarse una desnaturalización excesiva. [Ozturk y McClements, 2016]). Por otro lado, este parámetro puede indicar la calidad de los productos lácteos con los cuales fueron preparadas las mezclas de helados [Goff y Hartel, 2013]. Según Chacón-Villalobos *et al.* [2015], el tipo de leche si influye en el pH del producto, al igual que la adición de *toppings* de fruta. Rengifo Velásquez y Rubiano Vargas [2015] señalan que el uso de diferentes estabilizantes y mezclas de éstos, en diferentes cantidades, afectan el pH de la MMPH y el helado.

5.2.5 Sólidos Solubles

Los valores de sólidos solubles de HO y HC no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos. Puede deberse a que estos productos contienen prácticamente la misma cantidad de ingredientes. Por otro lado ambos helados tienen unos °Brix diferentes y esto es debido a que la leche y la crema de leche con la que fueron fabricados aportan los sólidos de forma distinta debido a que el origen de las materias primas son diferentes. Por otro lado el helado comercial en su etiqueta informa que unos de sus ingredientes es grasa vegetal, por tal razón al desconocer las proporciones en el producto, no se sabe cómo aportan a la cantidad de sólidos. [Goff y Hartel, 2013].

5.2.6 Parámetros de calidad

- **Porcentaje (%) de derretimiento y tiempo de caída de primera gota**

Los valores reportados de TCPG para HO y HC no se presentaron diferencias significativas ($p = 0,344$). Pero con las pruebas aplicadas a las premezclas y a los helados se puede

concluir que la cantidad de estabilizantes usados en las formulaciones y el tipo de estabilizantes, influyen en el tiempo que toma el helado para derretirse. La Figura 14, se presenta la velocidad de derretimiento de las dos muestras de helados a temperatura ambiente, sin ningún tipo de perturbación o calor adicional. En estas curvas de derretimiento se puede notar que el helado que tomó mayor tiempo en cambiar de estado semi-sólido a líquido fue el HC, aunque las dos curvas no se encuentren muy distantes entre ellas.

Para los TCPG, se puede observar en la Tabla que el HC se demoró 1,39 minutos más en comenzar a derretirse. Según Rebollo-Alonso [2008] la cantidad de estabilizantes utilizados en la producción de helados influye directamente en los TCPG y PD. En la muestra de HC la cantidad de estabilizantes utilizados dentro de la fórmula son mayores a los utilizados en el HO. Esta relación de proporciones en la cantidad de estabilizante utilizado en la elaboración del helado es fundamental debido a que esta sustancia permite una emulsión consistente y duradera entre los glóbulos de grasa y el agua que se encuentran en la matriz alimenticia. [Goff y Hartel, 2013].

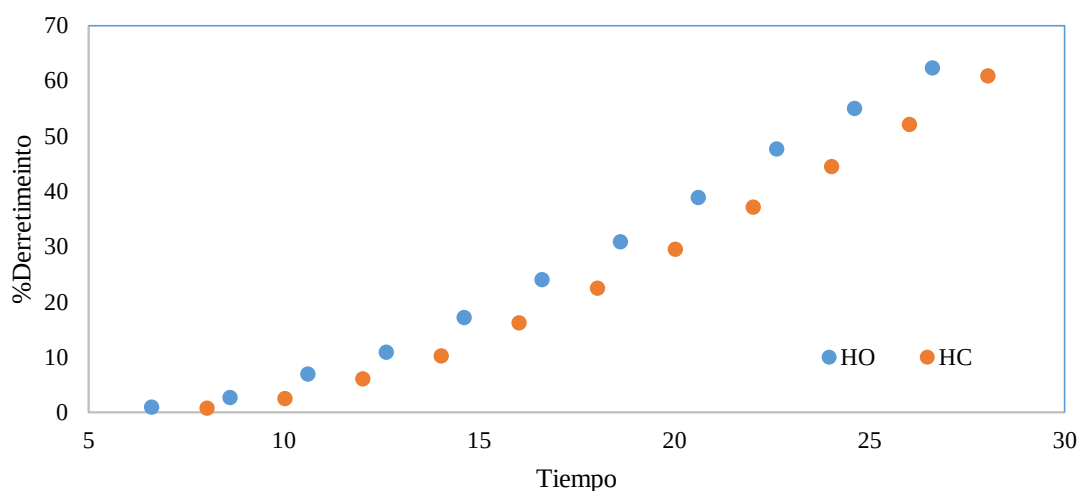


Figura 14 Porcentaje de derretimiento del helado optimizado vs helado comercial

- **Capacidad de retención de aire (*Overrun*)**

Para los valores de PO de HO y HC se observan diferencia significativa ($p < 0,05$). En promedio el aire incorporado en la matriz alimenticia del HO es de 63,67% y la diferencia con respecto al HC es de un 29%. Sin embargo, HO cumple con los valores de aire para un helado Premium [Gutiérrez, 2011]. Los estabilizantes cumplen un papel importante en la incorporación de aire en el proceso de fabricación del helado, generando una distribución

más uniforme y consistente durante el tiempo de almacenamiento del producto [Clarke, 2004]. Por otro lado, los porcentajes utilizados en la elaboración del producto influyen directamente en el rendimiento de esta propiedad al igual que la cantidad de estabilizante sea puro o una mezcla de varios. Por esta razón, se debe continuar evaluando diferentes proporciones de mezcla estabilizante con diferentes estabilizantes para mejorar cada vez el rendimiento del producto final.

5.2.7 Análisis Sensorial

La encuesta principalmente se enfoca en una idea de aceptación por parte del consumidor. Los datos se analizaron de dos formas, por frecuencias y por la prueba de Wilcoxon, que sirve para poblaciones que no tienen una distribución normal o también llamada prueba no paramétrica. En la Tabla presenta las frecuencias obtenidas en el panel sensorial encontrando varias apreciaciones, como que la consistencia del HO se más firme con relación al HC. En general, para la población encuestada los dos helados tuvieron alto grado de aceptación.

Tabla 9 Frecuencias para cada descriptor obtenidos en el panel sensorial en porcentaje

Descriptor	Helado Optimizado(HO)/Helado comercial(HC)									
	Me disgusta mucho		Me disgusta moderadamente		Ni me gusta, Ni me disgusta		Me gusta moderadamente		Me gusta mucho	
Sabor a Vainilla	1,4	0,0	0,0	12,2	23,0	18,9	41,9	33,8	33,8	35,1
Cremosidad	2,7	0,0	12,2	5,4	24,3	29,7	37,8	37,8	23,0	27,0
Dulce	0,0	0,0	12,2	9,5	21,6	24,3	25,7	36,5	40,5	29,7
Consistencia	4,1	1,4	6,8	2,7	23,0	27,0	35,1	37,8	31,1	31,1
Color	0,0	0,0	6,8	6,8	12,2	25,7	32,4	35,1	48,6	32,4
Olor	0,0	0,0	1,4	4,1	28,4	25,7	33,8	39,2	36,5	31,1
Derretimiento	4,1	1,4	10,8	9,5	18,9	24,3	35,1	36,5	31,1	28,4

El 41,9 % de la población analizada mostro una preferencia por el sabor a vainilla presentado en el HO por encima del HC, esta reacción se encuentra muy ligada a la composición de cada uno de los helados, debido al que el HO tiene exclusivamente grasa de origen animal, que aporta un mejor sabor y ayuda a potencializar el sabor a vainilla [Villacis, 2010]. Por otro lado, el 27 % de la población mostro una preferencia en la cremosidad del HC en comparación con el 23 % que obtuvo el HO, este parámetro está relacionado a la cantidad de estabilizante que se agrega en la mezcla. Los parámetros de color y olor cuentan con una apreciación muy similar por parte del público. Respecto al derretimiento el 28,4 % de la población marco que le gustaba mucho el HC cuando el 31.1% mostro preferencia por el HO, teniendo en cuenta los comentario realizados por los panelistas se puede concluir que este resultado se deriva directamente de la forma en la que se derriten las matrices alimenticias, cuando el HO se derrite tiene una consistencia viscosa

la cual se asemeja mucho a la de un yogurt, pero cuando el HC se derrite se comporta como si fuera leche.

Del análisis estadístico por medio de la prueba de Wilcoxon, se encontró que no existen diferencias significativas para los datos del análisis sensorial, entre las muestras de HO y HC, para ninguna de las características evaluadas.

6 CONCLUSIONES

El uso de las gomas Guar y Xanthana, incidente en los parámetros de calidad de los helados del diseño experimental y el optimizado, favoreciendo el tiempo de primera gota y el % de derretimiento.

La formulación optima fue de M.G: 21.80%, G.X 21.21% y G.G: 56.99%. maximizando los parámetros de calidad del helado (TCPG, PO y TD). Sensorialmente el helado optimizado tuvo una buena aceptación por parte del público en comparación al helado comercial.

El uso del estabilizante y el emulsionante, en su combinación aportaron de manera positiva los parámetros de calidad del helado, generando la posibilidad de vender en el mercado una mezcla en polvo.

Los porcentajes en que se combinan los estabilizantes y se adicionan a la mezcla influyen directamente en la consistencia, pH y densidad.

Los tiempos de caída de primera gota y el porcentaje de derretimiento fueron mayores en el helado comercial que en el propuesto lo que indica que la combinación de más estabilizantes mejora estos parámetros de calidad.

El color de helado propuesto fue ligeramente distinto al del helado comercial, pero ambos fueron aceptados por el público.

La textura del helado propuesto fue mucho más gomosa que el del comercial, pero estadísticamente no se encuentran diferencias notables.

7 RECOMENDACIONES

Precisar la forma en cómo se realiza el proceso de pasteurización para evitar inconvenientes con los azúcares y así evitar el cambio de color.

Realizar otras combinaciones entre los tres estabilizantes utilizados o realizar combinaciones con más de tres componentes.

Bajar la cantidad de goma en la formulación para hacer el helado un poco más ligero.

8 REFERENCIAS

- AIME, D.B., ARNTFIELD, S., MALCOLMSON, L. Y RYLAND, D. Textural Analysis of fat reduced vanilla ice cream products. . Food Research International, 2001, vol. 34, p. 9.
- ARBUCKLE, W.S. Ice Cream Springer US, 2013.
- BADUI *Química de los Alimentos*. Mexico, 2006.
- CASASSA, F. Y SARI, S. Aplicación del Sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. Revista Enología, 2006, vol. 5, p. 7.
- CLARKE, C. *The science of ice cream*. 2 ed.: The Royal Society of Chemistry, 2004.
- CHACÓN-VILLALOBOS, A., PINEDA-CASTRO, M.L. Y JIMÉNEZ-GOEBEL, C. Características fisicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. Agronomía Mesoamericana, 2015, vol. 27, no. 1, p. 19-36.
- GEANKOPLIS, C.J. *Procesos de transporte y principios de procesos de separación*. Cuarta ed. México, 2006.
- GOFF, H.D. Y HARTEL, R.W. *Ice Cream*. New York: Springer Science Business Media, 2013. 470 p.
- GONZÁLEZ AGUIRRE, C.L. Estudio de la estabilidad de fructooligosacaridos en un helado prebiótico durante su almacenamiento. Tesis de Químico. Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali, Programa de Química, 2017. 22 p.
- GONZÁLEZ, S. Y VELÁSQUEZ, I. Evaluación del efecto de la concentración de inulina sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un helado de vainilla deslactosado. Tesis de Ingeniero de Alimentos. Cali-Colombi: Universidad de Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2016. 54 p.
- GRISALES-CATAÑO, L.M. Y DIEZ-LIBREROS, Y. Evaluación del efecto de la adición de inulina sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un helado probiótico. Tesis de Químico. Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali, Programa de Química, 2016. 22 p.
- GUTIERREZ, H. Diseño de experimentos con mezclas En: MCGRAW-HILL. *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico, 2008, vol. 2.
- GUTIÉRREZ, J. Tecnología de aplicación de ingredientes para helados. Heladería Panadería Latinoamericana, 2011.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H. Y DE LA VARA SALAZAR, R. *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico: McGrae-Hill, 2004. 571 p.
- GUVEN, M., KARACA, O.B. Y KACAR, A. The effects of the combined use of stabilizers containing locust bean gum and of the storage time on Kahramanmaraş-type ice creams. International Journal of Dairy Technology, 2003, vol. 56, no. 4, p. 223-228.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, M. *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill, 2014. 634 p.
- ICONTEC. NTC 1239 - Helados y mezclas para helados. En. Bogota, Colombia: Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, 2002, vol. NTC 1239, p. 21.
- ICONTEC. NTC 440 - Productos Alimenticios Métodos de Ensayo. En. Colombia: Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, 2005, vol. NTC 440.
- JAIMES-DUQUE, S., RAMIREZ NAVAS, J.S. Y RODRIGUEZ DE STOUVENEL, A. Estabilizantes más utilizados en helados. Heladería Panadería Latinoamericana, 2017, vol. 251, no. 1, p. 66-75.
- JAIMES, S. Efecto de los estabilizantes en las propiedades físicas y parámetros de calidad de helado. Tesis de Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos 2016. 50 p.

- LATIMER, G.W. Official methods of analysis of AOAC International. En.: AOAC international, 2012, vol. No. 543/L357.
- LIRIA, M. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. En. Lima, Perú: Instituto de Investigación Nacional, 2007.
- LOPEZ B, F.N. Y SEPULVEDA, J.U.V. Evaluation of non fat solids substitutes (nsl) in a hard dairy ice cream mix with vegetable fat. *Vitae-Revista De La Facultad De Quimica Farmaceutica*, 2012 2012, vol. 19, no. 2, p. 197-206.
- MADRID VICENTE, A. Y CENZANO DEL CASTILLO, I. Helados: Elaboración, análisis y control de calidad [online]. [Madrid, España]: AMV, 2003.
- MANAYAY, D., IBARZ, A., CASTILLO, W. Y PALACIOS, L. Cinética de la diferencia de color y croma en el proceso térmico de pulpa de mango variedad Haden. *Scientia Agropecuaria* 2013, vol. 4, p. 181-191.
- MARTINEZ ROJAS, J. Evaluación de una mezcla de estabilizantes y emulsificantes en la elaboración de un helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de la mezcla base y del producto final. Tesis de Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Tesis. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, programa interfacultades, 2002. 44 p.
- MINHAS, K., SIDHU, J., MUDAHAR, G. Y SINGH, S. Flow behavior characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers. . *Plant Foods for Human Nutrition*, 2002.
- ORTIZ LOZANO, S.P. Y GUZMÁN FIGUEROA, F. Efecto del reemplazo total o parcial de stevia (*Stevia Rebaudiana*) y fructosa sobre las propiedades físicas y sensoriales de un helado duro. Tesis de Ingeniero de Alimentos. Cali-Colombi: Universidad de Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2015. 62 p.
- OZTURK, B. Y MCCLEMENTS, D. Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. *Current Opinion in Food Science*, 2016, vol. 7.
- PASTORIZA, S. Efecto de la ingesta de compuestos compuestos avanzados de la reacción de maillard sobre el metabolismo gastrointestinal. . Tesis. España: Universidad de Granada Departamento de Nutrición y Bromatología, 2013. 30 p.
- PÉREZ SERRANO, A.F. Y VALDÉS MONDRAGON, A.M. Evaluación del efecto de la fortificación con lactosuero sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales en helado duro de vainilla. Tesis de Ingeniero de Alimentos. Cali-Colombi: Universidad de Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2015. 65 p.
- PINTOR, M. Y TOTOSAUS, A. Helado propiedades afectadas por lambda-carragenina iota carragenina o interacciones con mezclas de goma de garrofin / carboximetilcelulosa. *Revista Ciencia UAT*, 2013, vol. 25, p. 56-61.
- POSADA D, SEPULVEDA V Y D.A, R. Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado duro. *Vitae, Revista De La Facultad De Quimica Farmaceutica*, 2012, vol. 19, no. 2, p. 166-177.
- POTTÍ, D. Industria del helado. *mundoheladoconsulting*, 2007, [Fecha de consulta: 20/ene/2016]. Disponible en: <<http://www.mundoheladoconsulting.com/notas/Materias%20-%20Estabilizantes%20-%20Combinado.pdf>>.
- RAMIREZ-NAVAS, J.S. Espectrocolorimetría: caracterización de leche y quesos. *Tecnología láctea latinoamericana*, 2010, vol. 61, p. 52-58.
- RAMÍREZ-NAVAS, J.S. *Principios de ingeniería aplicados en la Industria Láctea: Material de clase*. Cali, Colombia: Escuela de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, 2012.
- RAMIREZ-NAVAS, J.S., RENGIFO VELÁSQUEZ, C.J. Y RUBIANO VARGAS, A. Parámetros de calidad en helados. *Revista RECITEIA*, Septiembre 2015, vol. 15, no. 1, p. 79-94.

- REBOLLO-ALONSO, L.A. Manual de procedimientos para el desarrollo de un helado reducido en calorías. Tesis de pregrado en Ingeniería de Alimentos. Cuautitlan, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008. 140 p.
- RENGIFO VELÁSQUEZ, C.J. Y RUBIANO VARGAS, A. Evaluación del efecto de la concentración de dos emulsionantes sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un helado de vainilla. Tesis de Ingeniero de Alimentos. Cali-Colombi: Universidad de Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2015. 62 p.
- RINCON, F., LEÓN DE PINTO, G., BELTRAN, O., CLAMENS, C. Y GUERRERO, R. Funcionalidad de una mezcla de gomas de Acacia glomerosa, *Enterilobium cyclocarpum* e *Hymenaea courbaril* en la preparación de helados de bajo contenido calórico. Revista Científica, 2008, vol. 18, p. 6.
- RODRÍGUEZ, E., FERNÁNDEZ, A. Y A., A. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. Ingeniería e Investigación, 2005, vol. 25, no. 1, p. 72-78.
- RUIZ CRUZ, J. Y JANER DEL VALLE, M.L. Agentes tensoactivos como aditivos alimentarios Grasas y Aceites 1987, vol. 38, p. 3.
- SOUKOULIS, C., RONTOGIANNI, E. Y TZIA, C. Contribution of thermal, rheological and physical measurements to the determination of sensorially perceived quality of ice cream containing bulk sweeteners. Journal of Food Engineering, 10// 2010, vol. 100, no. 4, p. 634-641.
- STEFFE, J.F. *Rheological Methods in food Process Engineering*. Dept. of Food Science and Human Nutrition, 1996.
- VILLACIS, E. Formulación de helados aptos para diabéticos. Tesis. Quito-Ecuador: Escuela Politecnica Nacional 2010.
- ZAMBRANO MAYORGA, L.F. Influencia de la formulación en las propiedades termofísicas y en los parámetros de calidad de un helado de crema de leche. Tesis de Maestría en Ingeniero de Alimentos. Cali-Colombi: Universidad de Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, 2015. 83 p.

9 ANEXOS

9.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA HC Y HO

Tabla 7 Análisis de varianza

Atributo	Valor P
L*	0.035
a*	0.194
b*	0.048
Viscosidad	0.017
Densidad	0.425
pH	0.397
Sólidos totales	0.323
Tiempo de Primera gota	0.344
Tiempo de derretimiento	0.029
Overrun	0.044

9.2 FICHAS TÉCNICAS



PROTÉCNICA INGENIERÍA S.A.

Calle 100 No. 10-10, Bogotá, Colombia

FICHA TECNICA

Valor HLB:
15.0

PROSORB EO 80

Monooleato de sorbitan etoxilado

Descripción del Producto

El PROSORB EO 80 es un emulsificante conocido como Polisorbato 80. Es una mezcla de ésteres parciales de sorbitol y sus derivados con ácido oleico reaccionados con óxido de etileno para hacerlo inodoro por naturaleza.

El PROSORB EO 80 cumple con los requisitos de la norma FDA 172.515 y 172.540 para su uso directo en alimentos.

Especificaciones

Apariencia	Líquido Ambar Claro
Valor Saponificación (mg KOH/g)	50.0 ± 5.0
Valor Hidroxilo (mg KOH/g)	72.0 ± 8.0
Valor Ácido (mg KOH/g)	2.0 Máximo
pH (Solución acuosa al 5%)	7.0 Máximo
Humedad (%)	3.0 Máximo

Aplicaciones y Guía de Uso

El PROSORB EO 80 puede usarse en:

- Alimentos, como emulsificante en helados, grasas comestibles, cremas, mermas, como solubilizante en encurtidos y en compuestos vitamínicos. En la industria de alimentos también mantiene la estabilidad de los putres de gelatina, como dispersante.
- Productos de aseo, como emulsionante, modificador de viscosidad, agente humectante en formulaciones del área.
- Químicos textiles, como lubricante y emulsificante en formulaciones base aceite para finalizado de fibras sintéticas.

Manipulación y Almacenamiento

El PROSORB EO 80 no presenta riesgos en su manipulación. Se deben seguir las normas mínimas de seguridad personal aplicadas en cada industria. En particular, se recomienda se utilicen elementos de protección para la piel y los ojos.

Almacenarse en condiciones higiénicas, en empaque original y cerrado a temperaturas no superiores a 40°C. A bajas temperaturas este producto puede presentar una apariencia con incremento en su viscosidad, la cual retorna a una apariencia fluida al calentarse entre 25 – 30°C.

El PROSORB EO 80 tiene una vida útil de dos (2) años después de fabricado.

Remítase a la Hoja de Seguridad (MSDS) para más detalles.

Presentación

Tambor plástico por 200 kilogramos netos.

Las recomendaciones y sugerencias de uso dadas se obtuvieron de datos que consideramos fiables, pero en cualquier caso el usuario debe verificarlas por sí mismo antes de su uso. Ninguna de estas infringe las leyes de propiedad intelectual presentes en patentes vigentes en el campo de aplicación.

El PROSORB EO 80 puede tener los siguientes rótulos:



Orthodox Union
Certified Kosher

PROTECNICA INGENIERIA S.A.

Cra 34-13-150 Arroyohondo

Yumbo, Colombia

Tels.: (57) 2 6902828

Fax: (57) 2 6855350, 6651894

www.protecnicaing.com

Febrero 2016



PROTÉCNICA INGENIERÍA S.A.
Especialidad en Químicos

CERTIFICADO DE ANALISIS

PRODUCCIÓN: PROSORB EO 80
LOTE: 122526-16
FECHA DE FABRICACIÓN: Diciembre/2016

ANALISIS	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS
APARIENCIA	Líquido Ámbar claro	CUMPLE
VALOR SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g)	50 ± 5.0	53.44
VALOR HIDROXILO (mg KOH/g)	72.0 ± 8.0	72.15
VALOR ÁCIDO (mg KOH/g)	2.0 Máximo	0.60
pH (solución acuosa al 5%)	7.0 Máximo	5.31
HUMEDAD (%)	5.0 Máximo	4.75

OBSERVACIONES

- Fecha de vencimiento: Diciembre/2018 (Bajo optimas condiciones de almacenamiento)
- En la remisión del producto puede aparecer una letra antepuesta al lote, la cual es de uso interno de Protécnica Ingeniería S.A.

APROBADO POR:

Sebastian Vallejo

Sebastian Vallejo
Dirección I&D y Calidad

Car: 13.630.000-1
Aut: 13.630.000-1

www.protecnica.com.co

9.3 FORMULARIO PARA ANÁLISIS SENSORIAL



Fecha:

Edad:

Sexo:

☐ F ☐ M

Cordial saludo estimado panelista,

A continuación, se le hará entrega de dos muestras de helado. Inicialmente se debe calificar la muestra No. 1 y posteriormente la muestra No. 2 como se indica en la "Tabla No. 1 Rango de Calificación". El objetivo de esta encuesta es conocer su opinión sobre ambos productos. Ninguna calificación es buena o mala. En caso de duda, preguntar al encuestador.

Tabla No. 1 Rango de calificación

Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Ni me gusta, ni me disgusta	3
Me gusta moderadamente	4
Me gustó mucho	5

MUESTRA 1

Tabla No. 2 Descriptores de calificación Muestra No. 1

Descriptor	Muestra 1
Sabor a Vainilla	
Creemosidad	
Dulce	
Consistencia	
Color	
Olor	
Derretimiento (en la copa)	

MUESTRA 2

Tabla No. 3 Descriptores de calificación Muestra No. 2

Descriptor	Muestra 2
Sabor a Vainilla	
Creemosidad	
Dulce	
Consistencia	
Color	
Olor	
Derretimiento (en la copa)	

¡Muchas gracias por su participación!

Esta encuesta es realizada por estudiantes de X Semestres de Ingeniería de Alimentos con fines académicos