

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La elaboración de helados tanto a nivel nacional como regional ha adquirido una importancia económica y social de singular importancia. Desde la antigüedad hasta la actualidad, el consumo de helado ha experimentado cambios desde el punto de vista tecnológico, lo que ha posibilitado extender su consumo a prácticamente todas las clases sociales, en diferentes presentaciones y precios (Herrera, et al, 2014).

Hasta algunos estudios de mercado realizados por las empresas estiman que el negocio de helados en Bolivia en 2014 alcanzó las 5.000 toneladas, mientras que hace diez años se hablaba de 3.500 toneladas. A pesar de que estos indicadores muestran un ascenso prometedor, Bolivia todavía está lejos de los estándares de consumo per cápita de los países vecinos, y aún más lejos de las tasas de crecimiento de otros países. (Nataly, 2015)

El consumo de helado ha formado parte de la alimentación mundial, local y boliviana, la elaboración de la misma se ha sofisticado y, hoy por hoy, se cuenta con una extensa gama de helados a nivel mundial (Ancasi, 2016, Pág. 33).

En la actualidad, el helado se ha ido posicionando hasta alcanzar una veta nutritiva, haciendo que su consumo se vea ampliado por tal razón, y alejando a los mismos del paradigma de “golosina”. Por otro lado, el posicionamiento también ha ido acentuándose porque el producto ha logrado insertarse en supermercados, hipermercados y en el sector gastronómico en general. (Ruarte, et al, 2013).

Con el presente proyecto de investigación se busca promover una nueva alternativa de consumo de sésamo, aplicando tecnología alimentaria para su transformación, realizando una formulación en la obtención de helado cremoso, para que el producto se encuentre al alcance para su consumo, y pueda abarcar a la mayoría de la población específicamente niños que son los que consumen helados con mayor frecuencia.

1.2 Justificación

- Mediante el presente trabajo de investigación se pretende realizar una formulación de un helado diferente en sabor y composición, equilibrado en nutrientes así diferenciándose de los helados habituales.
- Se pretende elaborar un helado a base de extracto líquido de sésamo, aprovechando la semilla oleaginosa rica en ácidos grasos no saturados, minerales como calcio y fibra los cuales son muy beneficiosos para la salud, así aprovechando todo el potencial del grano en un proceso de la industria alimentaria.
- Otro de los propósitos de este trabajo es de realizar un producto innovador, para obtener una deliciosa golosina o postre como es el helado con extracto líquido de sésamo.
- Debido a estas circunstancias el producto como es el helado, se pretende incorporar al mercado local de Tarija y que pueda estar a disposición de la población tarijeña.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados del presente trabajo son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo, aplicando el proceso de congelación para la obtención de helado cremoso a nivel experimental, usando como materia prima el extracto líquido de sésamo, para obtener un producto innovador, de calidad y aceptación para la población en general del departamento de Tarija.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del extracto líquido de sésamo para establecer su composición.
- Aplicar la metodología de evaluación sensorial en las pruebas preliminares para seleccionar la muestra elegida, aceptable y representativa
- Aplicar diseño factorial en el proceso de dosificación con el fin de establecer los niveles de variación que influyen en el proceso para la obtención de helado.

- Efectuar la evaluación sensorial del producto determinando el grado de aceptabilidad del mismo.
- Determinar el tiempo y temperatura de congelación del producto, para su conservación.
- Realizar análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto final.
- Realizar el balance de materia y energía del proceso de elaboración a nivel experimental con la finalidad de determinar el rendimiento del producto.

1.4 Objeto de estudio

El objeto de estudio planteado para el proyecto de investigación es la siguiente:

Aplicación del proceso de congelación para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

1.5 Campo de acción

El campo de acción propuesto para el siguiente trabajo de investigación será el siguiente:

- **Espacial:** El presente proyecto fue realizado en la Provincia de Cercado de la ciudad de Tarija
- **Temporal:** El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó durante la gestión 2022.
- **Institucional:** El proyecto de investigación se efectuó en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.C.I.A), perteneciente a la Facultad de Ciencia y Tecnología, de la Universidad Juan Misael Saracho (U.A.J.M.S.).

1.6 Planteamiento del problema

El helado es un producto con una trayectoria muy amplia, que hasta el día de hoy sigue en marcha, incrementándose el consumo por toda la población y de todas las edades, y no solo en épocas veraniegas, sino que también en otras estaciones del año, debido a esta situación la producción va en aumento, en diferentes presentaciones, sabores y texturas que se encuentra en el mercado. Uno de los intereses para la elaboración de este producto es la aplicación de los

cereales oleaginosos esto con el fin de aprovechar su composición de esta semilla y obtener un producto con propiedades nutricionales y sabor diferente.

Mediante la aplicación de la metodología, en el proceso de congelación y transformación alimentaria adecuada que permita la elaboración de helado cremoso, se pueda obtener un producto innovador, inocuo y de calidad nutricional para la población de Tarija.

1.7 Situación problémica

¿Cuál será la metodología experimental de congelación para la elaboración de helado cremoso a nivel de laboratorio que permita el uso de la materia prima como es el líquido extracto de sésamo, para obtener un producto innovador y de calidad?

1.8 Planteamiento de hipótesis

Aplicando la metodología experimental en el proceso de congelación del extracto líquido de sésamo ayudara en la elaboración de helado cremoso, a fin de obtener un producto nuevo, de calidad para la población en general de Tarija.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del helado

El origen del helado se desconoce. El primer relato escrito sobre el helado data de hace más de tres mil años atrás y tiene su origen en el Oriente. Algunas historias piensan que los chinos fueron sus inventores, otras que los babilonios, o tal vez los mongoles, y que de alguna de estas culturas pasó a la India, a las culturas persas y después a Grecia y Roma. Pero es en Italia, en la Baja Edad Media, cuando el helado toma forma y se difunde por toda Europa (Morales & Ramírez, 2015).

Un gran paso en esta industria fue el descubrimiento del descenso crioscópico (descenso de la temperatura de solidificación) de las soluciones de sal (salmueras) las cuales permitían que, utilizando un balde rodeado con una mezcla de hielo y sal o de agua y sal a bajas temperaturas, se congelaran batiendo bebidas y zumos de frutas azucarados, dando lugar a los primeros helados de textura cremosa (Celada, et al, 2013).

El desarrollo histórico del helado nos muestra que es un alimento apetecible a través de los años, que ha ido evolucionando en relación con la imaginación humana. Es decir, el helado es un producto que llegó para quedarse y que seguirá desarrollándose (Morales & Ramírez, 2015).

2.2 Definición del helado

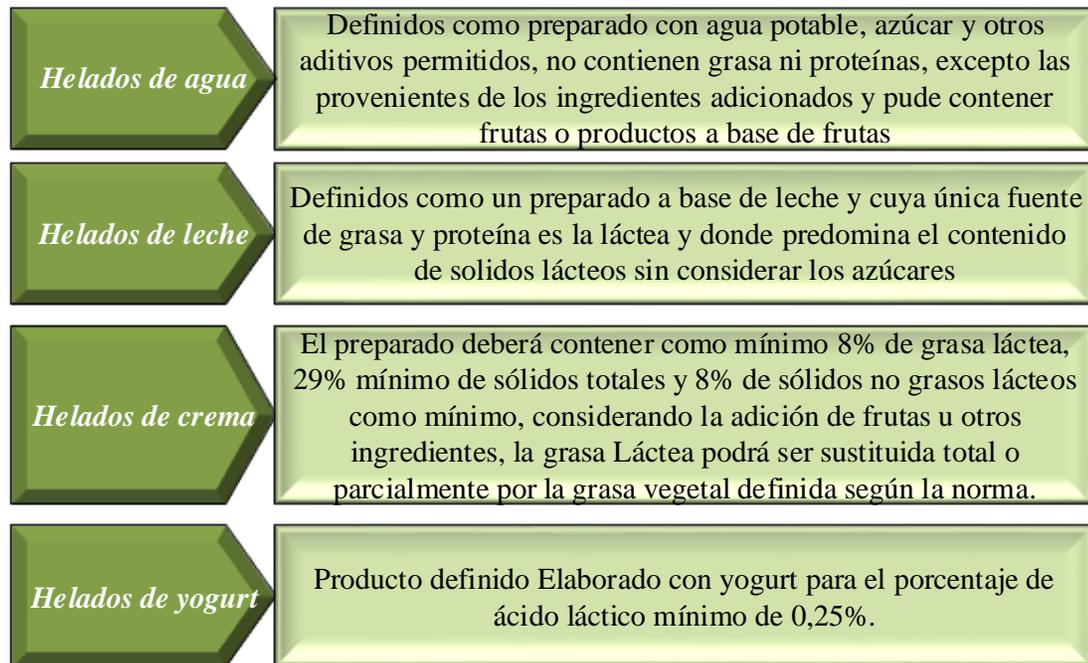
Según Norma Boliviana vigente (IBNORCA NB 33020, 2008), Los helados son “preparaciones alimenticias que han sido llevadas al estado sólido, semi-sólido, o pastoso, por una congelación simultanea o posterior de las mezclas homogenizadas y pasteurizadas de las materias primas utilizadas en el proceso y que han de mantener el grado de congelación suficiente, hasta el momento de su venta al consumidor” (IBNORCA, 2008).

Arnez, (2021), menciona que los helados son esencialmente mezclas de agua, azúcar, aromatizantes y saborizantes, y otros componentes, que se congelan parcialmente y se baten para obtener una espuma sólida.

2.3 Clasificación del helado

Los helados se clasifican de acuerdo a los ingredientes empleados en su elaboración, siendo la clasificación más usada la que los divide en tres tipos de helados: helados de agua, helados de leche, helados de crema y de yogurt.

En la a figura 2.1 se muestra un esquema de clasificación general.



Fuente: IBNORCA, 2008.

Figura 2.1 Clasificación del tipo de helado de acuerdo a su composición

2.4 Composición del helado

El helado se compone de una mezcla de aire, agua, grasa de leche o grasas no lácteas, edulcorantes, estabilizantes, emulsionantes, saborizantes y colorantes. El “mix” del helado es la mezcla no congelada de los ingredientes utilizados para suministrar estos constituyentes, excepto el aire, los aromatizantes/saborizantes y colorante.

En la figura 2.2 se muestra las funciones y limitaciones de los componentes del helado.

<i>Grasa láctea</i>	Aumenta la riqueza del flavor, lubricación y palatabilidad en la boca.	Altos costos y suavidad en la textura
<i>Grasa no láctea</i>	Proporcionan buena estructura y textura, mas económicas que la grasa láctea	Contribuye muy poco al flavor y puede perjudicarlo
<i>Sólidos lácteos no grasos, proteicos de la leche/soja</i>	Mejora el cuerpo y la textura a través de la capacidad emulsificante y de retención de agua, promueve el desarrollo del overrun	Altas concentraciones pueden provocar un flavor salado o cocido, posibilidad de arenosidad (cristalización de lactosa) a alta concentración
<i>Sólidos del suero</i>	Mas económico que fuentes convencionales de SLNG.	Altos contenidos de lactosa producen depresión en el punto de congelamiento. Mayor arenosidad.
<i>Azúcar</i>	Menores puntos de congelamiento, aporta dulzor al helado, mejora la textura y flavor	Posible exceso de dulzor. El helado es mas suave, afecta el derretimiento y la posibilidad de incrementar recristalización
<i>Sólidos de jarabe de maíz</i>	Menor costo que el azucar, mejora el cuerpo y la textura e incrementa la estabilidad del helado	Perjudican el flavor y producen textura gomosa incrementan la resistencia el derretimiento
<i>Sólidos de yema de huevo</i>	Mejoran la habilidad de espumante imparten flavor a crema	Producto poco espumoso, el flavor a huevo puede ser indeseable
<i>Emulsionantes</i>	Promueven la desestabilización de las grasas, conduciendo a mejorar la suavidad y las buenas propiedades de derretimiento	Incrementa el potencial de aglutamiento de la grasa
<i>Aromatizantes</i>	Mejoran la aceptabilidad	En grandes cantidades pueden resultar inaceptables
<i>Colorantes</i>	Mejoran el atractivo del helado	Tonos artificiales, reacciones alérgicas a ciertos colorantes

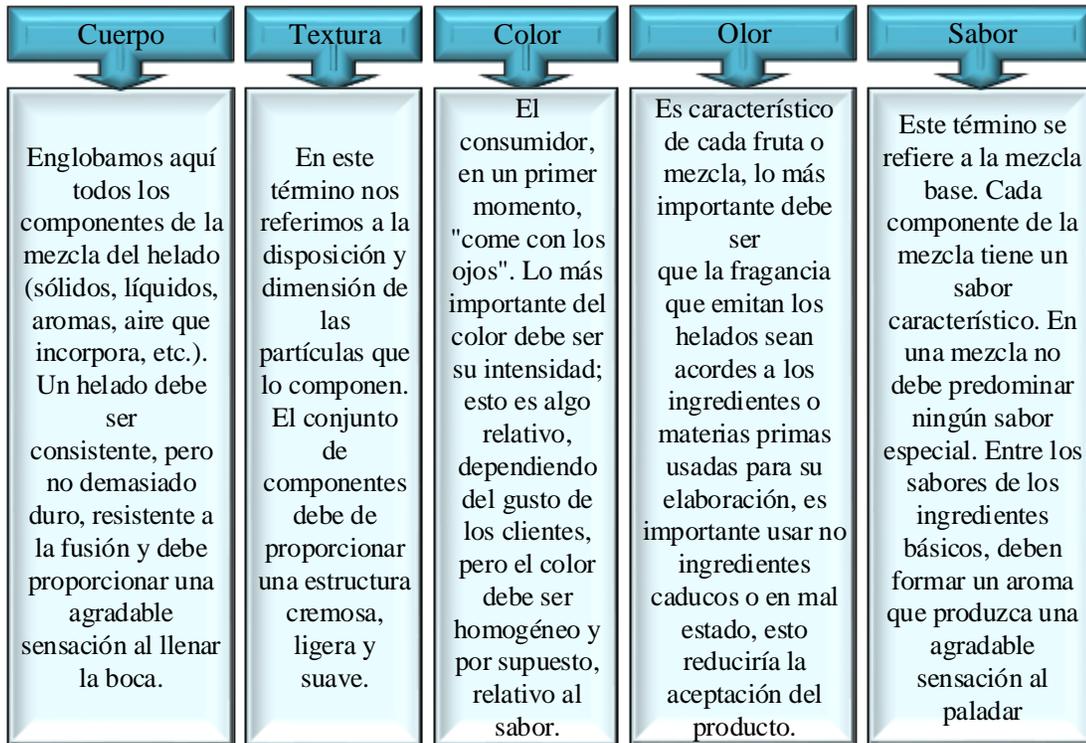
Fuente: Deco, 2017

Figura 2.2 Funciones y limitaciones de los componentes del helado.

2.5 Características de los helados

El helado ideal es el que tiene el sabor agradable y característico, posee una textura suave y uniforme, las propiedades de fusión adecuadas junto a un color apropiado, bajo contenido bacteriano y con un envase atractivo.

En la figura 2.3 se muestra la caracterización de los siguientes términos en el helado.



Fuente: López, 2013

Figura 2.3 Caracterización sensorial del helado.

2.6 Caracterización fisicoquímica

- **pH;** El pH es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Las soluciones con un pH menor a 7 son ácidas, por el contrario, las soluciones con un pH mayor a 7 son alcalinas o básicas (Vázquez, 2016).

Al respecto el pH es un análisis importante de realizar ya que sirve como un indicador del estado general del producto, debido a que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como la proliferación de microorganismos. Además, el pH de una mezcla de helado es generalmente de 5,4 a 7 aproximadamente (Palma et al., 2020).

- **Acidez titulable:** La acidez titulable normal de las mezclas varía con respecto con el porcentaje de sólidos no grasos de leche contenido y se puede calcular multiplicando el porcentaje de sólidos no grasos en la leche por el factor 0,017, por lo tanto, una mezcla que contenga 11% de sólidos no grasos de leche tendría una acidez titulable normal de 0,187% (Goff y Hartel, 2013).
- **Sólidos solubles (°Brix):** Los °Brix en los alimentos radica en la formulación, la cantidad de azúcar (sacarosa) presente en el producto, el cual da el sabor y cuerpo al helado. Obviamente el valor se puede regular agregando azúcar al producto. Por lo mencionado es importante conocer su contenido de dulzor ya que este influye directamente en las características organolépticas (Palma et al., 2020).
- **Viscosidad:** Las mezclas para helado, presentan, por lo general comportamiento de fluido no newtoniano; las características de este tipo de productos varían desde los líquidos viscosos con propiedades elásticas hasta las de los sólidos con propiedades viscosas. La viscosidad de estos fluidos, no permanece constante, cuando la temperatura y la composición permanecen invariables, sino que depende del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad y, a veces del tiempo de aplicación del esfuerzo y de la historia previa del producto. (Velázquez, 2015)

Entre los diversos viscosímetros disponibles, para determinar la viscosidad de mezclas para helados, el de más amplio empleo es el viscosímetro rotacional, cuyo principio de funcionamiento es conducir una aguja (que se sumerge en el fluido de ensayo) a través de un resorte calibrado. El arrastre viscoso del fluido contra la aguja se evalúa por la desviación del resorte que se mide con un transductor rotatorio. Dicha aguja varía de tamaño según el tipo de fluido evaluado (Velázquez, 2015)

- **Punto de congelación** En el caso de los helados, el punto de congelación es dependiente del tipo y contenido de constituyentes de la mezcla, específicamente, de los sólidos solubles y, dentro de éstos, los de mayor relevancia son los azúcares. Las proteínas por su gran tamaño presentan un efecto coligativo pequeño en comparación con el de los azúcares. Los cambios en este parámetro pueden alterar

la velocidad de congelación del helado, a una temperatura de almacenamiento específica (Patel et al., 2006).

2.7 Característica nutricional del helado

El valor nutricional de los helados depende de sus componentes: Cantidad de agua, leche, nata, azúcar, frutas, etc. Su valor energético es algo elevado en helados de crema y la cantidad de grasa es superior al 10% en peso, siendo dicha grasa fundamentalmente saturada. el contenido en azúcar simple también es alto. la cantidad de vitaminas y minerales dependerá de la cantidad de leche que contenga (López, 2018).

Tabla 2.1

Composición nutricional de los helados

Nutriente	Unidad	Helados de crema	Helado de leche	Helados	Helados de agua
Valor energético	Kcal	180,0 -329,0	11,0 - 74,0	114,0 -138,0	68,0 -138,0
Proteína	g	2,4 - 5,0	2,1 - 4,7	2,1 - 4,1	0,0 - 17,0
Carbohidrato	g	23,0 - 35,0	16,4 - 28,1	20,0 - 41,0	16,5 - 30,1
Grasa	g	7,8 - 21,7	3,0 - 6,5	5,6 - 21,9	0,0 - 5,0
Calcio	mg	67,0 -144,0	11,0 -171,0	84,0 -128,0	0,0 - 0,5
Fosforo	mg	30,0 - 59,0	65,0 - 68,0	47,0 - 90,0	-
Magnesio	mg	5,5 - 21,3	8,1 - 17,0	5,0 - 13,4	0,0 - 0,6
Sodio	mg	28,8 - 66,0	73,0 -107,0	34,0 - 96,0	0,0 - 0,5
Potasio	mg	84,3 -213,0	110,0 -213,0	64,6 -151,0	-
Vitamina A	µg	8,0 - 21,0	-	9,0 - 15,0	0,3
Vitamina B2	µg	80,0 -120,0	130,0 -140,0	90,0 -140,0	-

Fuente: López, 2018

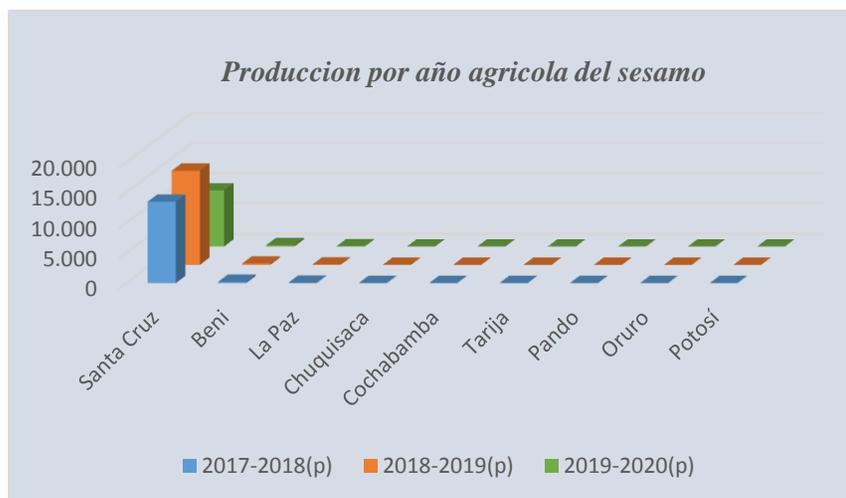
2.8 Origen del sésamo

El sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), es una planta oleaginosa originaria del continente africano, es un cultivo de gran importancia desde muchos años antes de Cristo, en los papiros de los médicos de Egipto 1552 años a.C. se cita una serie de remedios herbológicos entre los que se encuentran el aceite y las semillas de sésamo (Colque, 2006).

El sésamo (*Sesamum indicum* L.) en Bolivia es cultivado por unas 5.000 familias de productores, alcanzando más de 17.000 hectáreas. Gran parte del sésamo producido en Bolivia es exportado, el mercado es creciente como sésamo orgánico. (PROINPA,2019)

2.8.1 Producción del sésamo

Según ORS-SANTA CRUZ (2003), indica que, en Bolivia, el departamento de Santa Cruz tiene alto potencial para la producción por las condiciones de clima y suelo, actualmente está siendo sembrada por los agricultores japoneses, Menonitas y bolivianos en distintas zonas como ser Okinawa 3, las colonias Menonitas del sur, el este de Pailón y toda la zona sur del departamento hasta Charagua.



Fuente: INE, 2020

Figura 2.4 Producción por año agrícola del sésamo

2.8.2 Importancia y usos del sésamo

Para la ORS-SANTA CRUZ (2003), manifiesta que el cultivo de sésamo tiene mucha importancia por su alto contenido de aceite en la semilla (50% a 55% de su peso total), el que a su vez es rico en un antioxidante natural y proteína (de 25%). el sésamo es una alternativa para la seguridad alimentaria, por su facilidad en la preparación para el consumo, además, de poseer propiedades alimenticias y curativas.

Según Moya (2004), la semilla de sésamo es empleada para la alimentación humana, entre las diferentes formas de preparación se encuentran: el refresco de ajonjolí, chocolate de ajonjolí, leche de ajonjolí, panes de ajonjolí, guisos de ajonjolí molido y otros. También es muy aprovechable el excedente del grano y la planta para el consumo de los animales

2.8.3 Composición nutricional de la semilla de sésamo

En la tabla 2.2 se muestra la composición nutricional de la semilla de sésamo obtenido

Tabla 2.2

Composición nutricional de la semilla de sésamo.

Composición por 100 gramos de porción comestible		
Nombre	Unidad	Cantidad
Agua	%	4,69
Energía	Kcal	573,00
Proteína	g	17,73
Grasa total	g	49,67
Carbohidratos	g	23,45
Fibra dietética total	g	11,80
Ceniza	g	4,45
Calcio	mg	975,00
Fósforo	mg	629,00
Hierro	mg	14,55
Tiamina	mg	0,79
Riboflavina	mg	0,25
Niacina	mg	4,51
Ácidos grasos mono-insaturados	g	18,76
Ácidos grasos poli-insaturados	g	21,77
Ácidos grasos saturados	g	6,96
Potasio	mg	468,00
Sodio	mg	11,00
Zinc	mg	7,75
Magnesio	mg	351,00
Vitamina B6	mg	0,79
Folato	µg	97,00
Fracción comestible	%	100,00

Fuente: INCAP (2012)

2.8.4 Componentes y propiedades de la semilla de sésamo

✓ Lípidos o grasas

Las grasas que contiene son insaturadas con predominio de poliinsaturadas. Entre las grasas del ajonjolí también se encuentra la lecitina, la cual presenta una poderosa propiedad emulsionante que facilita la disolución de grasas en medio acuoso. Una de sus funciones en la sangre es mantener disueltos los lípidos en general, especialmente el colesterol, evitando así su depósito en las paredes arteriales. Es importante mencionar que la semilla de sésamo es, junto con la soja, el vegetal más rico en lecitina (Cervantes, 2012).

✓ Minerales.

El ajonjolí es una fuente importante de diferentes minerales como el magnesio que actúa como cofactor de numerosas enzimas intracelulares, participando en la actividad neuromuscular y en el metabolismo de los hidratos de carbono, el calcio y fósforo, que intervienen en la formación de huesos y dientes, el hierro mineral que forma parte de la hemoglobina de la sangre, el zinc, mineral que participa en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y proteínas y potasio que interviene en la producción de proteínas, en el metabolismo de hidratos de carbono, en la transmisión nerviosa y la síntesis de músculos (MAPAMA, 2013)

✓ Vitaminas.

El aporte vitamínico consiste en tocoferoles (vitamina E), protege el tejido corporal del daño causado por los radicales libres, mantenimiento del sistema inmune, dilatación de vasos sanguíneos para impedir que la sangre se coagule dentro de ellos y la interacción celular, tiamina (vitamina B1), interviene en el metabolismo de carbohidratos y el mantenimiento del sistema nervioso/digestivo, riboflavina (vitamina B2), importante para la producción de energía, participa en el metabolismo de otras vitaminas y desintoxica el organismo, folato (vitamina B9) útil para la división celular y síntesis de ADN, piridoxina (vitamina B6) interviene en el metabolismo de neurotransmisores, síntesis de ADN, ARN y anticuerpos, niacina

(vitamina B3) que interviene en la eliminación de sustancias químicas tóxicas del cuerpo, el metabolismo energético celular y la reparación del ADN (INCAP, 2012).

✓ **Aminoácidos.**

Como indica en (MAPAMA, 2013), Las semillas de sésamo poseen buenas cantidades de fibra y la proteína de esta semilla está formada por quince aminoácidos distintos, con una elevada proporción del aminoácido esencial metionina

- **Arginina:** está involucrada en el mantenimiento y reparación del sistema inmunológico, el crecimiento de tejidos y músculos.
- **Ácido aspártico:** cumple con la función de desintoxicación del hígado y su correcto funcionamiento.
- **Ácido glutámico:** actúa como un estimulante del sistema inmunológico y garantiza el funcionamiento del Sistema Nervioso Central.
- **Metionina (aminoácido esencial):** colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta.
- **Lisina (aminoácido esencial):** interviene en el crecimiento, crea anticuerpos del sistema inmunológico, sintetiza hormonas y repara tejidos.
- **Treonina (aminoácido esencial):** interviene en la desintoxicación del hígado, junto con la L-Metionina y ácido aspártico.
- **Valina (aminoácido esencial):** estimula el crecimiento y reparación de tejidos.
- **Leucina (aminoácido esencial):** interviene en la formación y reparación del tejido muscular, junto con la L-Isoleucina y hormona de crecimiento.
- **Isoleucina (aminoácido esencial):** interviene en la formación y reparación de tejido muscular, junto con la L-Leucina y hormona de crecimiento.
- **Fenilalanina (aminoácido esencial):** interviene en la producción de colágeno sobre la estructura del tejido conectivo, la piel y formación de neuro-hormonas.

✓ **Otros componentes antioxidantes.**

De acuerdo (Zavala y Castillo, 2008), indica que el ajonjolí contiene trazas de una sustancia fenólica, el sesamol, que es un poderoso antioxidante natural. En

combinación con la vitamina E, hace que el aceite sea resistente a la rancidez oxidativa más que otros aceites vegetales. Contiene 0.4% de sesamín y 0.3–0.6% de sesamolín que también proporcionan estabilidad oxidativa

2.9 Insumos para la elaboración de helados con extracto líquido de sésamo

Los insumos necesarios para la elaboración de helado con extracto líquido de sésamo se detallan a continuación.

2.9.1 Agua potable

Según norma Bolivia 512 definen como agua potable a aquella que, por sus características organolépticas, fisicoquímicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano (IBNORCA,2004).

Posibilita los movimientos internos de los solutos que conducen a la desestabilización de la estructura a través de los fenómenos de coalescencia y agregación, que dependen de la temperatura (viscosidad), calidad de ingredientes (red tridimensional-interacciones), calidad estabilizante (espesante, gelificante, interacciones). En la fase acuosa crio concentrada están solubilizados los azúcares, las proteínas y los hidrocoloides (Granger, et al, 2005).

Todas las mezclas de helado requieren una fuente de agua para estandarizar el contenido de grasa y sólidos no grasos. Mezclas de buena calidad se pueden preparar a partir de materia grasa y fuentes no grasas anteriormente descritas (proveniente de leches en polvo o sustitutos) junto con agua. Sin embargo, también puede ser una práctica común utilizar leche fluida como la principal fuente de agua. Si se usa agua, debe ser de alta calidad y potable, libre de contaminantes. El agua varía en el pH, alcalinidad y dureza, pero a menos que cualquiera de estos parámetros sea extremo, el agua no necesita ser tratada químicamente (por ejemplo, ablandada o ajustada en su contenido mineral) antes de su uso (Álvarez, et al,2005).

2.9.2 Bebida vegetal

Las bebidas vegetales son suspensiones de material vegetal disuelto y desintegrado en agua, que tienen un aspecto similar a la leche de origen animal, pero no son productos lácteos. Se elaboran a partir de ciertas variedades de frutos secos, cereales, legumbres y otras semillas, extrayendo el material vegetal en agua, separando el líquido y formulando el producto final, generalmente con adición de ingredientes para permitir su conservación (Dávila, 2017).

- ***Extracto líquido de sésamo:*** La bebida de sésamo de origen vegetal, se elabora a partir del licuado o batido de las semillas de sésamo crudas o tostadas (Dávila, 2017).

2.9.3 Leche entera

Desde el punto de vista dietético la leche es el alimento puro más próximo a la perfección. Su principal proteína, la caseína, contiene los aminoácidos esenciales y como fuente de calcio, fósforo y riboflavina (vitamina B12), contribuye significativamente a los requerimientos de vitamina A y B1 (tiamina). Por otra parte, los lípidos y la lactosa constituyen un importante aporte energético (Gómez et al., 2005).

2.9.4 Leche en polvo

El contenido en sólidos lácteos afecta a la calidad y textura de nuestro helado: su escasez dará lugar a un helado falto de cuerpo, como aguado, mientras que su exceso dará una textura áspera a la lengua, como ligeramente arenosa. Dado que a menudo añadimos sólidos lácteos formando parte de otros ingredientes del helado, tenemos que tener cuidado de conseguir el nivel deseado de este parámetro con una dosificación adecuada de la leche, para no pasarnos ni quedarnos cortos (Mancebo, 2014)

2.9.5 Crema vegetal

La grasa que se incorpora en el helado puede ser de origen lácteo, vegetal, o bien, ambas. Utilizar diferentes tipos de grasa vegetal con diferente grado de insaturaciones (como aceite de girasol o de palma) puede resultar en diferentes agregados estructurales, mejorando la estabilidad al derretimiento del helado. La grasa juega un papel esencial en el helado, ya que disminuye el derretimiento, estabiliza y promueve la incorporación y dispersión de aire, incrementa la viscosidad, imparte el aroma y favorece la formación de cristales de hielo (Pintor & Totosaus, 2013).

2.9.6 Azúcares

Los azúcares cumplen funciones que afectan las características organolépticas y de textura del helado. Tienen poder edulcorante, mejoran la percepción de aromas frutales, afectan el punto de congelamiento del mix y confieren características de palatabilidad (Granger, et al, 2005).

El descenso crioscópico de una solución es una propiedad coligativa asociada al número de moléculas disueltas. El menor peso molecular da una mayor capacidad de descenso crioscópico, por tal razón monosacáridos (fructosa y glucosa) son usados para lograr cremas heladas más suaves y blandas que la sacarosa (Álvarez, et al, 2005).

- **Dextrosa:** Conocido como D-glucosa, es el azúcar blanco obtenido del hidrolisis completa del almidón, tiene la misma fórmula química que la glucosa, pero en forma cristalina. Produce un efecto refrescante muy pronunciado en la boca, realza el sabor frutal en los helados, pero no produce sed al consumirlo. Desciende la temperatura de congelación debido a su más bajo peso molecular que la sacarosa mejorando su consistencia. Se aplica mayormente en los helados de fruta y en los de alto contenido graso. Está particularmente indicado en la fabricación de sorbetes. Debido al efecto sobre el punto de congelación, el empleo está limitado a un 25% de la cantidad total de azúcares, en esta proporción contiene mayor estabilidad contra la formación de cristales de sacarosa (Potti, 2013).

2.9.7 Aditivos

Cualquier sustancia natural o artificial que por sí misma no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico de alimentos, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencional facilita y/o mejora al alimento en sus fases de producción, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, distribución y/o almacenamiento, o bien provoca o puede esperarse razonablemente que provoque (directa o indirectamente), el que ella misma o sus subproductos lleguen a ser un complemento del alimento o afecten a sus características (IBNORCA,2008).

2.9.7.1 Estabilizantes

Son un grupo de compuestos formados por mezclas de espesantes y emulsionantes.

-Espesante: Son hidrocoloides en general son polisacáridos, tales como la goma guar, goma garrofín, carboxim etilcelulosa, goma xántica, alginatos, carrageninas, también puede utilizarse gelatina. Son los responsables de agregar viscosidad a la fracción acuosa no congelada y además la retienen parcialmente no permitiendo su migración dentro de la crema helada. El resultado de esta acción es una crema más firme a la masticación confieren cuerpo y textura suave al helado, al retardar y reducir el crecimiento de los cristales de hielo y de la lactosa durante el periodo de almacenamiento, contribuyen asegurando la uniformidad sobre el producto y resistencia a la fusión. Su función se debe principalmente a sus interacciones con el agua. (Deco, 2017).

-Emulsificante: Son un grupo de compuestos que contribuyen al desarrollo de la estructura de la materia grasa presente en el helado y a una distribución homogénea del aire retenido, en consecuencia, confieren cremosidad y adecuadas propiedades de fundido en la crema helada. Los emulsionantes por sus propiedades anfifílicas se disponen en la interfase agua-grasa disminuyendo la energía libre o tensión asociada con dos fases inmiscibles (Deco, 2017).

-Súper liga neutra

Según selecta (Selecta, 2021), menciona que la liga neutra es una base para helados, con elevado poder de estabilización, inhibe la formación de cristales de hielo, retarda el derretimiento y proporciona suavidad a los helados y paletas. Indicado para helados y paletas producidos por procesos artesanales, se puede aplicar en frío y caliente.

2.10 Operaciones en el proceso de elaboración de helados

El proceso de elaboración del helado consta de seis pasos, cada uno de estos pasos influye en la calidad del producto final.

2.10.1 Mezclado

El mezclado de los ingredientes tiene por objeto dispersar e hidratar los ingredientes que conforman la base para helado (leche en polvo, caseinatos, suero de leche, grasa butírica, grasa vegetal, emulsificantes, mezcla de estabilizantes y azúcares). Estos ingredientes son agregados con cierto orden, donde los componentes proteicos (leche en polvo, suero de leche, caseinatos), son primeramente disueltos. Posteriormente se agrega la grasa, emulsificantes, estabilizantes, y por último él o los azúcares. En el caso de los estabilizantes, es necesario hacer un pre-mezclado a temperaturas donde los polímeros puedan ser hidratados con el fin de evitar la formación de grumos en la mezcla (Pintor & Totosaus, 2013).

2.10.2 Homogenización

La homogenización, es el proceso responsable de la formación de la emulsión a través de movimientos mecánicos y temperaturas que tienen como objeto la adecuada distribución de los compuestos, disminuyendo el tamaño y dispersando los glóbulos de grasa rodeados con una película proteica interfacial, para obtener una emulsión estable. Los fosfolípidos y polipéptidos de bajo peso molecular compiten por la adsorción en la superficie de la burbuja de aire, desplazando a las proteínas y por lo tanto desestabilizando la emulsión. A condiciones y cantidades ideales, las proteínas trabajan en conjunto con estabilizantes formando en este caso complejos que aumentan la viscosidad, confiriendo buenas propiedades al helado. Estabilizantes como las carrageninas (en concentraciones menores a 0.5 %) son ampliamente

utilizados en productos lácteos debido a su interacción con las proteínas lácteas y capacidad de interactuar con otros polisacáridos, induciendo zonas de interacción con el agua provocadas por los grupos sulfatos cargados positivamente (Pintor y Totosaus, 2013).

2.10.3 Maduración de la mezcla

Después de pasteurizar, la mezcla, es enfriada para su reposo por unas veinticuatro horas, con el fin de que se terminen de hidratar las proteínas de leche y estabilizantes. Esto permite el aumento de viscosidad de la base para helado, afectando positivamente la textura del helado y por lo tanto la calidad. Es importante que esta cristalización no sea total, sino que un núcleo de grasa líquida permanezca en los glóbulos. Estos fenómenos son muy importantes para el siguiente paso que es el batido, debido a que las burbujas de aire dependen de qué tan estable sea la emulsión para no colapsar durante el endurecimiento. Después de transcurrir el tiempo de maduración es oportuno hacer mediciones de viscosidad, cantidad de grasa, sólidos totales y análisis microbiológicos. En este punto pueden ser adicionados ingredientes que son sensibles al calor, como frutas, colores y sabores (Clarke, 2004).

2.10.4 Batido

Después del proceso de maduración, la mezcla es aireada, batida y congelada. En este paso la cantidad de aire incorporado depende de la estabilidad e interacción de los componentes, así como de la cantidad y calidad de los mismos. Conforme la mezcla se bate, los glóbulos de grasa chocan y se fusionan ampliando aún más el contacto superficial. Las proteínas y los emulsificantes proporcionan estabilidad a las burbujas de aire contra la coalescencia. Después de la incorporación de aire, el helado adquiere una consistencia cremosa. La estabilidad de este sistema (aire-cristales de hielo-gotas de grasa-fase líquida) dependerá del grado de incorporación de aire que se introduzca al helado, del tamaño de la celda de aire y, fundamentalmente, del espesor de la capa que rodea las células de aire. Esta capa está constituida por la grasa parcialmente desestabilizada, proteínas de la leche, estabilizantes y emulsificantes. Si

las burbujas de aire se unen entre sí y se escapan de la matriz, el helado no podrá mantener su forma y colapsará. Los glóbulos sólidos de grasa contribuyen a la formación de la estructura y estabilidad, mientras que las proteínas estabilizan los glóbulos líquidos actuando como relleno inerte, produciendo un helado llamado de dos flujos (Méndez y Goff, 2012).

2.10.5 Congelación

En este proceso se termina de congelar el agua que queda libre en la matriz del helado. La formación de grandes cristales de hielo es uno de los problemas que causan una textura indeseada. Por ello, después de que la base fue aireada y enfriada, se pasa a congeladores de -18 a -30 °C, con la finalidad de congelar la mezcla rápidamente, para evitar la formación de cristales grandes de hielo. En este punto del proceso, los hidrocoloides juegan el papel más importante de todos los compuestos por su habilidad para retener grandes cantidades de agua. Cuando la mezcla se congela lentamente se produce la nucleación, que es un fenómeno en el cual un cristal pequeño es rodeado por otras moléculas de agua hasta formar cristales de tamaño mayor y por lo tanto una textura defectuosa. Si existe una cantidad apropiada de sólidos totales, la cantidad de agua a congelar se reduce. El contenido de grasa reduce el tamaño de los cristales de hielo y produce un efecto lubricante, lo que provoca una sensación de suavidad en la boca (Goff & Hartel, 2004).

2.11 Congelación de alimentos

La congelación representa para muchos alimentos el mejor método de conservación a largo plazo, pues asocia los efectos favorables de las bajas temperaturas a los de transformación de agua líquida en agua sólida (hielo), es decir, actúan conjuntamente la disminución de la temperatura y la disminución de la actividad acuosa (A_w). (Michelis, 2010)

2.11.1 Las características principales del método

Prácticamente, ningún microorganismo puede desarrollarse a temperaturas inferiores a -10 °C), por lo tanto, el usual almacenamiento de los productos congelados a (-18

o $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ impide toda actividad microbiana. Esto no significa que los microorganismos mueren, sino que no pueden alimentarse y desarrollarse. La velocidad de la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida. La única que evoluciona más rápidamente es la de oxidación de grasas o lípidos. La formación de cristales de hielo y su aumento de volumen tiene el inconveniente de originar un deterioro mecánico de la estructura del tejido con pérdida de textura. (Michelis, 2010)

Tabla 2.3

Características de congelación y pasteurización en helados

Tipo	Temperatura (°C)	Tiempo	Eficiencia sobre los microorganismos
Pasteurización			
Baja	62-65	30min	95%
Alta	80-85	1 a 2min	99.9%
Ultra pasteurización	135-150	2 a 8 min	99.9%
Congelación			
Velocidad baja (Congelador domestico)	-18	El frio penetra en menos de 1-5 cm de la superficie durante 1h	Baja
Velocidad media (túnel 20m/h)	-40	1 hora el frio penetra entre 1-5 cm de la superficie durante 1h	Alta
Ultra congelación	-196	El frio penetra en más de 5cm de la superficie durante 1h	Alta

Fuente: Vilbo, 2018

2.11.2 Métodos de congelación de helado

Una de las variables importantes que define las características finales de un helado es el tiempo que toma el conseguir la completa congelación del producto los métodos de congelación son:

Método lento de congelación	Ya no se utiliza, no posibilita la buena conservación de los tejidos, sino que provoca alteraciones físicas, químicas e histológicas que dan lugar a modificaciones sensibles del producto por conservar.	
Método rápido de congelación	El tiempo necesario para obtener la completa congelación es relativamente breve. Este método no da lugar a alteraciones físicas químicas e histológicas sensibles del producto.	-Temperatura de cámara (-25y-30)°C -humedad relativa (85-90)% -Caudal de aire de los ventiladores (3-4)m3/s -Tiempo del ciclo max 30h
Método muy rápido de congelación	El tiempo de congelación en piezas de muy gran tamaño es breve el máximo es de 12horas de permanencia en las cámaras. En este lapso se alcanza en el corazón de la mayoría de los productos la temperatura de -18°C. Con este método no da lugar a alteraciones físicas químicas e histológicas	-Temperatura de cámara (-30y-40)°C -humedad relativa (85-90)% -Caudal de aire de los ventiladores (25m3/s)

Fuente: Elettronica, 2017

Figura 2.5 Método de congelación del helado

2.11.3 Punto de congelación

En el caso de los helados, el punto de congelación es dependiente del tipo y contenido de constituyentes de la mezcla, específicamente, de los sólidos solubles y, dentro de éstos, los de mayor relevancia son los azúcares. Las proteínas por su gran tamaño presentan un efecto coligativo pequeño en comparación con el de los azúcares. Los cambios en este parámetro pueden alterar la velocidad de congelación del helado, a una temperatura de almacenamiento específica (Patel et al., 2006).

El procedimiento para la determinación del punto de congelación por el método del crioscopio termistor. Un termistor es un termómetro de resistencia cuyo elemento sensible está hecho de un sólido semiconductor que se caracteriza por tener un coeficiente de temperatura altamente negativo. Estos instrumentos dan respuesta inmediata a los cambios de temperatura, razón por la cual este método es el de referencia. El principio de la prueba es sobreenfriar una muestra para ensayo a una temperatura apropiada e inducir la cristalización, por medios suficientes para causar una liberación instantánea de calor acompañada de calentamiento de la muestra hasta una meseta de temperatura. Éste punto se alcanza cuando el aumento de temperatura

no excede de 0,5 °C en los últimos 20 s. La temperatura así obtenida corresponde al punto de congelación de la muestra de leche. El instrumento de medición se calibra ajustándolo para dar lecturas con dos soluciones normalizadas de cloruro de sodio, usando el mismo procedimiento que se usa para las muestras de leche. Para la determinación del punto de congelación se realizan curvas de congelación de las muestras y la muestra control, en las cuales se observa un cambio brusco de pendiente y este se define como el punto de congelación aparente, lo que se corresponde con alrededor de un 80% del agua congelada (Barreiro & Sandoval, 2006

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El desarrollo de la parte experimental del actual trabajo de investigación "Obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo", se efectuaron en las instalaciones del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de alimentos (LCIA); dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Mísael Saracho.

3.2 Tipo de intervención del trabajo de investigación a nivel experimental

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó la metodología experimental a nivel de laboratorio, con la finalidad de elaborar helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

- ✓ Método del análisis fisicoquímico y microbiológico del extracto líquido de sésamo.
- ✓ Evaluación sensorial para determinar la muestra preliminar
- ✓ Análisis de evaluación sensorial del helado cremoso con extracto líquido de sésamo para caracterizar las propiedades organolépticas.
- ✓ Análisis del diseño factorial 2^k de las variables en el proceso de congelado.
- ✓ Método y técnicas de análisis fisicoquímicos del helado cremoso con extracto líquido de sésamo.
- ✓ Método de análisis microbiológico del helado cremoso con extracto líquido de sésamo.
- ✓ Operacionalización de variables independiente y dependiente para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

3.3. Paradigma investigativo

El paradigma en la investigación es una, constelación de creencias, valores, el paradigma permite al investigador poder ver la realidad del mundo desde una perspectiva determinada, para poder abordar la solución de un determinado problema. El paradigma sirve como una guía base para los profesionales dentro de su disciplina, ya que indica las diferentes problemáticas que se deben tratar y busca un marco

referencial en el cual se aclaren las interrogantes mediante una epistemología adecuada (Ramos, 2015).

Es evidente que según el paradigma que se adopte, éste va a condicionar los procedimientos de estudio que se siguen en la investigación. Cada uno de ellos mantiene una concepción diferente de qué es la investigación, qué investigar, cómo investigar y para qué investigar. Existen diversas clasificaciones de los modelos investigativos en la bibliografía, pero los que a continuación se presentan, son los que en estos momentos están condicionando la investigación científica (Hernández et al., 2010).

El presente trabajo de investigación se basa en un paradigma investigativo positivista ya que utiliza una metodología determinada para la organización e interpretación de resultados.

3.4. Paradigma positivista

Refiere que el paradigma positivista se inició como un modelo de investigación en las ciencias exactas, también denominado paradigma cuantitativo, empírico analítico racionalista, es el paradigma dominante se caracteriza por el alto interés por la verificación del conocimiento a través de predicciones. Algunos lo llaman el “paradigma reduccionista”, ya que lo importante es plantearse una serie de hipótesis como predecir que algo va a suceder y luego verificarlo o comprobarlo, cuantificarlo (Ballina, 2013).

Los aspectos cuantitativos están sólidamente mezclados con aspectos cualitativos, Desde que se concibió la estadística como una manera de cuantificarlo todo a través de muestras, se encontró la metodología más idónea y coherente para el paradigma positivista, para poder explicar, controlar y predecir (Ballina, 2013).

3.5 Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o

eludir pasos. Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández et al.,2010).

3.6 Tipo de investigación

Según Behar (2008) el tipo de estudio en la investigación es de acuerdo al tipo de información que espera obtener, así como el nivel de análisis que deberá realizar el investigador; también se tendrán en cuenta los objetivos y las hipótesis planteadas con anterioridad.

El tipo de investigación exploratorio como indica Behar (2008), “tienen por objeto esencial familiarizarnos con un tema desconocido, novedoso o escasamente estudiado, este primer nivel de conocimiento, puede complementarse con el descriptivo que permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos” (Pág.17).

3.7 Métodos- técnicas e instrumentos

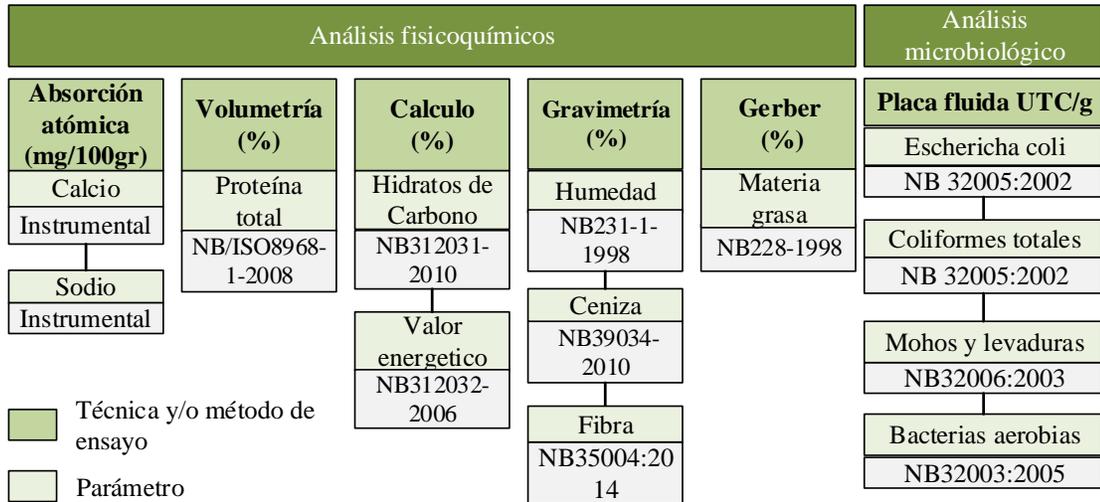
La consulta bibliográfica, permite conocer los antecedentes y el estado actual del problema. Indicando también que el diseño del experimento, es la elección del procedimiento experimental y los instrumentos capaces de medir y controlar las variables del fenómeno que se va a estudiar (Dávila, 2017).

Los métodos son las herramientas conceptuales o medios concretos mediante los cuales se recoge los datos e informaciones, mediante preguntas, ítems que existen respuestas del investigado. asumen diferentes formas de acuerdo con las técnicas que le sirven de base.

Los métodos y técnicas que se utilizaron para la obtención de resultados del presente trabajo de investigación son:

3.7.1 Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del extracto líquido de sésamo

Para el análisis fisicoquímico y microbiológico se toma en cuenta los métodos y técnicas detallados en la figura 3.1, fueron realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la facultad de ciencias y tecnología.

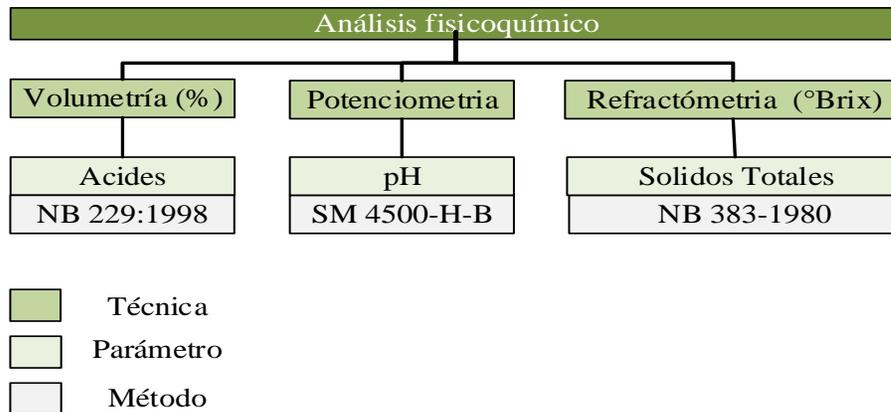


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.1 Métodos y/o técnicas de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del extracto líquido de sésamo.

3.7.2 Análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo

En la figura 3.2 se muestra los métodos y técnicas que se aplicó para determinar los parámetros fisicoquímicos del extracto líquido de sésamo.

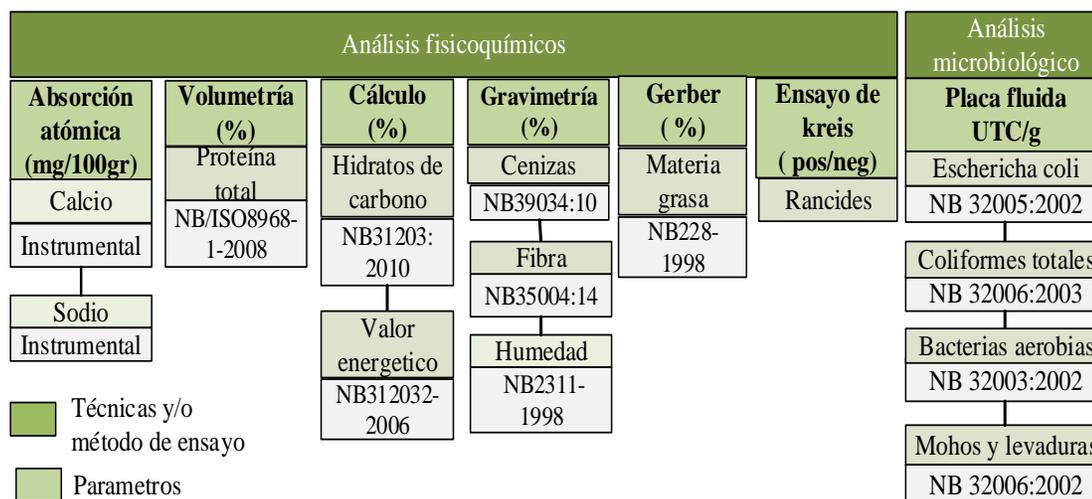


Fuente: L.C.I.A, 2022

Figura 3.2 Análisis fisicoquímico del extracto liquido de sésamo

3.7.3 Análisis fisicoquímico y microbiológico del helado cremoso con extracto liquido de sésamo

En la figura 3.3 se muestra los métodos y técnicas del análisis fisicoquímico y microbiológico del helado cremoso con extracto liquido de sésamo (Anexo x) extraídos del (Anexo x), que fueron realizados en el centro de análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente de la Facultad de Ciencia y Tecnología.

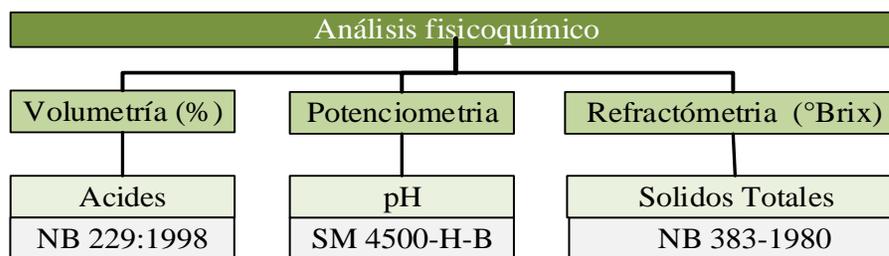


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.3 Métodos y técnicas de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del helado cremoso de sésamo

3.7.4 Análisis fisicoquímico de la mezcla de helado en la elaboración del helado cremoso con extracto liquido de sésamo

En la figura 3.4 se muestra los parámetros que se midieron de la base del helado cremoso con extracto liquido de sésamo.



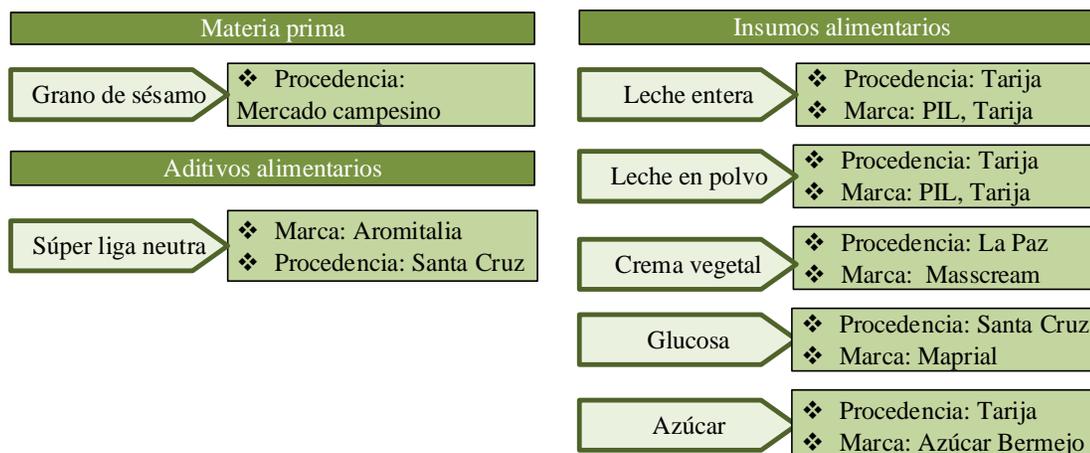
- Técnica
- Parámetro
- Método

Fuente: L.C.I.A, 2022

Figura 3.4 Análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo

3.8 Materia prima, insumos alimentarios y aditivos alimentarios para la elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

La materia prima, insumos y aditivos que se utilizaron para la elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo se detalla a continuación en la tabla 3.5



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5 Materia prima, insumos y aditivos alimentarios utilizados en el proceso de elaboración del producto.

3.9 Reactivos de laboratorio utilizados durante la parte experimental

Los reactivos químicos de laboratorio que se utilizaron para determinar los parámetros fisicoquímicos durante el proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo se detallan en la figura 3.6.

Hidróxido de sodio	Fenolftaleína	Agua destilada	Alcohol étílico
Concentración: 0,1N	Concentración: 1,00%	Cantidad 500ml	Concentración: 70%

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 Reactivos químicos utilizados en el trabajo de investigación

3.10 Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina

Los equipos, instrumentos y materiales de laboratorio y de cocina que se utilizaron en el proyecto de investigación a nivel experimental, se especifican a continuación:

3.10.1 Equipos del proceso para la elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En la figura 3.7 se detalla las especificaciones de los equipos que se utilizaron para proceso de elaboración del helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

Equipos de proceso			
Especificaciones técnicas			
Licuidadora	Cocina industrial	Congelador	Refrigerador
<p>Marca: Oster Modelo: BRLY07-Z00-051 Potencia: 600W Industria: México</p>	<p>Marca: DAKO Material: Acero inoxidable Dimensión: 127x324mm Presión: 2.8Kpa Conexión: Gas GNP Industria: Brasil</p>	<p>Marca: LABCOLD Modelo: ULTF130 Potencia: 435W Dimensiones: 92x72x73 cm Capacidad: 130litros Temperatura: -80°C Industria: Reino Unido</p>	<p>Marca: CONSUL Modelo: CRD37B1 Dimensión: 167x60x63cm Frecuencia: 50Hz Tensión: 220V Capacidad: 370 litros Corriente: 1,2 A Industria: Brasil</p>

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Equipos del proceso de elaboración de helado cremosos con extracto líquido de sésamo

3.10.2 Instrumentos de laboratorio

En la figura 3.8 se observan las especificaciones técnicas de los instrumentos de laboratorio que se utilizaron en el trabajo de investigación y se muestran en la figura

(Anexo F), los cuales se encuentran en el laboratorio de la carrera de ingeniería de alimentos.

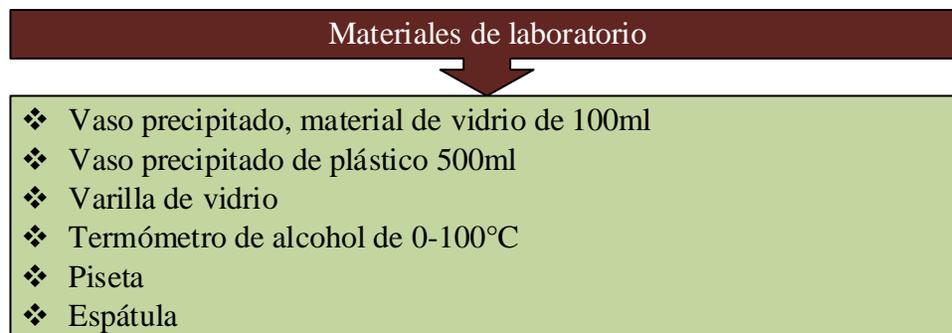
Instrumentos de laboratorio					
Especificaciones técnicas					
Balanza digital	Bureta digital	Refractómetro digital	pH-metro digital	Viscosímetro	Termómetro digital
<p><i>Marca:</i> RADWAG Balances & Scales <i>Modelo:</i> PS4500.R2 <i>Precisión:</i> 0,001g <i>Error:</i> 0,1g <i>Capacidad:</i> Max. 4500g- Min 0,5g <i>Industria:</i> Poland (EU)</p>	<p><i>Marca:</i> JENCONS <i>Modelo:</i> Dgitrate-PRO50 <i>Precisión:</i> 0,2 <i>Medidas:</i> 99x34mm <i>Industria:</i> Poland (EU)</p>	<p><i>Marca:</i> KRUSS <i>Modelo:</i> DR301-95 <i>Rango de medida:</i> 0-95°Brix <i>Precisión:</i> +0,00015nD/0,1°Brix <i>Medida de temperatura:</i> 5-40°C</p>	<p><i>Marca:</i> LAGUA <i>Modelo:</i> B08k0006 <i>Precisión:</i> +-0,003pH <i>Rango:</i> 0-14pH <i>Medida:</i> 170x174x73 mm <i>Industria:</i> Japón</p>	<p><i>Marca:</i> J.P. SELECTA <i>Modelo:</i> STS-2011R <i>Potencia:</i> 15W <i>Frecuencia:</i> 50/60 Hz <i>Tensión:</i> 100/230 V <i>Industria:</i> España</p>	<p><i>Marca:</i> LASERGRIP <i>Temperatura:</i> -50°C-400°C <i>Modelo:</i> GM400 <i>Industria:</i> China</p>

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 Instrumentos de elaboración de helado cremosos con extracto líquido de sésamo

3.10.3 Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio que se utilizaron para la parte experimental del presente trabajo de investigación, se muestran en el anexo F, y se mencionan en la siguiente figura.

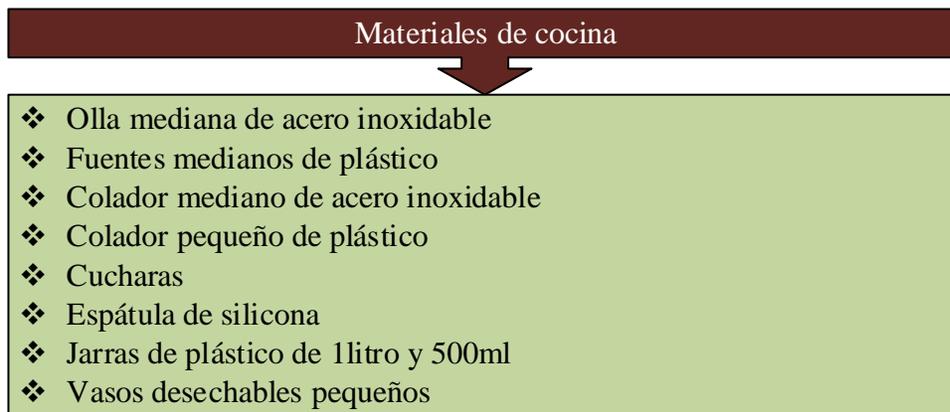


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9 Materiales de laboratorio para la parte experimental del helado

3.10.4 Utensilios de cocina

Los utensilios que se utilizaron para la parte experimental del proceso de elaboración de helado se muestran en el anexo F, y los cuales se mencionan en la siguiente figura 3.10.

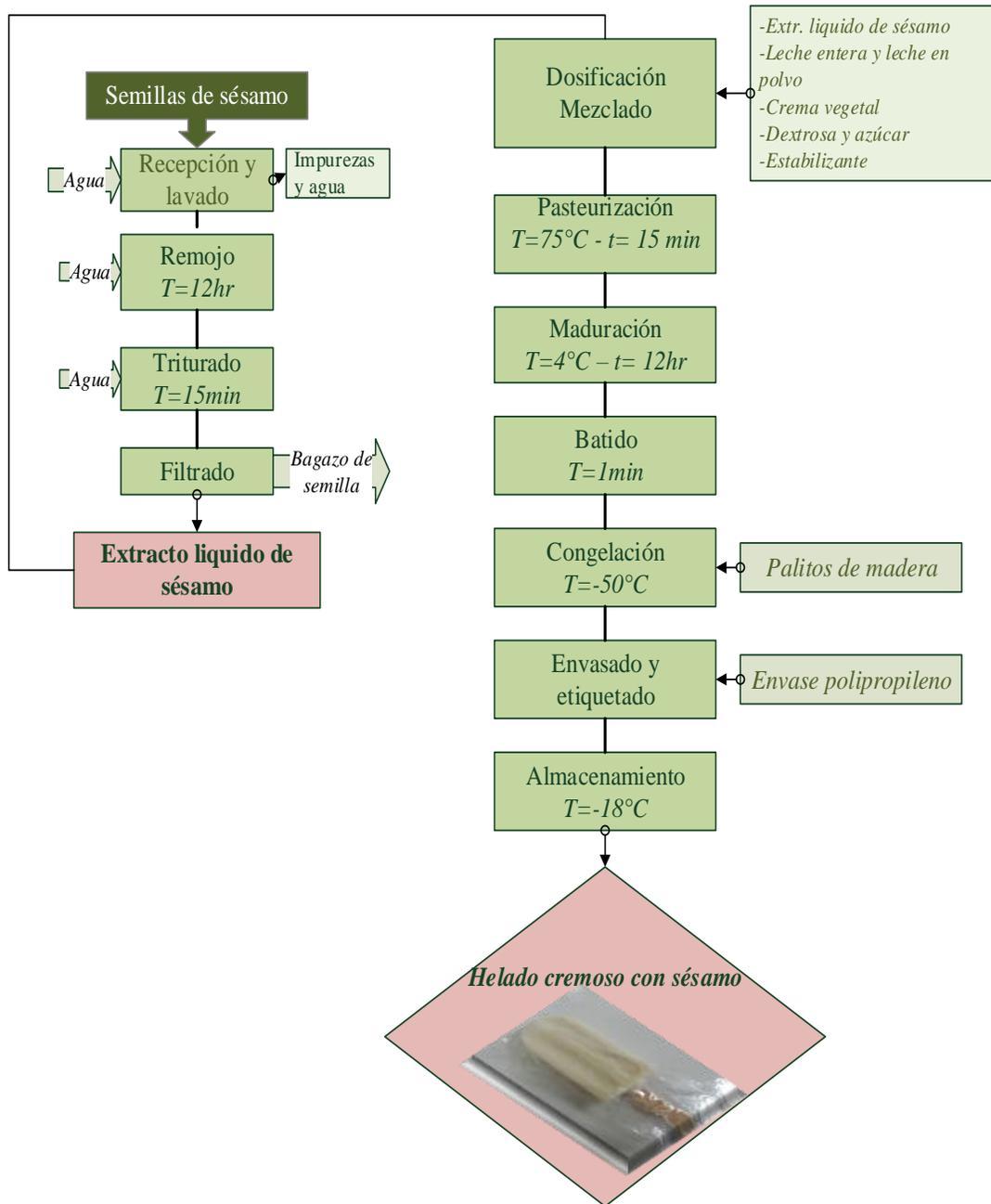


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 Utensilios de cocina utilizados para la parte experimental

3.11 Diagrama del proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

En la figura 3.11, se muestra el diagrama de bloques del proceso de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo a nivel experimental.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11 Diagrama del proceso de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

3.12 Descripción del proceso de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

La descripción de las diferentes etapas que conlleva el proceso de obtención del helado cremoso con extracto líquido de sésamo, se detallan a continuación.

Primera etapa (obtención del extracto líquido de sésamo).

3.12.1 Recepción y lavado

La recepción de las semillas se realiza eliminando todas las impurezas físicas que tiene como los palos, y las semillas dañadas aplicándole bastante agua para separar por densidad todas las impurezas



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.12 Recepción y lavado

3.12.2 Remojo

Las semillas se las pone en remojo en un bol y se los cubre con agua durante 12 horas; para su activación y desactivar ciertos inhibidos enzimáticos para una buena digestión de las semillas. Durante las 12 horas se cambia el agua 3 veces, después se procede a colar con un colador para eliminar el agua.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.13 Remojo

3.12.3 Triturado

El triturado de las semillas se realiza en la licuadora donde se adiciona el 17% de semillas remojadas con 83% de agua en una licuadora para triturarla durante un tiempo aproximado de 15 min.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.14 Triturado

3.12.4 Filtrado

En esta etapa se realiza la separación de las partículas sólidas, utilizando un colador como un filtro que permite el paso del líquido, pero que retiene las partículas sólidas que sería el bagazo del sésamo.



Fuente: Filtrado

Figura 3.15 Filtrado

Segunda etapa

3.12.5 Dosificación y mezclado

Se preparó la materia prima e insumos, pesando en función a la cantidad que se desea realizar, del producto.

Esta etapa de mezclado se realiza con movimientos mecánicos, que tiene como objeto la adecuada distribución de los compuestos, disminuyendo el tamaño y dispersando para obtener una emulsión estable.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.16 Dosificación y mezclado

3.12.6 Pasteurización

Se realizó una pasteurización rápida, posterior al mezclado a temperaturas de 70 – 75°C en un tiempo de 15min, manteniendo el control biológico del helado, destruyendo bacterias patógenas que son adquiridas durante la manipulación de los ingredientes.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.17 Pasteurización

3.12.7 Maduración

Después de pasteurizar, la mezcla, se realiza el reposo por unas doce horas a temperatura de refrigeración de 4°C aproximadamente, con el fin de que se terminen de hidratar las proteínas de leche y estabilizantes. Esto permite el aumento de viscosidad de la base para helado, afectando positivamente la textura del helado y por lo tanto la calidad.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.18 Maduración

3.12.8 Batido

Después del proceso de maduración, la mezcla es batida, aireada en la licuadora durante un tiempo de 1min para su posterior proceso de congelación.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.19 Batido

3.12.9 Congelado

En este proceso se pone la base batida en los moldes para congelar la mezcla rápidamente, a temperatura de -50°C hasta que tenga un congelado medio que es en un tiempo de 40min, para adicionar los palos hidratados, después se termina de congelar durante un tiempo de 2horas.

El congelado de la mezcla es rápido para evitar la formación de cristales grandes de hielo.



Fuente:Elaboración propia

Figura 3.20 Congelado

3.12.10 Envasado y etiquetado

Los helados una vez ya congelados se desmolda con chorros de agua, se extrae los helados para envasarlos en envases de un material de polipropileno de baja densidad. y el etiquetado se realizará de forma manual.



Fuente:Elaboración propia

Elaboración propia

Figura 3.21 Envasado y etiquetado

3.12.11 Almacenamiento

El producto final se almacena a temperatura de -18°C , no debe romperse la cadena de frío.



Fuente:Elaboración propia

Figura 3.22 Almacenamiento

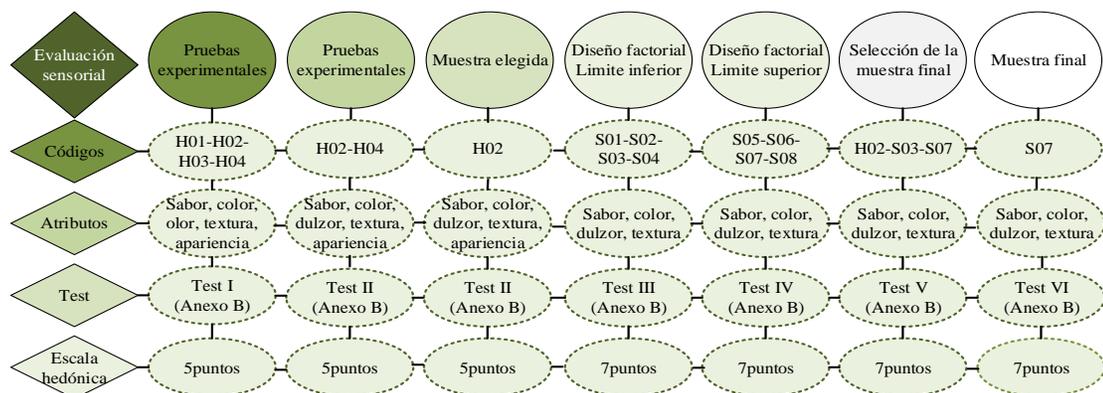
3.13 Análisis sensorial de los alimentos

El análisis sensorial es la caracterización y aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador y de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume (Hernández, 2005.Pag.12)

Según (Ávila et al, 2011) la evaluación sensorial de los alimentos es una herramienta que permite valorar la percepción por parte del consumidor de un producto como un todo, o de un aspecto específico del mismo. en este tipo de pruebas, la información proporcionada por un panel se percibe por los órganos sensoriales de la vista, el olfato, el oído, el gusto y el tacto y los resultados permiten determinar como el procesamiento y la formulación de un producto afecta la aceptabilidad de un alimento.

3.13.1 Aplicación de la evaluación sensorial para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

La evaluación sensorial que se utilizó en el trabajo de investigación fue con el propósito de conocer el agrado o desagrado del producto, se usó escala hedónica de 5 y 7 puntos para la recolección de datos mediante 20 jueces entrenados, con la finalidad de elegir la muestra con los mejores atributos de sabor, color, olor, textura, apariencia. en la figura 3.23, se muestra el proceso de evaluación sensorial en todo el proceso de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23 Esquema del proceso de evaluación sensorial

3.14 Diseño experimental

Se entiende por diseño experimental, al proceso de planear un experimento, tal que se tomen datos apropiados con la mayor realidad posible, los cuales deben ser analizados mediante métodos estadísticos que deriven conclusiones válidas y objetivas; con una alta fidelidad y a un costo mínimo (Armas, 2013).

3.14.1 Diseño factorial 2^k

El diseño factorial 2^k , un experimento en el que intervienen tres factores, A, B y C, cada uno con niveles -1 y +1. Se trata de un experimento factorial 2^k que proporciona ocho combinaciones de tratamientos (1), a, b, c, ab, ac, bc y abc, es evidente la utilidad de la factorial 2^k para el filtrado de factores (Walpole et al., 2012) de la ecuación 3.1.

$$2^k \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Donde:

2= Número de niveles

K=Número de variables

3.14.2 Diseño de 2^3 factores para la dosificación del proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En el trabajo de investigación de helado cremoso con extracto líquido de sésamo, los factores tomados en cuenta en el diseño experimental, se detallan en la tabla 3.1, donde se muestra la matriz del diseño con los niveles de variación de los factores utilizados en la etapa de dosificación.

Tabla 3.1

Nivel de variación de los factores en el proceso de dosificación

Variables	Nivel inferior (%)	Nivel superior (%)
Extracto líquido de sésamo (A)	40,09 (-)	44,09 (+)
Dextrosa (B)	2,12 (-)	6,12 (+)
Crema vegetal (C)	6,28 (-)	10,28 (+)

Fuente: Elaboración propia

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ pruebas}$$

En la tabla 3.2, se muestra la disposición matricial de las variables respuestas que se controlaron en la etapa de dosificación para la obtención del helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

Tabla 3.2

Matriz de variables del diseño factorial en el proceso de dosificación

Pruebas	Combinación	Variables			Interacciones				Respuesta
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC	(Y _i)
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁
2	A	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂
3	B	-	+	-	-	+	-	+	Y ₃
4	Ab	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄
5	C	-	-	+	+	-	-	-	Y ₅
6	Ac	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆
7	Bc	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇
8	Abc	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Donde:

(Y_i) = Sólidos solubles (Grados Brix)

(Y_j) = pH

(Y_k) = Acidez

3.15 Operacionalización de las variables del presente proyecto de investigación

Avalos (2014), explica que, la operacionalización de las variables comprende la desintegración de los elementos que conforman la estructura de la hipótesis y de manera especial a las variables y precisa que la operacionalización se logra cuando se descomponen las variables en dimensiones y estas a su vez son traducidas en indicadores que permitan la observación directa y la medición. Afirma que la operacionalización de las variables es fundamental porque a través de ellas se precisan los aspectos y elementos que se quieren cuantificar, conocer y registrar con el fin de llegar a conclusiones.

En la tabla 3.3 .se detalla el procedimiento de la operacionalización de variables para su cuantificación del proyecto de investigación helado cremoso con extracto liquido de sésamo.

Tabla 3.3

Operacionalización de las variables del proyecto de investigación

Hipótesis	Variables		Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
La metodología experimental en el proceso de congelación a ser aplicado ayudara en la obtención de helado cremoso con extracto liquido de sésamo, a fin de obtener un producto nuevo, de calidad para la población en general de Tarija.	<i>Variable independiente – efecto</i>	Proceso de congelación	El congelamiento consiste en la reducción de la temperatura, generalmente en el rango de – 2 a – 18°C o menos, cristalización de parte del agua y de algunos de los solutos que componen el alimento (Velasco, 2008).	Triturado	Tiempo (<i>seg-min</i>)
				Dosificación	%
				Pasteurización	-Tiempo (<i>minutos</i>) -Temperatura (°C)
				Maduración	-Tiempo (<i>horas</i>) -Temperatura (°C)
				Congelación	-Tiempo (<i>horas</i>) -Temperatura (°C)
	<i>Variable dependiente – causa</i>	Helado	Producto alimenticio higienizado, edulcorado, obtenido a partir de una emulsión de grasas y proteínas, con adición de otros ingredientes y aditivos permitidos, sometidos a congelamiento con batido o sin él, en condiciones de almacenamiento, transporte y consumo final (IBNORCA, 2016).	fisicoquímicos	Humedad (%)
					Ceniza (%)
					Materia grasa (%)
					Proteína total (%)
					Fibra cruda (%)
					Carbohidratos (%)
					Valor energético (<i>Kcal/100g</i>)
					Rancidez (<i>pos/neg</i>)
					Acides (%)
					Ph
				Solidos solubles (<i>°Brix</i>)	
				Calcio (<i>mg/100g</i>)	
				Microbiológico	Bacterias aerobias (<i>UFC/ml</i>)
					Coliformes totales (<i>UFC/ml</i>)
Escherichiacoli (<i>UFC/ml</i>)					
Organoléptico	Mohos y levaduras (<i>UFC/ml</i>)				
	Sabor, color, olor, dulzor, textura, apariencia. (<i>Escala hedónica</i>)				

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

4.1 Caracterización del extracto líquido de sésamo, para uso en la elaboración de helado cremoso

En la caracterización del extracto líquido de sésamo y el producto final, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se detallan a continuación:

4.1.1 Análisis Fisicoquímico del extracto líquido de sésamo

En la tabla 4.1, se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo, CEANID, los datos presentes se extrajeron del anexo A.

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	33,60
Sodio	mg/100g	37,00
Ceniza	%	0,25
Fibra	%	n.d
Materia grasa	%	0,50
Hidratos de carbono	%	1,09
Humedad	%	96,83
Proteína total (Nx6,25)	%	1,33
Rancidez	pos/neg	Negativo
Valor Energético	Kcal/100g	14,18

Fuente: CEANID, 2022

De acuerdo a la tabla 4.1, presenta los resultados del análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo el cual se observa lo siguiente: Calcio 33,6 mg/100g, sodio 37mg/100g, ceniza 0,25%, fibra n.d., materia grasa 0,50%, Hidratos de carbono 1,09%, humedad 96,83%, proteína total (Nx6,25) 1,33%, rancidez (negativo) pos/neg, valor energético 14,18Kcal/100g.

En la tabla 4.1.1 se muestra los resultados obtenidos de los parámetros de acidez, pH, y sólidos solubles, determinados del extracto líquido de sésamo.

Tabla 4.1.1

Análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo

Parámetros	Unidad	Resultado
Ph	-	6,642
Acidez titulable	%	0,018
Sólidos solubles	°Brix (%)	2,600

Fuente: LDIA, 2022

De acuerdo a la tabla 4.1.1, se determinó un pH de 6,642, acidez 0,018 y los sólidos solubles 02,6%, del extracto líquido de sésamo para dato de información.

4.1.2 Análisis microbiológico del extracto líquido de sésamo

La tabla 4.2, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico del extracto líquido de sésamo, los datos fueron extraídos del anexo A.

Tabla 4.2

Análisis microbiológico del extracto líquido de sésamo

Microorganismos	Unidad	Resultado
Bacterias mesofilas aerobias viables	UFC/ml	$1,3 \times 10^3$
Coliformes totales	UFC/ml	$8,0 \times 10^1$
Escherichia coli	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/ml	$4,4 \times 10^2$

Fuente: CEANID, 2022

(*) No se observa desarrollo de colonias

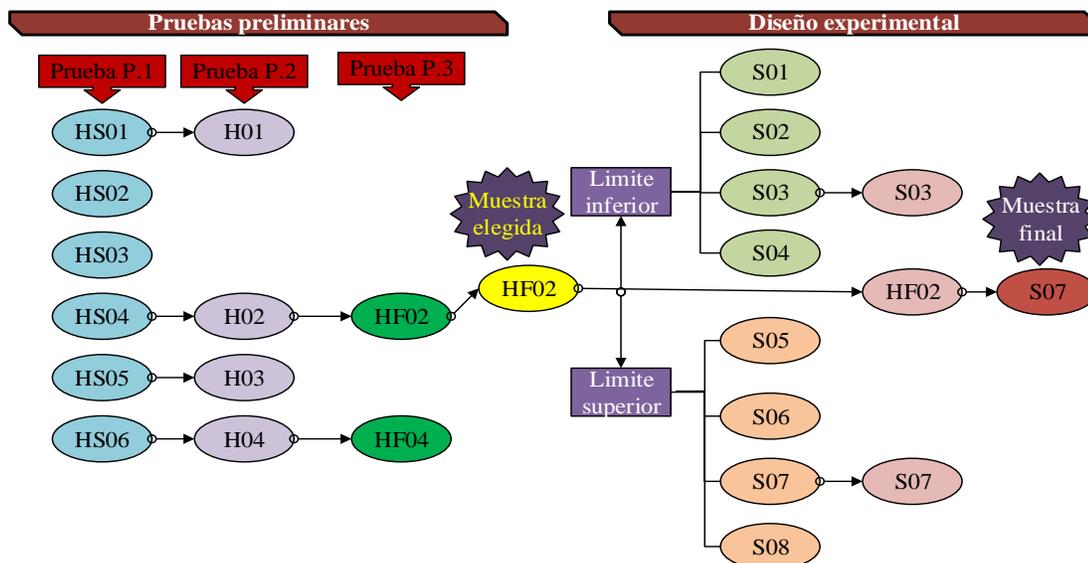
Según la tabla 4.2, se observa los resultados microbiológicos obtenidos por CEANID, del extracto líquido de sésamo, el cual se despliega: bacterias mesofilas aerobias viables $1,3 \times 10^3$ UFC/ml, coliformes totales $8,0 \times 10^1$ UFC/ml, escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $4,4 \times 10^2$ UFC/ml.

4.2 Caracterización de las variables del proceso de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

Para la caracterización de las variables del proceso en la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo, se tomaron en cuenta pruebas preliminares con el fin de obtener la metodología que permita su elaboración.

4.2.1 Pruebas preliminares de evaluación sensorial para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación de las pruebas preliminares que se realizaron; inicialmente fueron seis muestras codificadas como; HS01, HS02, HS03, HS04, HS05 Y HS06, variando la cantidad en la dosificación de cada muestra, el cual se especifica en la tabla 4.3. derivando las muestras HS01, HS04, HS05 y HS06, los que fueron recodificados como H01, H02, H03 y H04 y de esta segunda prueba experimental surgieron dos muestras con códigos H02 Y H04, que estarían dentro de la tercera prueba preliminar, procediendo se obtuvo la muestra elegida H02. en la figura 4.1 se muestran las diferentes pruebas preliminares realizadas para profundizar el diseño experimental.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1 Esquema de las pruebas preliminares para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

4.2.2 Primera prueba preliminar de evaluación sensorial en la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

Para la elaboración del trabajo de investigación se considera como referencia los principios básicos de elaboración de helados (Palma et al.,2020), con la finalidad de obtener la metodología experimental. se efectuaron seis muestras, considerando como base el extracto líquido de sésamo, leche, leche en polvo, crema vegetal, azúcar y otros. En la tabla 4.3, indica la dosificación de las diferentes muestras elaboradas.

Tabla 4.3

Variación de dosificación en la elaboración de helado con sésamo

Materia prima-insumos	Rango	Unidad
Leche de sésamo/sésamo molido	40-80	%
Leche	55-60	%
Crema vegetal	20-30	%
Crema animal	20-25	%
Yema de huevo	7-12	%
Azucares	24-30	%
Otros	1	%

Fuente: Elaboración propia

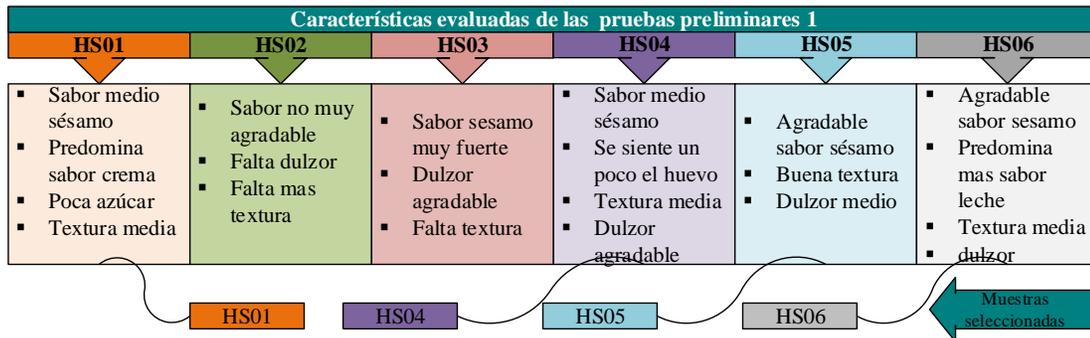
En la figura 4.2 se detallan las seis muestras de helado, de acuerdo a los rangos de dosificación de la tabla 4.3,

Dosificación para las pruebas preliminares 1					
HS01(%)	HS02(%)	HS03(%)	HS04(%)	HS05(%)	HS06(%)
Ext. sésamo 52 Leche 10 Crema vegetal 31 Azúcar 5 Dextrosa 1 Liga neutra 1	Ext. sésamo 46 Leche 10 Crema animal 36 Azúcar 6 Dextrosa 1 Liga neutra 1	Sésamo molido 72 Leche 10 Azúcar 15 Dextrosa 1 Liga neutra 1	Ext. sésamo 40 Leche 28 Leche polvo 10 Yema huevo 12 Azúcar 4 Dextrosa 5 Liga neutra 1	Ext. Sesamo semitostado 48 Leche 22 Leche polvo 15 Crema vegetal 5 Emustab 1 Azúcar 4 Dextrosa 4 Liga neutra 1	Ext. sésamo 46 Leche 23 Leche polvo 22 Emustab 1 Azúcar 3 Dextrosa 4 Liga neutra 1

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Dosificación para las pruebas preliminares de helado

Las seis muestras presentes, fueron sometidas a evaluación sensorial, calificada de manera subjetiva por personal de Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos la valoración observada se muestra en la figura 4.3.



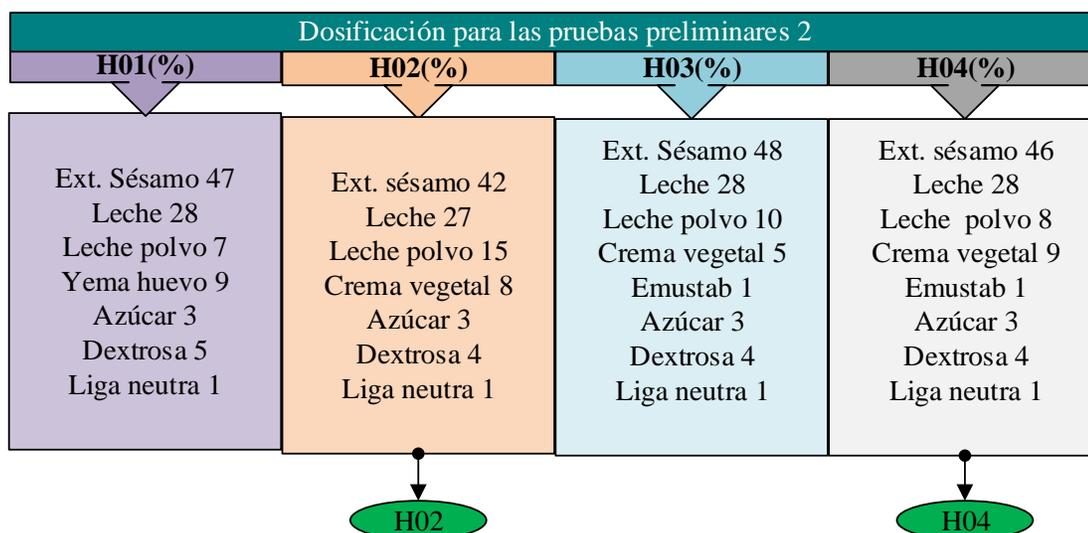
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Características evaluadas de las pruebas preliminares de helado

Según la figura 4.3, en base a la valoración realizada por el personal del Laboratorio de Carrera de Ingeniería de Alimentos, se pudo observar que las muestras HS01, HS04, HS05 y HS06 fueron los de más preferencia de acuerdo al equilibrio de sabor sésamo, textura más agradable (menos formación de cristales), y en cuanto al dulzor tuvieron más aceptación a comparación que las muestras HS02 y HS03 que presentaron un sabor a sésamo muy fuerte, mucha formación de cristales y dulzor muy bajo.

4.2.3 Segunda prueba preliminar de evaluación sensorial en la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En esta segunda prueba preliminar se tomaron en cuenta las muestras seleccionadas de la primera prueba preliminar, las muestras HS01, HS04, HS05 y HS06, que fueron recodificadas con H01, H02, H03 y H04, tomando en cuenta las dosificaciones de la tabla 4.3, modificando la cantidad del estrato líquido de sésamo, el porcentaje y tipo de emulsificantes por parte de las grasas en el helado, para poder obtener la textura, y también se trabajó con el dulzor, el porcentaje de azúcar que es muy importante en el Producto, esto de acuerdo a las observaciones que se realizaron en la evaluación subjetiva de las primeras muestras.



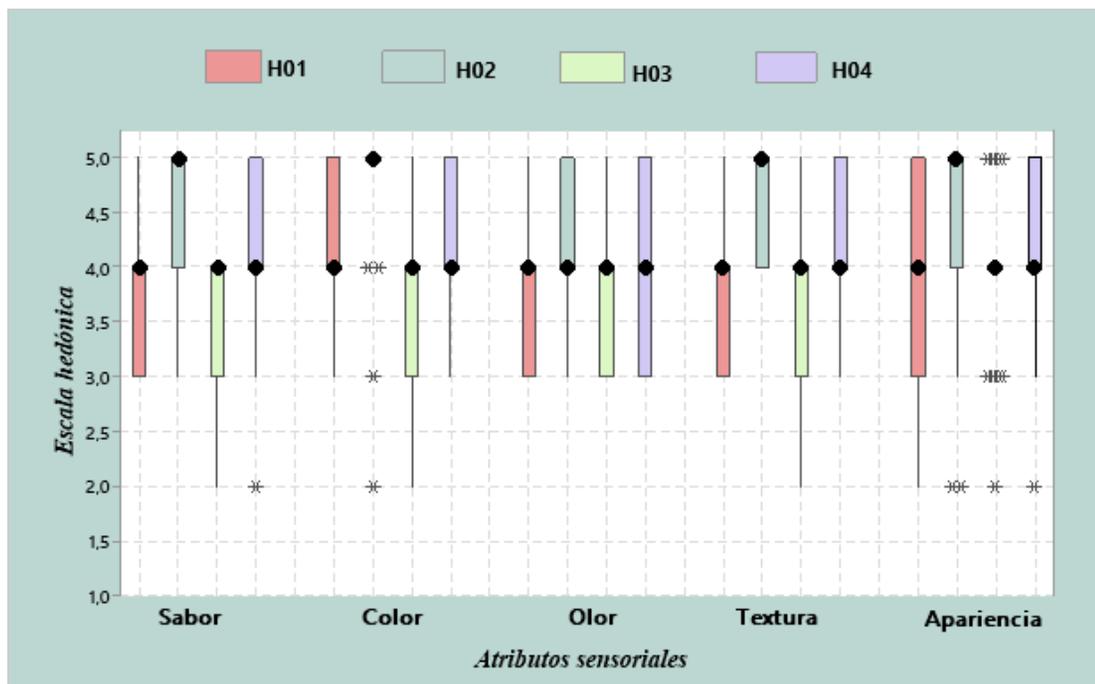
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Dosificación para las pruebas preliminares 2

En base a las muestras de la figura 4.4, se procede a realizar la evaluación sensorial con una escala de cinco puntos, donde se valoran los atributos: sabor, color, olor, textura, apariencia.

4.2.3.1 Estadístico caja y bigote de pruebas preliminares en la dosificación de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo (prueba 2)

En la figura 4.5, se muestra el estadístico caja y bigote de la segunda prueba experimental, datos que fueron extraídos del anexo C, para los atributos: Sabor (tabla C.2), color (tabla C.7), olor (tabla C.12), textura (tabla C.17), y apariencia (tabla C.22), para evaluar los análisis estadísticos de resultados, de cada muestra en la dosificación del helado cremoso con extracto líquido de sésamo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Caja y bigote en la variación en la dosificación del tipo de emulsificante, en la segunda prueba preliminar.

Como se puede observar en la figura 4.5, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, de acuerdo al conjunto de datos obtenidos en sabor 5.0 (H02), color 5,0 (H02), olor 4,0 (H02), textura 5.0 (H02), lo que indica que la muestra más relevante es la H02 ya que presentan una mediana de puntuaciones de 5,0 extremo superior y extremo inferior 4,0 de la caja de bigote, en relación a las demás muestras en cada atributo , lo que indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 a 5 de la escala hedónica.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos del (anexo C), tabla C.3, tabla C.8, tabla C.13, tabla C.18, tabla C.23; atributos (sabor, color, olor, textura, apariencia), se observó que $F_{cal} > F_{tab}$, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada, existiendo evidencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia $\alpha=0,05$, prosiguiendo a la realización del análisis estadístico de Tukey.

4.2.3.2. Estadístico de Tukey para atributo sabor, color, olor, textura y apariencia de las muestras en la segunda prueba preliminar

En la tabla 4.4, se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey, para el atributo sabor, datos extraídos de la tabla C.3, (anexo C).

Tabla 4.4

Estadístico de Tukey para atributo sabor

Factor	N	Media	Agrupación	
H02	23	4,609	A	
H04	23	4,261	A	
H01	23	3,696		B
H03	23	3,478		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.6, se evidencia que existe diferencia significativa entre los tratamientos, H04-H03, H02-H03, H02-H01, H04-H01. Sin embargo entre los tratamientos H02-H04 y H01-H03; no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

En la tabla 4.5, se muestra los resultados del estadístico Tukey para atributo color en las pruebas experimentales, datos extraídos de la tabla C.10 (anexo C).

Tabla 4.5

Estadístico de Tukey para atributo color

Factor	N	Media	Agrupación		
H02	23	4,696	A		
H04	23	4,435	A	B	
H01	23	4,043		B	C
H03	23	3,826			C

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos demostrados en la tabla 4.5, existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras H02- H03. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

En la tabla 4.6, se muestra los resultados del estadístico Tukey para atributo olor, en las pruebas experimentales, datos extraídos de la tabla C.15 (anexo C).

Tabla 4.6

Estadístico de Tukey para atributo olor

Factor	N	Media	Agrupación
H02	23	4,217	A
H04	23	4,000	A
H01	23	3,783	A
H03	24	3,708	A

Fuente: Elaboración propia

Según datos de la tabla 4.6, se puede observar que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, ya que comparten la letra no son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

En la tabla 4.7, muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo textura, datos derivados de la tabla C.20 (anexo C)

Tabla 4.7

Estadístico de Tukey para atributo textura

Factor	N	Media	Agrupación		
H02	23	4,6957	A		
H04	23	4,3040	A	B	
H01	23	3,9130		B	C
H03	23	3,6520			C

Fuente: Elaboración propia

En relación a la tabla 4.7, se puede analizar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras H02 y H04 las muestras H01, H03 para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Según el análisis estadístico la muestra preferida según los jueces fueron H02 y H04 por presentar mejores atributos sensoriales (sabor, color, olor, textura, apariencia).

En la tabla 4.8, se muestra los resultados de análisis estadístico de Tukey para el atributo apariencia, datos sacados de la tabla C.25 (anexo C).

Tabla 4.8

Estadístico de Tukey para atributo apariencia

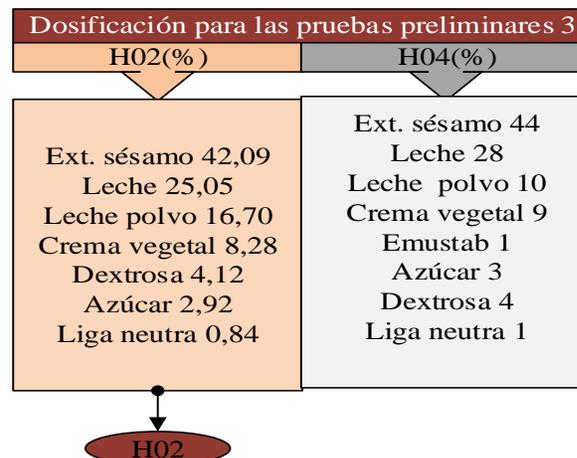
Factor	N	Media	Agrupación
H02	23	4,478	A
H04	23	4,304	A
H01	23	3,957	A
H03	23	3,913	A

Fuente: Elaboración propia

Según la perspectiva y análisis de la tabla 4.8, no existe diferencia estadística en cuanto al atributo apariencia, para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Observando claramente que las muestras H02 y H04 son de mayor preferencia por parte de los jueces en cuanto al valor de la media.

4.2.4 Tercera prueba preliminar de helado cremoso con extracto liquido de sésamo para la selección de la muestra elegida

De acuerdo a la secuencia de las evaluaciones sensoriales anteriores, se obtuvo como resultantes las muestras preferidas H02 y H04. de acuerdo a las críticas recibidas por los jueces se realiza un ajuste en las dosificaciones, de los insumos para obtener la muestra elegida.



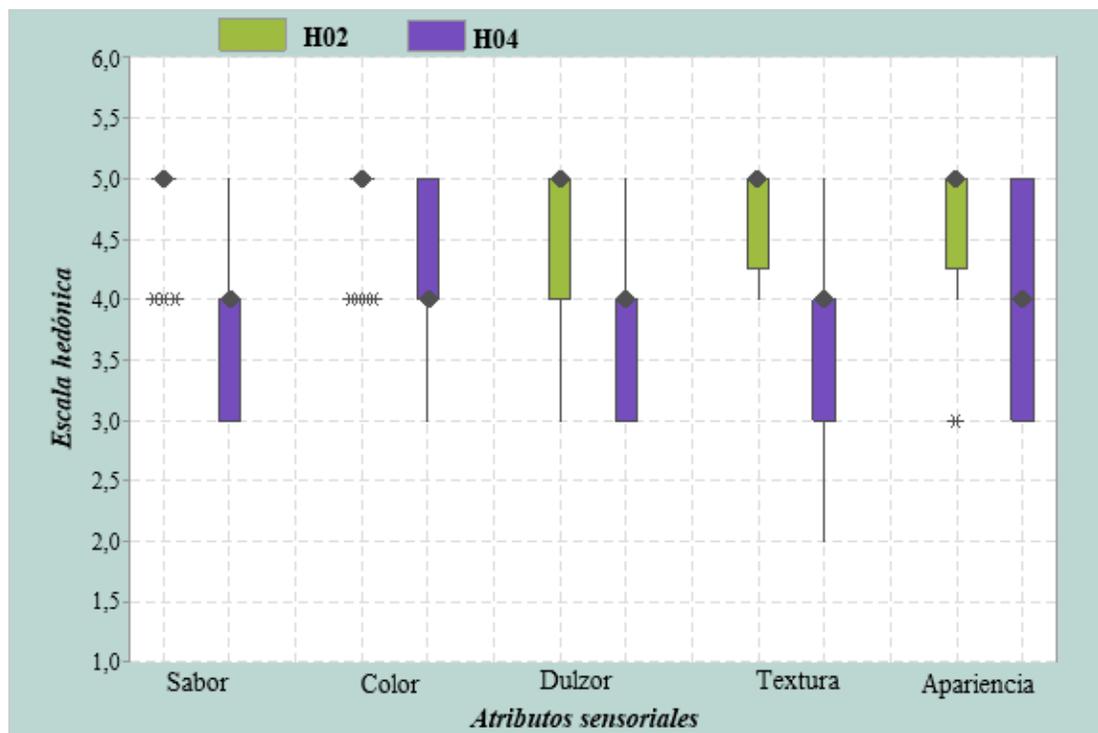
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Prueba preliminar en la dosificación para selección de la muestra elegida

En base a las muestras de la figura 4.6, se procedió a realizar evaluación sensorial con una escala hedónica de cinco puntos donde se valoró la aceptabilidad de los atributos (sabor, color, dulzor, textura y apariencia) por parte de los jueces.

4.2.4.1 Estadístico caja y bigote de pruebas preliminares en la dosificación de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo para la selección de la muestra elegida

En la figura 4.7, muestra los datos analizados estadísticos de caja y bigote de las muestras evaluadas, los datos fueron analizados de acuerdo a los valores de la tabla C.27, C. 32, C.37, C.42 y C.47, (anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Caja y bigote en la variación en la dosificación para seleccionar la muestra elegida.

De acuerdo al análisis de resultados de las medianas en función de los atributos que se observa en la gráfica de caja y bigote (figura 4.7), indica que la muestra H02, con valor de la mediana de (5.0) en todos los atributos, demostrándose una mayor aceptación por parte de los jueces evaluadores.

Así también, realizando el análisis estadístico de varianza se evidencio que si existe diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.2.4.2. Estadístico de Tukey para atributo sabor, color, dulzor, textura y apariencia, para la selección de la muestra elegida en la prueba preliminar

Sobre la base de datos de la tabla 4.9, presenta los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor que fueron extraídos del anexo C.

Tabla 4.9

Estadístico de Tukey para atributo sabor

Factor	N	Media	Agrupación	
H02	20	4,850	A	
H04	20	3,750		B

Fuente: Elaboración propia

En acorde a los datos de la tabla 4.9, se observa que existe diferencia estadística entre las muestras H02 y H04. las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Sobre la base de datos de la tabla 4.10, refleja los resultados del análisis estadístico de Tukey para atributo color tabla obtenida del anexo C.

Tabla 4.10

Estadístico de Tukey para atributo color

Factor	N	Media	Agrupación	
H02	20	4,80	A	
H04	20	4,20		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.10, se puede evidenciar que la muestra H02 y H04 presentan diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha=0,05$; en cuanto al atributo color, dando una perspectiva de la muestra ganadora H02 de acuerdo a la preferencia de los evaluadores.

En la tabla 4.11 se muestra los resultados de análisis estadístico de Tukey para el atributo dulzor, tabla extraída del (anexo C).

Tabla 4.11

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras, atributo dulzor

Factor	N	Media	Agrupación	
H02	20	4,55	A	
H04	20	3,80		B

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.11 se observa que, si existe diferencia significativa entre la muestra H02 y H04 en relación al atributo dulzor, demostrando los jueces, mayor aceptación por la muestra H02 con una media de 4,550 en relación a la escala hedónica de cinco puntos.

Sobre la base de datos de la tabla 4.12, detalla los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo Textura, datos que fueron extraídos del anexo C.

Tabla 4.12

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras, atributo textura

Factor	N	Media	Agrupación	
H02	20	4,55	A	
H04	20	3,80		B

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla 4.12, que existe diferencia significativa entre las muestras H02-H04. las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

En base a la tabla 4.13, se puede evidenciar los resultados del estadístico Tukey para el atributo apariencia en muestras experimentales, estos datos fueron sustraídos del anexo C.

Tabla 4.13*Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras*

Factor	N	Media	Agrupación	
H02	20	4,70	A	
H04	20	4,05		B

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de la prueba simultanea de Tukey, tabla 4.13; se evidencia que entre los factores H02-H04 existe diferencia significativa para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. sin embargo, el tratamiento H02 según el valor de la media obtenida 4,700, se tiene como la muestra elegida por los jueces evaluadores.

4.2.5 Diseño factorial 2^3 de las variables en la etapa de dosificación de helado cremoso con extracto liquido d sésamo

La aplicación del diseño factorial para el helado con extracto liquido de sésamo, se realiza la aplicación en base a la muestra elegida H02 (figura 4.1), considerando las variables: Porcentaje de extracto de sésamo (A), Porcentaje de dextrosa (B), y el porcentaje de crema vegetal (C), factores influyentes en la dosificación de la emulsión. la variable respuesta es determinada durante se tiene a los sólidos solubles, acidez, pH en las muestras.

De acuerdo a la metodología del diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación, se obtuvo resultados del análisis de varianza del diseño 2^3 , para la variable respuesta de solidos solubles (tabla G.1) del programa, StatGraphics (Centurión XVI) para Windows, los resultados obtenidos se detallas a continuación:

Tabla 4.14*Análisis de varianza para la variable respuesta sólidos solubles*

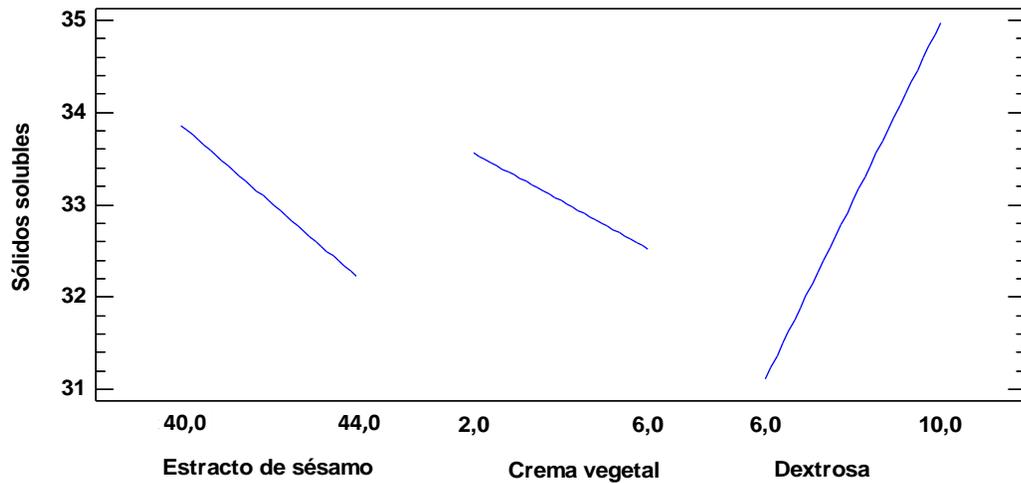
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (Gl)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A:Extracto de sésamo	10,72560	1	10,72560	80,35	0,0000
B:Dextrosa	4,30563	1	4,30563	32,26	0,0008
C:Crema vegetal	59,67560	1	59,67560	447,07	0,0000
Interacción AB	3,51563	1	3,51563	26,34	0,0014
Interacción AC	0,52563	1	0,52563	3,94	0,0876
Interacción BC	18,27560	1	18,27560	136,91	0,0000
Interacción ABC	1,38062	1	1,38062	10,34	0,0147
Error total	0,93438	7	0,13348	-	-
Total	99,47940	15	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, según el análisis de varianza se observa que para los factores (A,B y C) e interacción A-B, A-C, B-C, existe diferencia significativa ya que se tiene que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto se rechaza la hipótesis planteada y se puede aseverar que los factores e interacciones son significativos en la etapa de dosificación para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; en la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

4.2.5.1 Variable respuesta sólidos solubles en la etapa de dosificación de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En la figura 4.8 extraído del anexo G, se muestra la gráfica de los efectos principales para la variable respuesta sólidos solubles % de los factores: extracto líquido de sésamo (A), dextrosa (B), crema vegetal (C), para el proceso de dosificación en la obtención del helado.

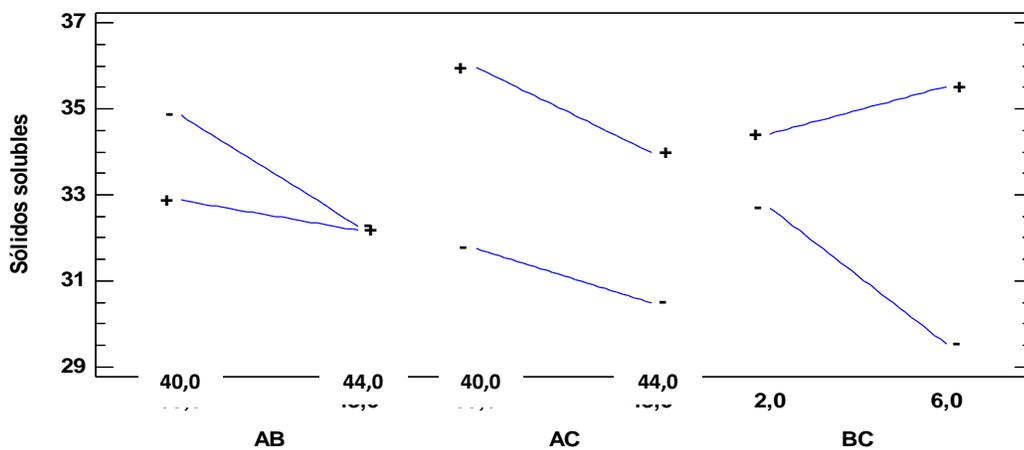


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8 Efectos principales para solidos solubles

En base a la figura 4.8, se puede observar que los factores: Dextrosa (B) incide significativamente en los sólidos solubles en un nivel alto y bajo; en comparación con los factores de extracto de sésamo (A) y crema vegetal (C) que influyen, pero no significativamente sobre los sólidos solubles.

En la figura 4.9, se observa la gráfica de interacción de factores en relación a la variable respuesta de solidos solubles, extracto sésamo - dextrosa(AB), extracto sésamo-crema vegetal (AC), dextrosa-crema vegetal (BC).

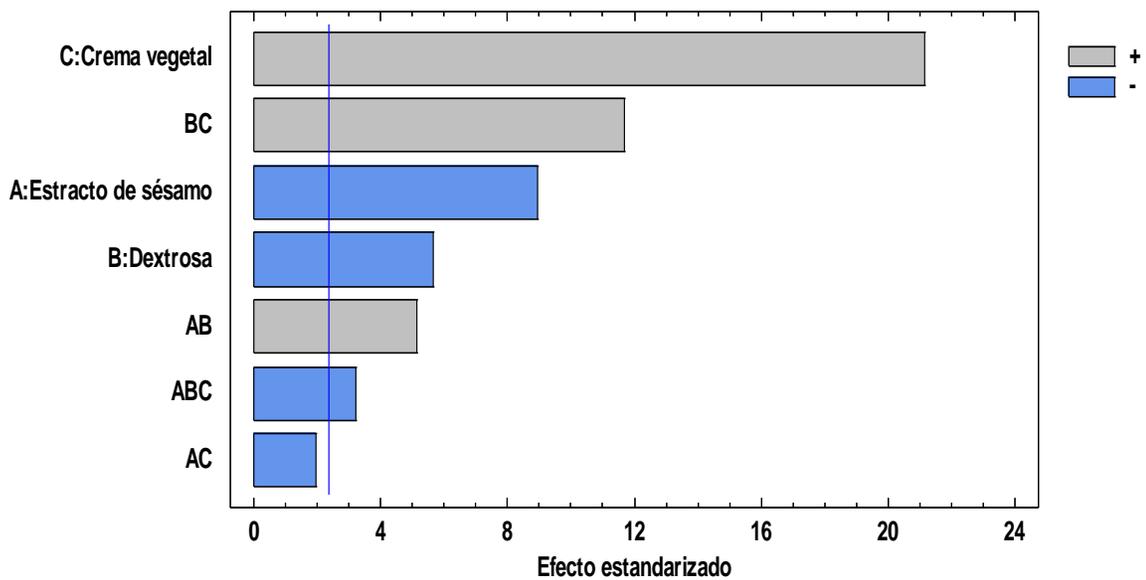


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9 Interacción de factores para solidos solubles

Según la figura 4,9 extraído del anexo G (figura G.2), se puede observar que si existe interacción en el factor (AB) cuando el porcentaje de extracto líquido de sésamo se encuentra en su nivel alto (44%), es decir que el contenido de extracto de sésamo agregado según los niveles de variación de acuerdo al diseño puede llegar a influir y a ser significativo en los sólidos solubles haciendo que disminuya o aumente en función al extracto de sésamo adicionado. En el factor (AC) no existe interacción, observándose dos líneas semi paralelas. Así también, en el factor (BC) si existe una aproximación de interacción en un nivel bajo (2%).

En la figura 4.10, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado obtenido del anexo



G (figura G.3), para los factores implicados en el diseño; en consecuencia la significancia estadística lo determina la línea vertical referencia con un valor de 2,5 y por lo tanto las barras que sobrepasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 Diagrama de Pareto estandarizado para sólidos solubles

De acuerdo a la figura 4,10, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores crema vegetal (C), extracto de sésamo (A), y dextrosa (B) y las interacciones BC (dextrosa-crema vegetal), AB (Extracto de sésamo-dextrosa), ABC (extracto de sésamo-dextrosa- crema vegetal) , AC (extracto de sésamo-crema vegetal); son estadísticamente significativos, debido a que las barras de los factores sobrepasan la línea de referencia para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.2.5.2 Variable respuesta pH en la etapa de dosificación de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En la aplicación del diseño experimental se tomaron en cuenta como variables los porcentajes de extracto líquido de sésamo (A), dextrosa (B) y crema vegetal (C), como variable respuesta pH.

En base a la aplicación del diseño factorial en la etapa de dosificación de acuerdo a los resultados del análisis estadístico de la variable respuesta pH; los datos expuestos en la tabla (4.15) extraído del anexo G, los cálculos se realizaron en la aplicación de Statgraphics para Windows.

Tabla 4.15

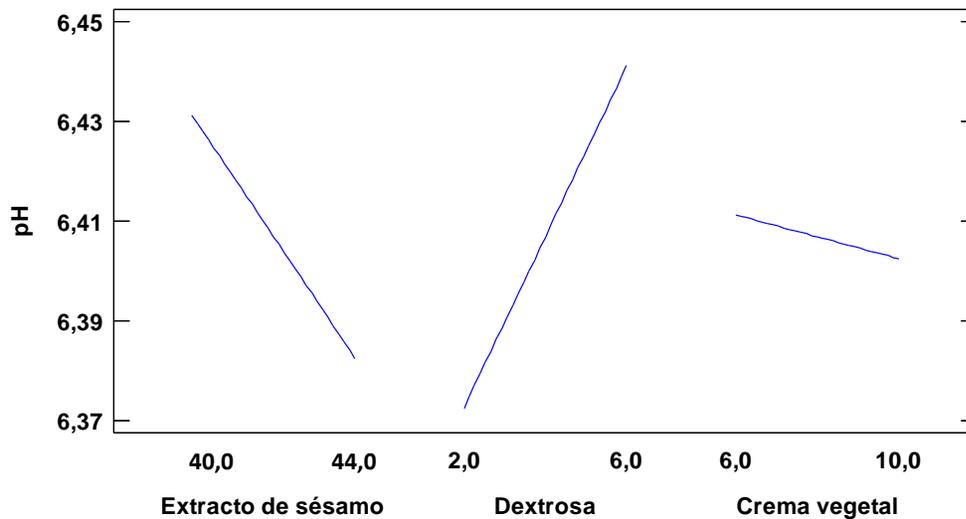
Análisis de varianza para la variable respuesta pH

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A:Extracto de sésamo	0,0095063	1	0,0095063	3,38	0,1086
B:Dextrosa	0,0189062	1	0,0189062	6,72	0,0358
C:Crema vegetal	0,0003063	1	0,0003063	0,11	0,7511
AB	0,0018063	1	0,0018063	0,64	0,4493
AC	0,0297562	1	0,0297562	10,58	0,0140
BC	0,0390063	1	0,0390063	13,86	0,0074
ABC	0,0039063	1	0,0039063	1,39	0,2772
Error total	0,0196937	7	0,0028134	-	-
Total (corr.)	0,3605440	15	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados que fueron obtenidos del análisis de varianza para la variable respuesta pH, que se detalla en la tabla 4.15, se deduce que para los factores A,B, C y las interacciones AB, AC, BC Y ABC, existe significancia en la varianza de los factores analizados para un nivel de significancia de $\alpha= 0,05$, en la etapa de dosificación del proceso.

En base a los datos analizados, se muestra la figura 4.11 donde se muestran los efectos principales factores A (extracto de sésamo), B (dextrosa), y C (crema vegetal) con relación a la variable respuesta analizada.

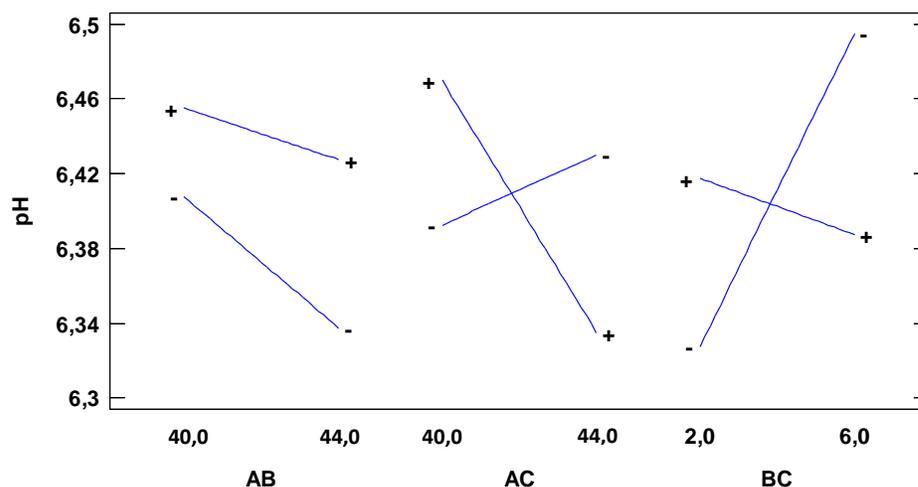


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11 Efectos principales para pH

De acuerdo a la gráfica (4.11) de los efectos principales para pH, el factor B dextrosa incide significativamente en la variable respuesta cuando se encuentra en su valor alto y bajo; en cuando a los factores A (extracto de sésamo) y C (crema vegetal) no inciden significativamente en el pH en su nivel alto y bajo.

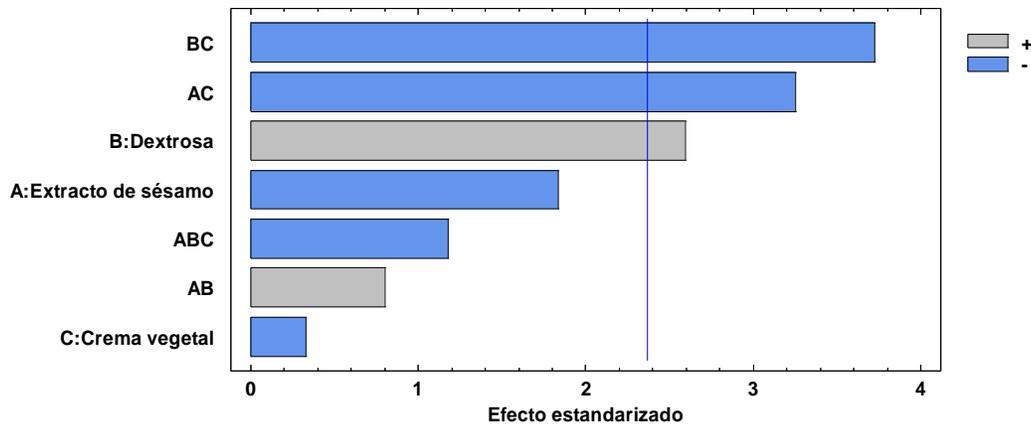
La siguiente grafica muestra la interacción de factores para pH, extracción de figura 4.12, fue del anexo G (figura G.2.2).



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.12 Interacción de factores para pH

En función a la figura 4.12 se observa que existe interacción en los tratamientos AC cuando el porcentaje de dextrosa se encuentra en su nivel alto (44%), y en cuanto a la interacción BC, afirmativa para un nivel bajo (2%) de crema vegetal, lo que refiere que estos dos factores pueden influir significativamente en el pH disminuyan o aumenten en función de dextrosa o crema vegetal adicionado en la dosificación. Así también mencionar que no existe interacción significativa en el factor extracto sésamo para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

En la próxima figura 4.13 se plasma el grafico de diagrama de Pareto estandarizado para pH, figura extraído del anexo G, en consecuencia, la significancia estadística lo determina la línea vertical, que delimita la significancia, las barras de los efectos que sobrepasan la línea vertical son estadísticamente significativos para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13 Diagrama de Pareto estandarizado para pH

Según la figura 4.13, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente donde se observa la interacción de factores BC, AC y el factor B (dextrosa), sobrepasan la línea vertical de referencia lo que indica que hay significancia estadística para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. en cuanto a los demás efectos e interacciones no existe significancia estadística debido a que no cruzan la línea de referencia.

4.2.5.3 Variable respuesta acidez en la etapa de dosificación de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En cuanto a la tabla 4.16, que muestra los resultados del análisis de varianza en función de la acidez del diseño factorial 2^3 , donde se tiene datos de los valores obtenidos en las pruebas experimentales y de acuerdo a la herramienta de análisis de datos Statgraphics Centurión se obtiene resultados para ver si se acepta o rechaza la hipótesis.

Tabla 4.16

Análisis de Varianza para Acidez

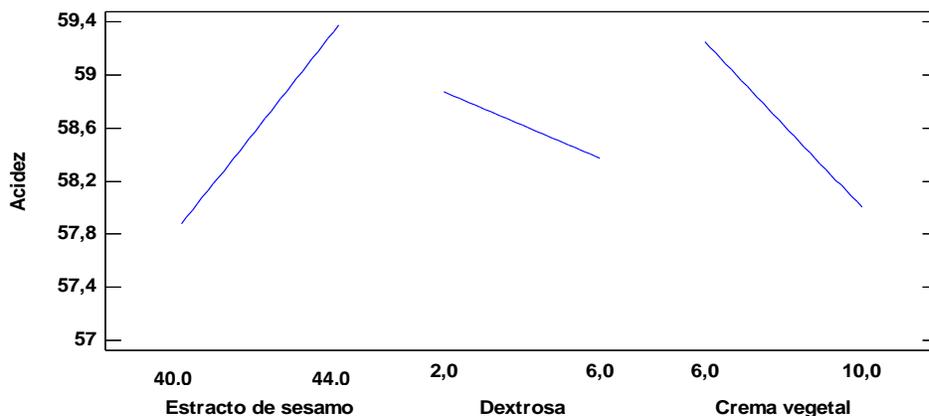
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A:Extracto de sésamo	0,0000090	1	0,0000090	1,03	0,3433
B:Dextrosa	0,0000010	1	0,0000010	0,11	0,7447
C:Crema vegetal	0,0000063	1	0,0000063	0,72	0,4251
AB	0,0000063	1	0,0000063	0,72	0,4251
AC	0,0000090	1	0,0000090	1,03	0,3433
BC	0,0000490	1	0,0000490	5,62	0,0495
ABC	0,0000023	1	0,0000023	0,26	0,6270
Error total	0,0000610	7	0,0000871	-	-
Total (corr.)	0,0001478	15	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

* Significativo

Según el análisis de varianza en la tabla 4.16, se observa que en los factores A (extracto de sésamo), C (crema vegetal) y las interacciones AB, AC, BC, existe diferencia significativa debido a que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto se rechaza la hipótesis planteada, lo que deduce a que estos factores e interacciones son significativos en la etapa de emulsión, en lo que confiere al factor B y la interacción ABC, no existe diferencia significativa ya que los valores de $F_{cal} < F_{tab}$, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.8 se muestra los efectos principales para la acidez de los factores que influyen en la variable respuesta.

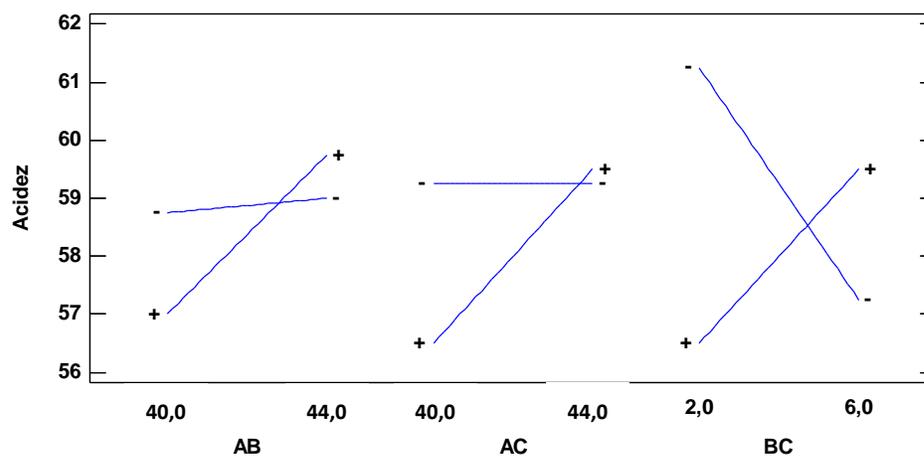


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14 Efectos principales para acidez

Según la figura se puede observar que los factores dextrosa (2-6%) no inciden significativamente en la acidez, sin embargo, en el factor crema vegetal se presenta poca incidencia significativa en la variable respuesta. como así también se tiene al otro factor extracto de sésamo que tiene incidencia significativa en la acidez cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.15 extraído de anexo G (tabla G.3.2), se muestra el resultado de interacciones de acuerdo a los datos analizados de las pruebas experimentales, en relación a los factores implicados en el proceso, para la determinación de la influencia en la variable respuesta acidez, durante el proceso de emulsión para la obtención de helados.

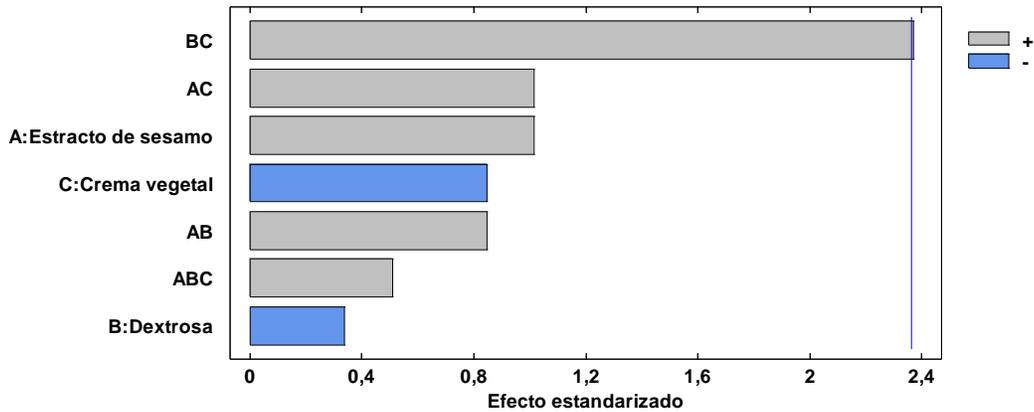


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15 Interacción de factores para acidez

De acuerdo a la figura 4.15, se puede evidenciar que existe interacción significativa entre los factores AB, AC, y BC, cuando el extracto de sésamo-dextrosa, extracto de sésamo-crema vegetal y dextrosa-crema vegetal, se encuentran entre su nivel alto y bajo en la dosificación del proceso, para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

Dentro del análisis, en la figura 4.16 extraído del anexo G (tabla G.3.3) se tiene el diagrama de Pareto estandarizado para acidez, las consideraciones a tener en cuenta es la línea vertical de referencia con respecto a las barras de los factores e interacciones, ya que en función a estas dos referencias se puede determinar si son



estadísticamente significativas en la incidencia de la variable respuesta para un nivel de $\alpha = 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Diagrama de Pareto de factores para acidez

En relación al diagrama de Pareto figura G.3.3, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente, donde la interacción de los factores BC, tiene una tendencia a ser significativa ya que la barra se encuentra sobrepasando con un mínimo la línea de referencia vertical; en cuanto a los demás factores, A, B, C e interacciones AC, AB, y ABC, no son estadísticamente significativas.

4.2.6 Evaluación sensorial del diseño factorial 2^3 en el tratado de las variables de proceso para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En base a la muestra elegida con código (H02), se procedió a proseguir con la complementación de las pruebas de manera experimental del diseño factorial 2^3 (tabla 3. 2), considerando los factores que intervienen en el proceso para obtener resultados de las variables respuestas, en la etapa de dosificación para elaborar helado cremoso con extracto líquido de sésamo. En adelante se procederá a la descripción de cómo

influye los niveles de variación de los factores nivel inferior y nivel superior en la dosificación.

4.2.6.1 Desglose de la aplicación de diseño factorial 2^3 nivel inferior, en la dosificación del proceso de obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

En la figura 4.17 se muestra los rangos de dosificación de las cuatro muestras elaboradas, para el nivel inferior del diseño factorial.

Dosificación de muestras para diseño factorial nivel inferior			
S01(%)	S02(%)	S03(%)	S04(%)
Ext. sésamo 40,09 Dextrosa 2,12 Crema vegetal 6,28 Leche 25,05 Leche en polvo 19,70 Azúcar 5,92 Liga neutra 0,84	Ext. sésamo 44,09 Dextrosa 2,12 Crema vegetal 6,28 Leche 25,05 Leche en polvo 17,70 Azúcar 3,92 Liga neutra 0,84	Ext. Sésamo 40,09 Dextrosa 6,12 Crema vegetal 6,28 Leche 25,05 Leche en polvo 17,70 Azúcar 3,92 Liga neutra 0,84	Ext. sésamo 44,09 Dextrosa 6,12 Crema vegetal 6,28 Leche 25,05 Leche polvo 15,70 Azúcar 1,92 Liga neutra 0,84

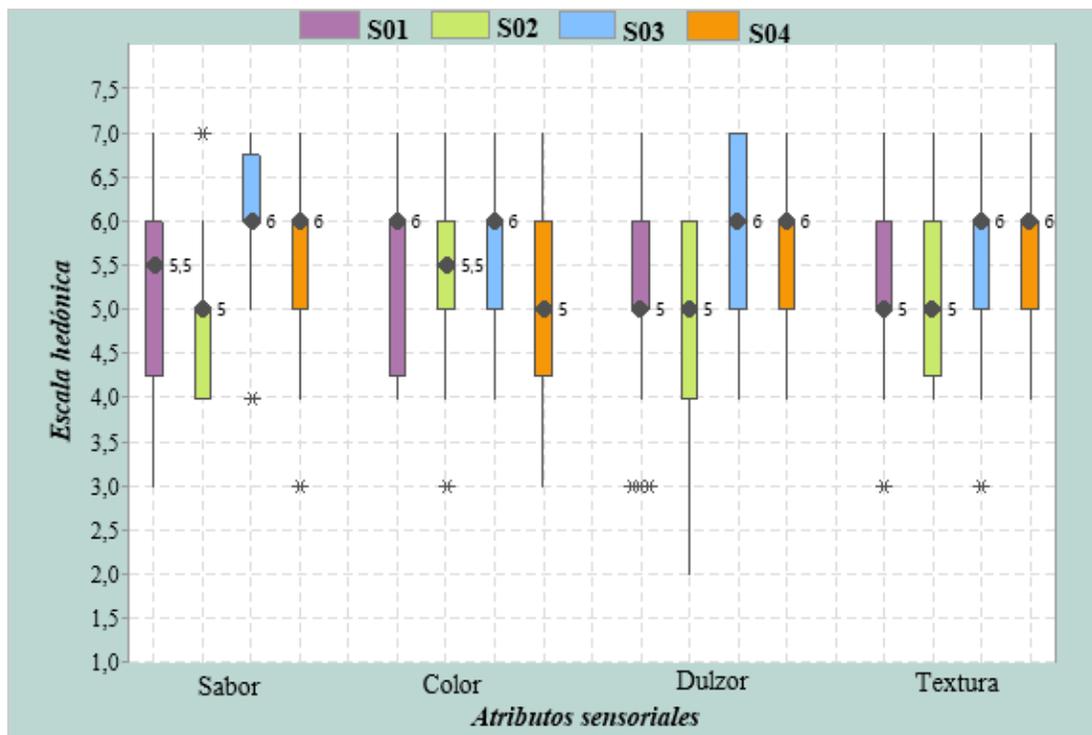
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17 Dosificación del nivel inferior del diseño experimental 2^3

En base a la figura 4.17 las muestras S01, S02, S03 y S04 se someten a evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos, donde se valoran los atributos Sabor, color, dulzor, textura y apariencia, el resultado de las evaluaciones indica a la muestra S03.

4.2.6.2 Estadístico caja y bigote del diseño factorial nivel inferior

La figura 4.18, muestra los estadísticos caja y bigote de los datos extraídos del anexo C., para los atributos sabor, color, dulzor, textura.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18 Caja y bigote del nivel inferior en el diseño factorial

De acuerdo a la gráfica 4.18, de caja y bigote de acuerdo a las muestras graficadas en función de cada atributo se deduce que la muestra S03 tiene una mediana de 6.0, relevante en todos los atributos sabor, color dulzor, textura, de acuerdo al rango de variación de datos en la calificación de los jueces el 50% dieron valores de 6-5, en lo que refiere a la elección de la muestra la muestra S03, para el helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

4.2.6.3 Estadístico de Tukey para atributo sabor, dulzor de las muestras, para selección de la muestra elegida en la prueba de diseño factorial nivel inferior

En relación a la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor extraído del anexo C (tabla C.55)

Tabla 4.17***Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras***

Factor	N	Media	Agrupación	
S03	20	6,00	A	
S04	20	5,60	A	B
S01	20	5,30	A	B
S02	20	4,95		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos S03-S02, las medianas que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Posteriormente, la tabla 4.18 se muestra los resultados de las pruebas simultaneas de Tukey para atributo dulzor, que fueron extraídos de la tabla C.65 (anexo C).

Tabla 4.18***Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras***

Factor	N	Media	Agrupación	
S03	20	5,95	A	
S04	20	5,75	A	B
S01	20	5,20	A	B
S02	20	4,85		B

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados que se obtiene en la tabla 4.18, se tiene que existe evidencia estadística entre los tratamientos S03 y S02, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

4.2.6.4 Desglose de la aplicación de diseño factorial 2^3 nivel Superior, en la dosificación del proceso de obtención de helado cremoso con extracto liquido de sésamo.

Con la finalidad de completar el diseño experimental y corroborarlos efectos de los valores, tomados en cuenta, se realiza el diseño factorial 2^3 nivel superior con las muestras codificadas S05, S06, S07 y S08, en la figura 4.19 se muestra la dosificación de cada muestra.

Dosificación de muestras para diseño factorial nivel superior			
S05 (%)	S06 (%)	S07 (%)	S08 (%)
Ext. sésamo 40,09 Dextrosa 2,12 Crema vegetal 10,28 Leche 25,05 Leche en polvo 17,70 Azúcar 3,92 Liga neutra 0,84	Ext. sésamo 44,09 Dextrosa 2,12 Crema vegetal 10,28 Leche 25,05 Leche en polvo 15,70 Azúcar 1,92 Liga neutra 0,84	Ext. Sésamo 40,09 Dextrosa 6,12 Crema vegetal 10,28 Leche 25,05 Leche en polvo 15,70 Azúcar 1,92 Liga neutra 0,84	Ext. sésamo 44,09 Dextrosa 6,12 Crema vegetal 10,28 Leche 25,05 Leche polvo 11,70 Azúcar 1,92 Liga neutra 0,84

Fuente: Elaboración propia

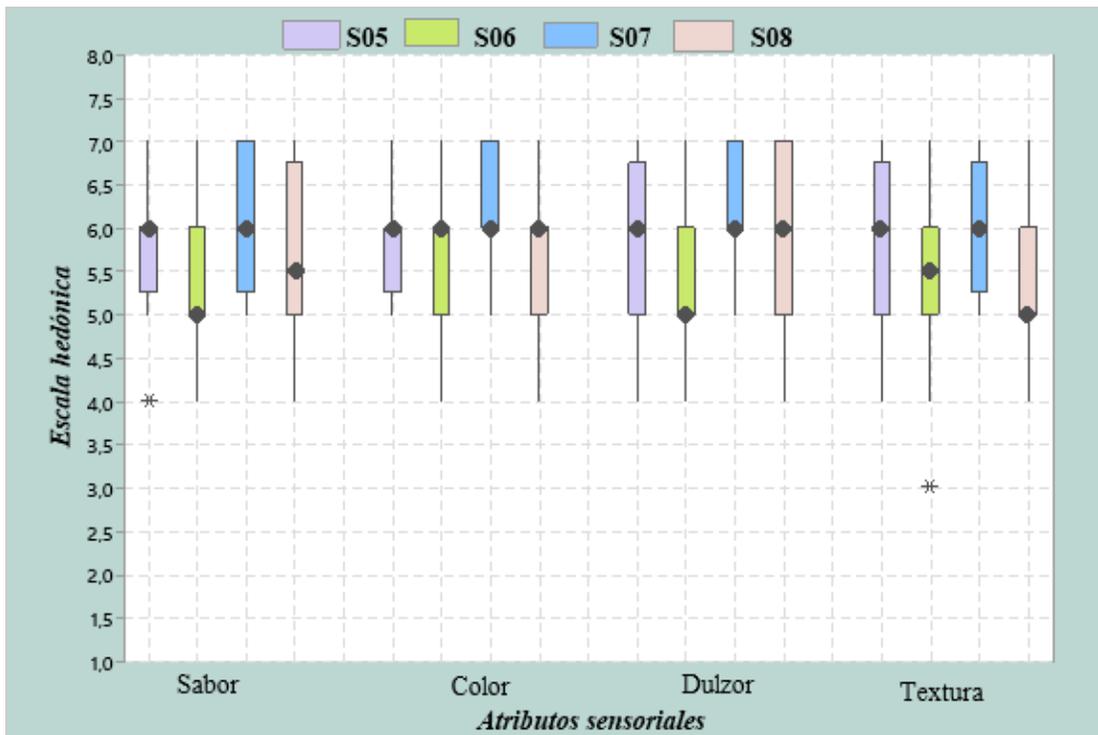
Figura 4.19 Dosificación del nivel superior del diseño experimental 2³

En base a la figura 4.19, la muestras S05, S06, S07 Y S08 son sometidas a evaluación sensorial con escala hedónica de siete puntos, donde de acuerdo a los jueces se evaluaron los atributos, sabor, color, dulzor y textura.

4.2.6.5 Estadístico caja y bigote para el diseño superior del diseño experimental

En la figura 4.20, muestra el estadístico caja y bigote de comparación de muestras en relación a los atributos y la escala hedónica de calificación por los jueces para los atributos: sabor, color, dulzor y textura.

Los datos aplicados para su análisis en la obtención de la caja y bigote de cada muestra se realizaron, aplicando los datos de la tabla (C.72, C.77, C.82, C.87), mediante el programa minitab19.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20 Caja y bigote del nivel superior en el diseño factorial

En consecuencia, a lo anterior, la caja y bigote muestra como resultado en el atributo sabor una mediana de 6,0 con variación de datos de 5 a 7, y la caja y bigote del atributo color y dulzor muestra una mediana de 6,0 y una caja con valores de 6 y 7 obtenido el 50% de aceptación con valores superiores de la mediana, y como siguiente el atributo textura presenta una mediana de 6,0 con una caja con datos agrupados de entre 5 a 6, de acuerdo al resultado de las cajas y bigote de todos atributos la muestra S07 presenta una mayor aceptación por parte de los jueces. así mismo se realiza el análisis de varianza y se pudo evidencia que existe evidencia significativa en los atributos sabor, color, dulzor y textura, rechazando la hipótesis para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

4.2.6.6 Estadístico de Tukey para atributo sabor, color, y dulzor de las muestras, para selección de la muestra elegida en la prueba de diseño factorial nivel superior

La tabla 4.19 extraído del anexo C (tabla C, 75), muestra el estadístico de Tukey para el atributo sabor para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Tabla 4.19

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras

Factor	N	Media	Agrupación	
S07	20	6,20	A	
S05	20	5,80	A	B
S08	20	5,65	A	B
S06	20	5,30		B

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla anterior, los factores S07 y S06 presentan diferencia estadística entre las muestras. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La tabla 4.20 extraído del anexo C (tabla C. 80), pone como evidencia el estadístico de Tukey para el atributo color para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Tabla 4.20

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras

Factor	N	Media	Agrupación	
S07	20	6,15	A	
S05	20	5,90	A	B
S06	20	5,65	A	B
S08	20	5,55		B

Fuente: Elaboración propia

El factor S07 y el factor S08, muestran diferencia estadística, para el atributo color, y la muestra con más aceptabilidad se tiene al S07 con una media de 6,150 en comparación a los demás factores.

La tabla 4.21 extraído del anexo C (tabla C. 85), pone como evidencia el estadístico de Tukey para el atributo color para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Tabla 4.21*Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras*

Factor	N	Media	Agrupación	
S07	20	6,15	A	
S05	20	5,85	A	B
S08	20	5,80	A	B
S06	20	5,35		B

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas simultaneas de Tukey en los factores que especifican en la tabla 4.21, indican que entre el factor S07 y S06, existe diferencia estadística entre los factores por el cual se rechaza hipótesis planteada.

4.2.7 Aplicación de la evaluación sensorial para la selección de muestra final en las pruebas experimentales, para la obtención de helado cremoso con extracto liquido de sésamo.

De acuerdo a la secuencia de las evaluaciones sensoriales, en las pruebas experimentales, para esta etapa de selección de la muestra final se toman a las muestras ganadora de las pruebas preliminares con código H02 y las muestras ganadoras en la aplicación del diseño factorial 2^3 , el cual resultaron la muestra S03 del nivel inferior y S07 del nivel superior. Prosiguiendo en la figura 4.21, se muestra la dosificación de las muestras ganadoras, estas sometidas a evaluación sensorial por 20 jueces.

Dosificación de las muestras ganadoras		
H02 (%)	S03 (%)	S07 (%)
Ext. sésamo 42,09 Dextrosa 4,12 Crema vegetal 8,28 Leche 25,05 Leche polvo 16,70 Azúcar 2,92 Liga neutra 0,84	Ext. Sésamo 44,09 Dextrosa 2,12 Crema vegetal 6,28 Leche 25,05 Leche en polvo 17,70 Azúcar 3,92 Liga neutra 0,84	Ext. Sésamo 40,09 Dextrosa 6,12 Crema vegetal 10,28 Leche 25,05 Leche en polvo 15,70 Azúcar 1,92 Liga neutra 0,84

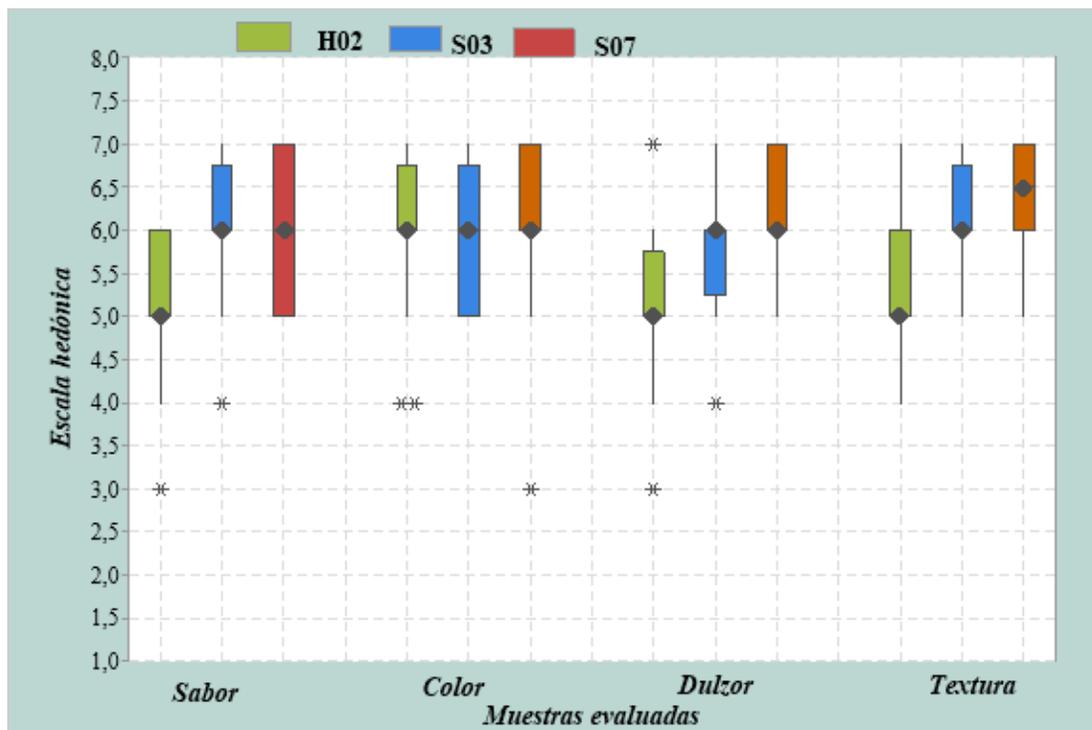
↓

S07

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21 Dosificación de las muestras ganadoras

Los datos obtenidos (tabla C.92, C.97, C.102, C.107), de la evaluación sensorial fueron ejecutados por la herramienta de software, minitab19, para su análisis estadístico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22 Caja y bigote en la dosificación para selección de la muestra final

De acuerdo a la figura, se observa la caja y bigote, que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados, sabor (6,0), color (6,0), dulzor (6,0) y textura (6,5), notando una aceptación de los jueces por la muestra S07.

Así mismo, se realiza el análisis estadístico de varianza y se puede evidenciar que si existe diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.2.7.1 Estadístico de Tukey para atributo sabor, dulzor y textura de las muestras ganadoras, para selección de la muestra final.

En relación a la tabla 4.22, se muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor extraído del anexo C (tabla C.95)

Tabla 4.22

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras

Factor	N	Media	Agrupación	
S07	20	6,15	A	
S03	20	6,00	A	
H02	20	5,10		B

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas simultaneas de Tukey en los factores que especifican en la tabla 4.22, indican que entre el factor S07-H02 y S03-H02, existe diferencia significativa entre los factores por el cual se rechaza hipótesis planteada, en cuanto a la muestra significativa se tiene al factor S07 con una media de 6,150 valor que indica que es más aceptable por parte de los jueces para el atributo sabor.

En la tabla 4.23, se muestra el resultado del estadístico Tukey para el atributo dulzor, la extracción de la tabla se realizó del anexo C.

Tabla 4.23

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras

Factor	N	Media	Agrupación	
S03	20	6,20	A	
S07	20	5,90	A	
H02	20	5,10		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.23 se puede evidenciar que las muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes, en relación a las muestras S03 y S07 comparando con la muestra H02 indica que existe diferencia significativa para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Prosiguiendo, se tiene a la tabla 4.24, don se puede observar las diferencias de las muestras según las pruebas simultaneas de Tukey.

Tabla 4.24

Pruebas simultaneas de Tukey para diferencias de las muestras

Factor	N	Media	Agrupación	
S07	20	6,30	A	
S03	20	6,15	A	
H02	20	5,40		B

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.24, según las pruebas simultaneas de Tukey muestras al factor H02 que difiere significativamente con las muestras S07 y S03, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.3 Caracterización del producto final, helado cremoso con extracto liquido de sésamo

En la caracterización del producto terminado, se toman en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del helado, los cuales se detallan a continuación:

4.3.1 Análisis fisicoquímico del helado cremoso con extracto liquido de sésamo

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto elaborado, se detallan en la tabla 4.25, extraída del anexo A, datos importantes para caracterizar el helado elaborado.

Tabla 4.25***Análisis fisicoquímico del helado cremoso con extracto liquido de sésamo***

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	211,00
Sodio	mg/100g	66,90
Ceniza	%	1,05
Fibra	%	n.d
Materia grasa	%	4,23
Hidratos de carbono	%	30,34
Humedad	%	60,77
Proteína total (Nx6,25)	%	3,61
Valor Energético	Kcal/100g	173,87

Fuente: CEANID, 2022

En función a la tabla 4.25, los resultados que se obtuvieron del análisis fisicoquímico de acuerdo a cada parámetro son: Calcio 211,0 mg/100g, ceniza 1,05 %, fibra n.d., materia grasa 4,23 %, hidratos de carbono 30,34 %, humedad 60,77%, proteína total (Nx6,25) 3,61%, sodio 66,9mg/100g, y valor energético 173,84 Kcal/100g.

4.3.2 Análisis microbiológicos del helado cremoso con extracto liquido de sésamo

La tabla 4.26 datos extraídos del anexo A, reporta los resultados obtenidos para el helado cremoso con extracto liquido de sésamo.

Tabla 4.26***Análisis microbiológico del extracto liquido de sésamo***

Microorganismos	Unidad	Resultado
Bacterias mesofilas aerobias viables	UFC/ml	$6,1 \times 10^3$
Coliformes totales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Escherichia coli	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)

Fuente: CEANID, 2022

(*) No se observa desarrollo de colonias

Dentro del análisis microbiológico detallados en la tabla 4.26, de acuerdo a resultados obtenidos se plantea que se tiene; Bacterias mesofilas aerobias viables $6,1 \times 10^3$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml.

4.3.3 Determinación del punto de congelación mediante la curva experimental de congelación del helado cremoso con extracto líquido de sésamo

Para la determinación del punto de congelación del helado se tomó en cuenta tres muestras de la parte experimental (H02, S03, S07), para la obtención de datos se realizó mediciones de temperatura en función del tiempo, esto con el fin obtener la curva del punto de congelación; a continuación, se detallan los datos.

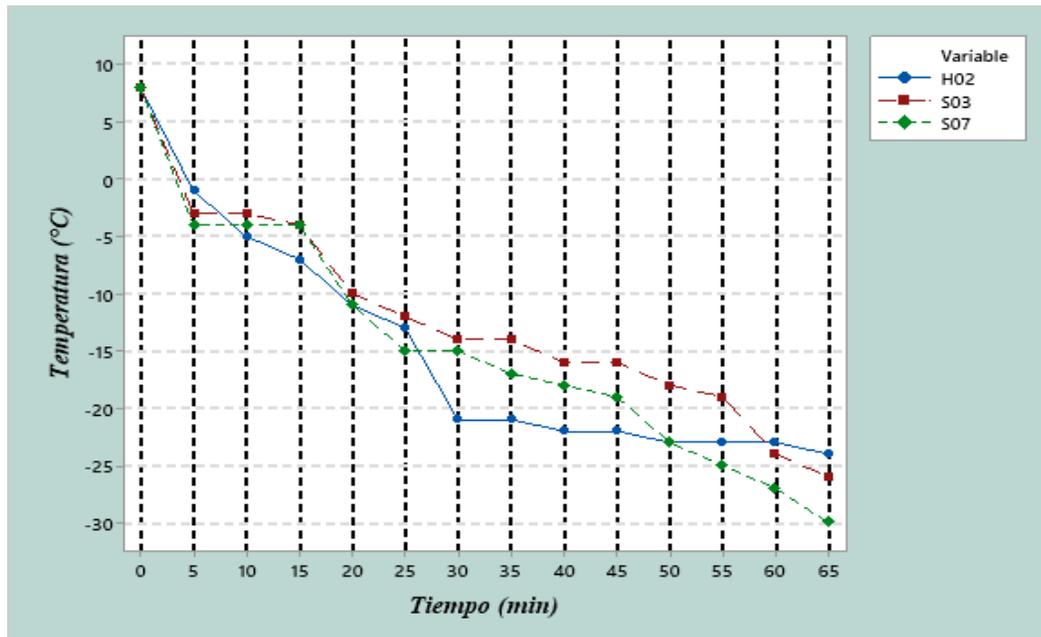
Tabla 4.27

Datos obtenidos para el punto de congelación

Mediciones	Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
		H02	S03	S07
1	0	8	8	8
2	5	-1	-3	-4
3	10	-5	-3	-4
4	15	-7	-4	-4
5	20	-11	-10	-11
6	25	-13	-12	-15
7	30	-21	-14	-15
8	35	-21	-15	-17
9	40	-22	-16	-18
10	45	-22	-16	-19
11	50	-23	-18	-23
12	55	-23	-19	-25
13	60	-23	-24	-26
14	65	-24	-26	-30

Fuente: Elaboración propia

En función a la tabla 4.27, se muestra los datos de las muestras, plasmados en una gráfica (figura 4.23), para ver el comportamiento del punto de congelación del helado con diferentes concentraciones de solidos solubles.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23 Curva de congelamiento del helado.

En la figura 4.23, se observa la gráfica de la curva de congelación para cada muestra H02, S03 y S07, éstas a partir de la temperatura de 8°C a -30°C.

El principio de la prueba es el descenso crioscópico de las muestras, estas fueron sometidas a congelación que sería el cambio de fase de cada solución de muestras, el medio de congelación fue un frízer a temperatura de -50°C, una vez sometidas las muestras tienen una acción de liberación de calor latente a medida que las soluciones se van congelando, creando cristales de hielo.

La muestra S07 denota una temperatura de congelación entre -25°C en un tiempo de 65 min aproximados, más baja que la muestras S03 que congela una temperatura de -18°C en un tiempo de 50 min, y por último la muestra H07 a temperatura de -20 en un tiempo de 40min manteniéndose constantes.

La solución de cada muestra tiene distinta concentración de sólidos solubles, el incremento de concentración de solutos en la fracción de agua no congelada provoca el descenso del punto de congelación

4.3.4 Determinación de la viscosidad de la mezcla final del helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En la tabla 4.28, se muestra los datos de la variación de la viscosidad de la mezcla S07 y S07. que se determinó de forma instrumental utilizando el viscosímetro rotacional a 20rpm.

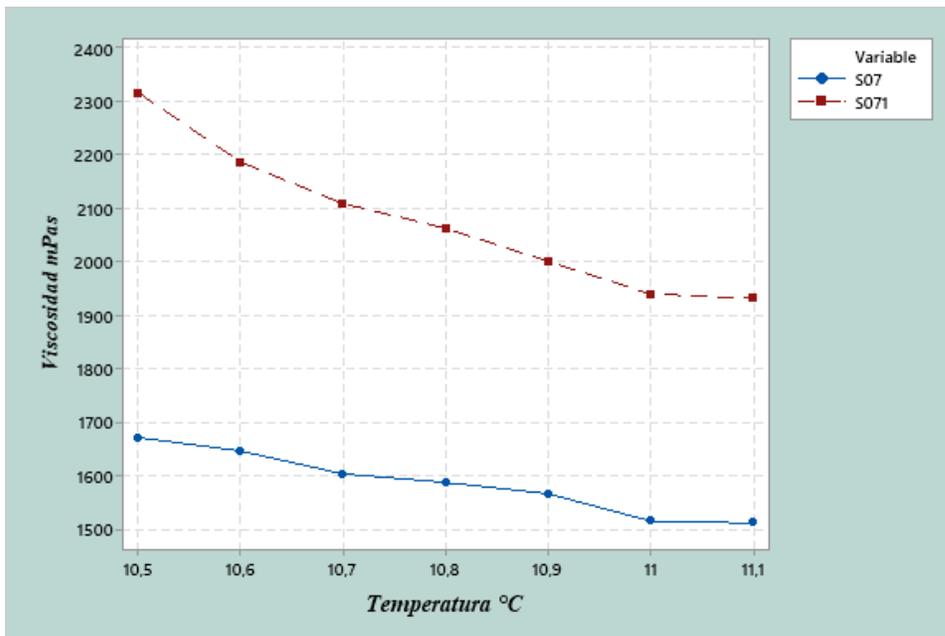
Tabla 4.28

Variación de la viscosidad en función a cada muestra

Temperatura (°C)	Viscosidad (cP)	
	S07 (0,5%)	S07 (1%)
10,7	1670	2315
10,8	1645	2185
11,0	1602	2107
11,2	1586	2061
11,3	1565	1999
11,4	1514	1938
11,5	1510	1930

Fuente: Elaboración propia

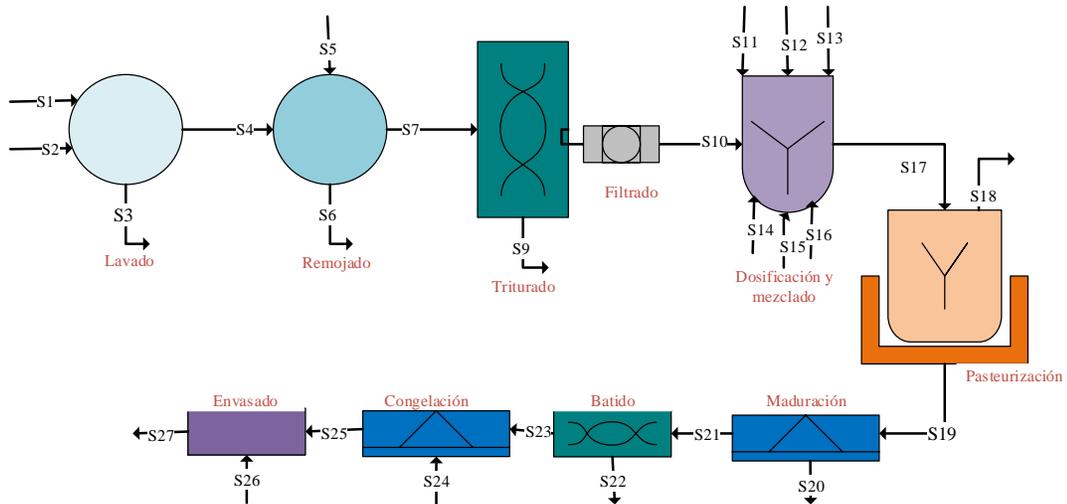
La viscosidad se determinó mediante la influencia del emulsificante adicionado en cada muestra, en la muestra S07 se formuló con 0,5% de emulsificante y también en S07 con un 1%, por lo tanto se observó el comportamiento de cada fluido del mix de helado según la gráfica, tenido como resultado la estabilidad de la mezcla indicando que existe una influencia del emulsificante sobre la viscosidad a medida que aumenta la temperatura disminuye levemente, por presentar una emulsión estable y de mejor consistencia en relación a la muestra sin emulsificante donde la variación de la viscosidad desciende de forma rápida por ser una, mezcla no estable, en cambio la muestra que tiene menos emulsificante presenta menos estabilidad.



Fuente: Elaboración propia
 Figura 4.24 Curva de viscosidad de las muestras.

4.4 Balance de materia en el proyecto de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En la figura 4.25, se muestra el balance de materia general del proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.



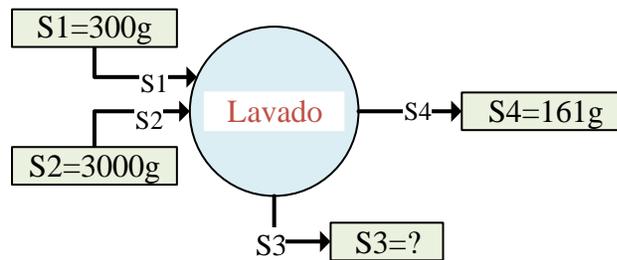
Fuente: Elaboración propia
 Figura 4.25 Balance de materia general en el proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

Donde:

S_1 = Grano de sésamo (g)	S_{14} = Azúcar (g)
S_2 = Agua1(g)	S_{15} = Súper liga neutra (g)
S_3 = Agua más impurezas (g)	S_{16} = Dextrosa (g)
S_4 = Sésamo lavado (g)	S_{17} = Mezcla de helado (g)
S_5 = Agua2 (g)	S_{18} = Agua evaporada (g)
S_6 = Agua desechada (g)	S_{19} = Mezcla pasteurizada (g)
S_7 = Sésamo hidratado (g)	S_{20} = Perdidas en maduración (g)
S_8 = Agua3 (g)	S_{21} = Paletas de helado (g)
S_9 = Bagazo de sésamo (g)	S_{22} = Perdidas en el batido (g)
S_{10} = Extracto liquido de sésamo (g)	S_{23} = Mezcla en batido (g)
S_{11} = Leche líquida (g)	S_{24} = Palitos de helado (g)
S_{12} = Leche en polvo (g)	S_{25} = Masa de helado más palitos (g)
S_{13} = Crema vegetal (g)	S_{26} = Bolsas de polipropileno
XS= Fracción solidos	XL= Fracción líquidos

4.4.1 Balance de materia en la etapa de lavado del grano de sésamo

La figura 4. 26, muestra el balance de materia durante el proceso de lavado de la semilla de sésamo.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.26 Etapa de lavado de la semilla de sésamo

Donde:

Balance de materia global en la etapa de lavado:

$$S_1 + S_2 = S_3 + S_4 \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

Despejamos S_3 de la Ec. 4.1

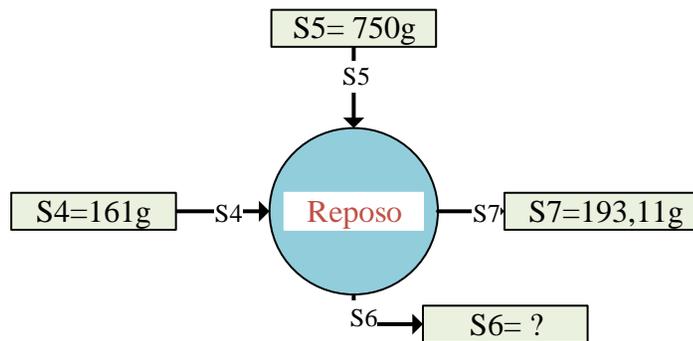
$$S_3 = S_1 + S_2 - S_4$$

$$S_3 = 300g + 3000g - 161g$$

$S_3 = 3139\text{g}$ de agua más impurezas

4.4.2 Balance de materia en la etapa de reposo del grano de sésamo

La figura 4.27, muestra el balance de materia durante el proceso de reposo de las semillas de sésamo, esto a temperatura de refrigeración a 4°C , para eliminar sus inhibidores enzimáticos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27 Etapa de lavado de reposo de sésamo

Donde:

Balance de materia global en la etapa de reposo:

$$S_4 + S_5 = S_6 + S_7$$

(Ecuación 4.2)

Despejamos S_6 de la Ec. 4.2

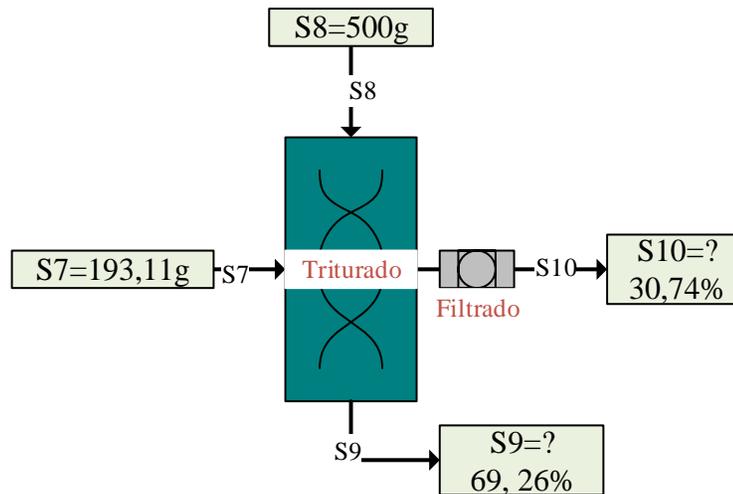
$$S_6 = S_4 + S_5 - S_7$$

$$S_6 = 161\text{g} + 750\text{g} - 193,11\text{g}$$

$$S_6 = 717,89\text{g de agua eliminada del reposo de la semilla}$$

4.4.3 Balance de materia en la etapa de triturado del grano de sésamo

La figura 4.28, muestra el balance de materia en la etapa triturado y filtrado de la semilla hidratada para extraer el extracto líquido de sésamo.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.28 Etapa de triturado y filtrado del sésamo

Donde:

Balance de materia global en la etapa de triturado y filtrado:

$$S_7 + S_8 = S_9 + S_{10}$$

(Ecuación 4.3)

Perdida en el triturado de un 30,74% de bagazo de sésamo

$$S_9 = S_7 (0,3074) + S_8 (0,3074)$$

$$S_9 = 193,11\text{g} * (0,3074) + 500\text{g} * (0,3074)$$

$$S_9 = 213,06\text{g de bagazo de sésamo}$$

Se tiene S_{10} con un 69,26% de extracto de sésamo

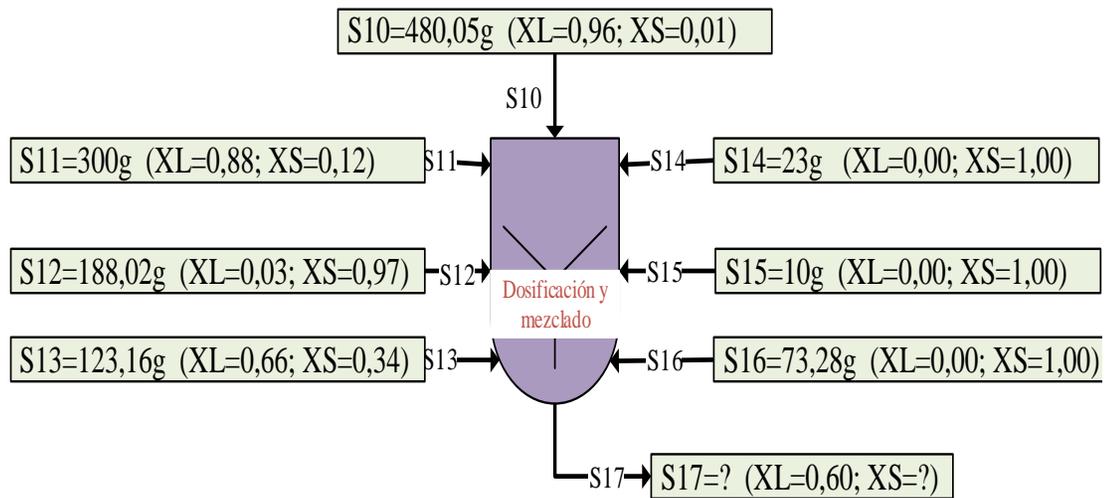
$$S_{10} = S_7 (0,6926) + S_8 (0,6926)$$

$$S_{10} = 193,11\text{g} * (0,6926) + 500\text{g} * (0,6926)$$

$$S_{10} = 480,05\text{g de Extracto liquido de sésamo}$$

4.4.4 Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado

En la figura 4.29, muestra el balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado de insumos y aditivos para su homogenización.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29 Etapa de dosificación y mezclado

Donde:

Balance de materia global para la obtención de mezcla de helado

$$S_{10} + S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14} + S_{15} + S_{16} = S_{17} \quad \text{(Ecuación 4.4)}$$

Balance de materia parcial en agua

$$S_{17} \cdot XL_{17} = S_{10} \cdot XL_{10} + S_{11} \cdot XL_{11} + S_{12} \cdot XL_{12} + S_{13} \cdot XL_{13}$$

$$S_{17} = \frac{S_{10} \cdot XL_{10} + S_{11} \cdot XL_{11} + S_{12} \cdot XL_{12} + S_{13} \cdot XL_{13}}{XL_{17}}$$

$$S_{17} = \frac{480,05g \cdot 0,96 + 300g \cdot 0,88 + 188,02g \cdot 0,03 + 123,16g \cdot 0,66}{0,60}$$

$$S_{17} = 1352,96g \text{ de mezcla para helado}$$

Balance de materia parcial en sólidos

$$S_{17} \cdot XS_{17} = S_{10} \cdot XS_{10} + S_{11} \cdot XS_{11} + S_{12} \cdot XS_{12} + S_{13} \cdot XS_{13} + S_{14} \cdot XS_{14} + S_{15} \cdot XS_{15} + S_{16} \cdot XS_{16}$$

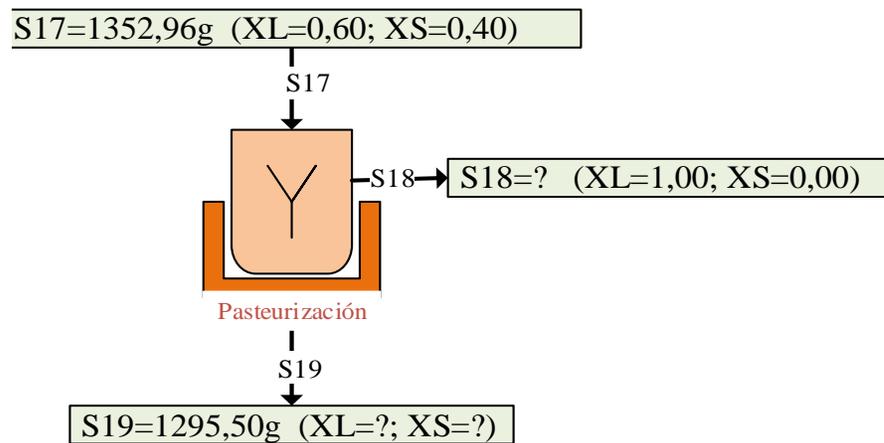
$$XS_{17} = \frac{S_{10} \cdot XS_{10} + S_{11} \cdot XS_{11} + S_{12} \cdot XS_{12} + S_{13} \cdot XS_{13} + S_{14} \cdot XS_{14} + S_{15} \cdot XS_{15} + S_{16} \cdot XS_{16}}{S_{17}}$$

$$XS_{17} = \frac{480,05g \cdot 0,04 + 300g \cdot 0,12 + 188,02g \cdot 0,97 + 123,16g \cdot 0,34 + 23g \cdot 1 + 10g \cdot 1 + 73,28g \cdot 1}{1330,78g}$$

$XS_{17} = 0,40$ fracción de sólidos totales

4.4.5 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.30, muestra el balance de materia en la etapa de pasteurización de la mezcla para helado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30 Etapa de pasteurización de la mezcla de helado

Donde:

Balance de materia global en la pasteurización de la mezcla de helado

$$S_{17} = S_{18} + S_{19} \quad \text{(Ecuación 4.5)}$$

Balance de materia parcial en sólido

$$S_{17} \cdot XS_{17} = S_{18} \cdot XS_{18} + S_{19} \cdot XS_{19} \quad \text{(Ecuación 4.6)}$$

4.6)

$$XS_{19} = \frac{S_{17} \cdot XS_{17}}{S_{19}}$$

$$XS_{19} = \frac{1352,95g \cdot 0,40}{1295,50g}$$

$X_{S19} = 0,40$ fracción de sólidos de la mezcla pasteurizada

Determinación de la fracción líquida

$$X = X_L + X_S \quad \text{(Ecuación 4.7)}$$

$$X_L = X - X_S$$

$$X_L = 1 - 0,40 = 0,60 \text{ fracción de agua de la mezcla}$$

Despejamos S_{18} de la siguiente ecuación:

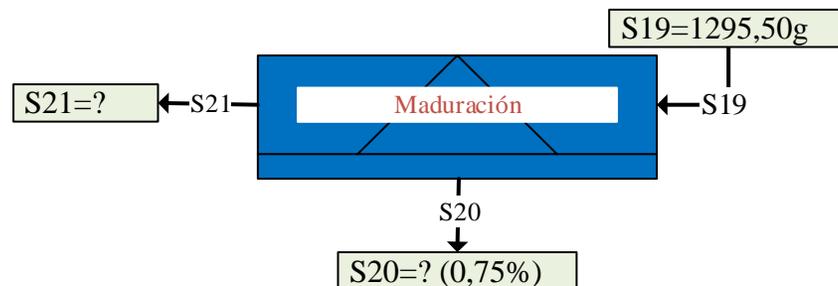
$$S_{18} * X_{L18} = S_{17} * X_{L17} - S_{19} * X_{L19}$$

$$S_{18} = \frac{1352,96g * 0,60 - 1295,50g * 0,60}{1}$$

$$S_{18} = 34,476g \text{ de agua evaporada}$$

4.4.6 Balance de materia en la etapa de maduración

En la figura 4.31 se muestra el balance de materia en la etapa de maduración de la mezcla de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31 Etapa de maduración de la mezcla de helado

Donde:

Balance de materia global en la etapa de maduración de la mezcla de helado

$$S_{19} = S_{20} + S_{21} \quad \text{(Ecuación 4.8)}$$

Perdidas en la etapa de maduración 0,75%

$$S_{20} = S_{19} * (0,0075)$$

$$S_{20} = 1295,50g * (0,0075)$$

$$S_{20} = 9,72g$$

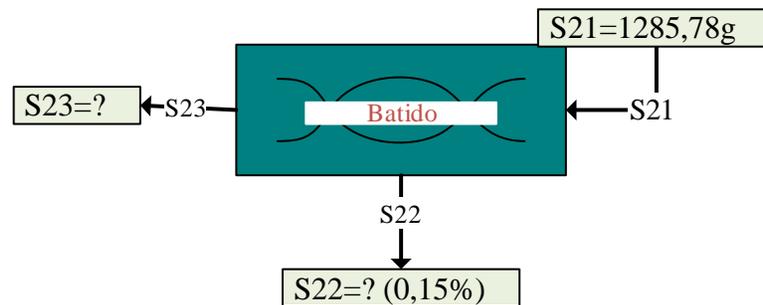
Despejando S_{21} de ecuación 4.7

$$S_{21} = S_{19} - S_{20}$$

$$S_{21} = 1295,50g - 9,72g = 1285,78g \text{ de mezcla de helado}$$

4.4.7 Balance de materia en la etapa de batido

En la figura 4.32, se muestra el balance de materia en la etapa de batido de la mezcla de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32 Etapa de Batido de la mezcla de helado

Donde:

Balance de materia global en la etapa de batido de la mezcla de helado

$$S_{21} = S_{22} + S_{23}$$

(Ecuación 4.9)

Perdidas en el despulpado de 0,15%

$$S_{22} = S_{20} * (0,0015)$$

$$S_{22} = 1285,78g * (0,0015)$$

$$S_{22} = 1,928g$$

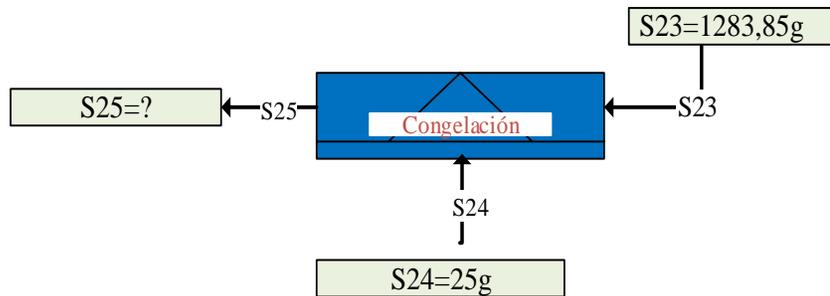
Despejando S_{23} de ecuación 4.8

$$S_{23} = S_{21} - S_{22}$$

$$S_{23} = 1285,78\text{g} - 1,928\text{g} = 1283,85\text{g de mezcla de helado}$$

4.4.8 Balance de materia en la etapa de congelación

En la figura 4.33, muestra el balance de materia en la etapa de congelación de la mezcla para helado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33 Etapa de congelación del helado

Donde:

Balance de materia global en la etapa de congelación de la mezcla de helado

$$S_{23} + S_{24} = S_{25} \quad \text{(Ecuación 4.10)}$$

Despejando S_{25}

$$S_{25} = S_{23} + S_{24}$$

$$S_{25} = 1283,85\text{g} + 25\text{g}$$

$$S_{25} = 1308,85\text{g de masa de helado más palitos de helado}$$

4.4.9 Rendimiento del proceso de obtención del helado cremoso con extracto líquido de sésamo

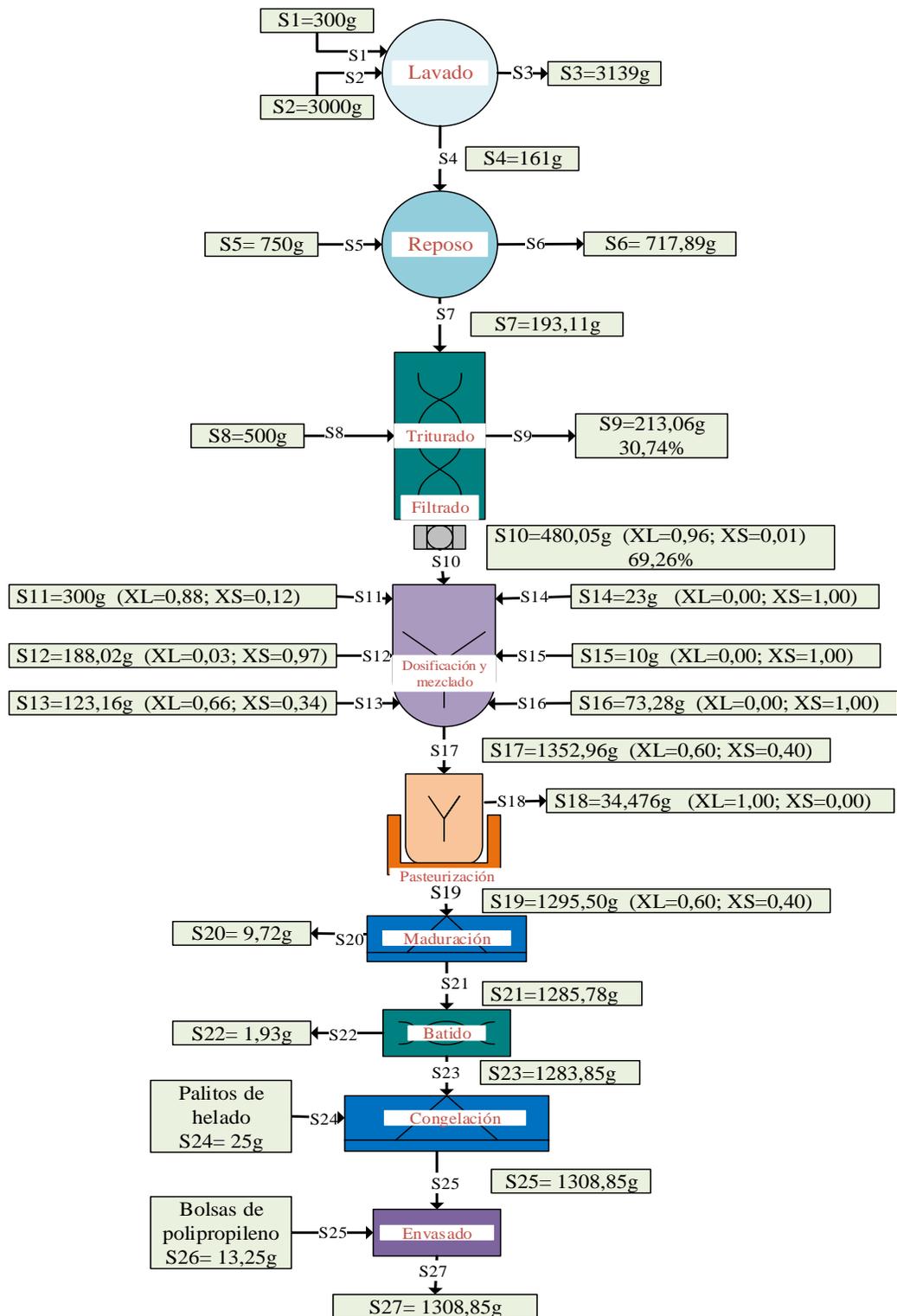
Para el cálculo del rendimiento en el proceso de elaboración de helado, se tomó en cuenta la ecuación 4,10 citado por (Valiente, 2016).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{flujo masico de entrada}} \times 100\% \quad \text{(Ecuación 4.10)}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1285,78g}{1538,35} \times 100\% = 83,45\%$$

4.4.8 Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En la figura 4.34, se muestra el resumen del balance de materia en la obtención del helado cremoso con extracto de sésamo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34 Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de helados con extracto de sésamo

4.5 Balance de energía para la elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo

En cuanto a (Lewis, 1993) se muestra la deducción del balance de energía para procesos de transferencia de calor:

$$L_1 (\epsilon C_1 + \epsilon P_1 + P_{V1}) + Q - L_2 (\epsilon C_2 + \epsilon \mu_2 + P_{V2}) = T + 2F + \frac{d\theta v^4}{d\theta}$$

$$L_1 (\mu_1 + P_{V1}) + Q = L_2 (\mu_2 + P_{V2}) = 0$$

$$L_1 (H_1) + Q - L_2 (H_2) = 0$$

$$L_1 (H_1 - H_2) = -Q$$

$$Q = L_1 \Delta H$$

$$\Delta H = Cp \Delta H$$

$$Q = L_1 Cp \Delta H$$

Ecuación 4.9

Según (Lewis, 1993), el principio de conservación de energía está dado por:

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$-Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$-\sum Q_{cedido} = \sum Q_{ganado}$$

$$Q_T = Q_{cedido} + Q_{ganado}$$

Ecuación 4.10

Para calcular el calor latente en los cambios de fase según (Lewis, 1993) es:

$$Q_1 = \Delta H * L = L * \gamma$$

Ecuación 4.11

Para realizar los cálculos de balance de energía en los diferentes procesos de elaboración de helado cremosos con extracto líquido de sésamo, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

Según (Lewis, 1993), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede predecir el calor específico del mismo. si es posible obtener un análisis aproximado del alimento, puede utilizarse la siguiente ecuación.

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + C_G C_G + X_A C_A \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Donde:

X_W = Fracción en peso del agua C_p = Capacidad calorífica de proteínas

C_W = Capacidad calorífica del agua X_G = Fracción en peso de grasa

X_C = Fracción en peso de carbohidratos C_G = Capacidad calorífica de grasa

C_c = Capacidad calorífica de carbohidratos X_A = Fracción en peso de ceniza

X_p = Fracción en peso de proteínas C_A = Capacidad calorífica de ceniza

Las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos se detallan en la tabla 4.29.

Tabla 4.29

Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos

Calor específico	Para productos lácteos Kj/Kg°C	Para alimentos Kj/Kg°C
C_W (agua)	4,18	4,18
C_c (carbohidratos)	1,40	1,22
C_p (proteína)	1,60	1,90
C_F (grasa)	1,70	1,90
C_A (ceniza)	0,80	1,90

Fuente: Lewis, 1993

Los resultados de la composición fisicoquímica del extracto líquido de sésamo se detalla en la tabla 4.30, extraído del anexo A.

Tabla 4.30

Composición fisicoquímica del extracto líquido de sésamo

Calor específico	Unidad (%)	Fracción
Grasa	0,50	0,0050
Ceniza	0,25	0,0025
Humedad	96,83	0,9683
Proteína	1,33	0,0133
Hidratos de carbono	1,09	0,0109

Fuente: CEANID,2022

Calculando C_p del extracto liquido de sésamo, aplicando Ecuación 4.12

$$C_{PS} = X_G * C_G + X_C * C_C + X_H * C_H + X_P * C_P + X_{HC} * C_{HC}$$

$$C_{PS} = 0,005(0,4063) + 0,0025(0,1912) + 0,9686(0,99902) + 0,013(0,3824) + 0,0109(0,334)$$

$$C_{PS} = 0,978 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.31, se observa la composición fisicoquímica de la crema vegetal

Tabla 4.31

Composición fisicoquímica de crema vegetal

Calor específico	Unidad (%)	Fracción
Grasa	24,91	0,2491
Ceniza	0,29	0,0029
Humedad	39,63	0,3963
Proteína	0,63	0,0063
Hidratos de carbono	34,54	0,3454

Fuente: CEANID, 2022

Calculando C_p de crema vegetal, aplicando Ecuación 4.12

$$C_{PS} = X_G * C_G + X_C * C_C + X_H * C_H + X_P * C_P + X_{HC} * C_{HC}$$

$$C_{PS} = 0,249(0,4063) + 0,0029(0,1912) + 0,396(0,99902) + 0,0063(0,3824) + 0,3454(0,334)$$

$$C_{PS} = 0,6156 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.32, se observa la composición fisicoquímica de dextrosa

Tabla 4.32

Composición fisicoquímica de dextrosa

Calor específico	Unidad (%)	Fracción
Humedad	0,50	0,005
Hidratos de carbono	92,00	0,920

Fuente: Gayoso, 2018

Calculando C_p de dextrosa, aplicando Ecuación 4.12

$$C_{PS} = X_H * C_H + X_{HC} * C_{HC}$$

$$C_{PS}=0,005(0,99902) +0,92(0,2916)= 0,273 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

En la tabla 4.33, se observa la composición fisicoquímica de la súper liga neutra

Tabla 4.33

Composición fisicoquímica de la súper liga neutra

Calor específico	Unidad (%)	Fracción
Hidratos de carbono	75	0,75

Fuente: Gayoso, 2018

Calculando C_p de la súper liga neutra, aplicando Ecuación 4.12

$$C_{PS}=X_{HC} * C_{HC}$$

$$C_{PS}=0,75(0,9916) = 0,2187 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

Tabla 4.34, se observa la capacidad calorífica de la leche, leche en polvo, azúcar.

Tabla 4.34

Capacidades caloríficas

Calor específico	Valor	Unidad
Azúcar	Kcal/Kg [°] C	0,350
Leche entera	Kcal/Kg [°] C	0,856
Leche en polvo	Kcal/Kg [°] C	0,120
Acero inoxidable	Kcal/Kg [°] C	0,120

Fuente: Elaboración propia

Calculando C_p de la mezcla de helado para la elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo aplicando la ecuación 4.12 se tiene lo siguiente:

$$C_{pM} = C_{pES} + C_{pL} + C_{pLP} + C_{pCV} + C_{pA} + C_{pD} + C_{pLN}$$

$$C_{pM} = (0,978 + 0,856 + 0,12 + 0,6156 + 0,35 + 0,273 + 0,2187) \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{pM} = 3,411 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Donde:

C_{pM} = Capacidad calorífica de la mezcla de helado con extracto de sésamo

C_{pES} = Capacidad calorífica del extracto líquido de sésamo

C_{pL} = Capacidad calorífica de la leche entera

C_{pLP} = Capacidad calorífica de la leche en polvo

C_{pCV} = Capacidad calorífica de la crema vegetal

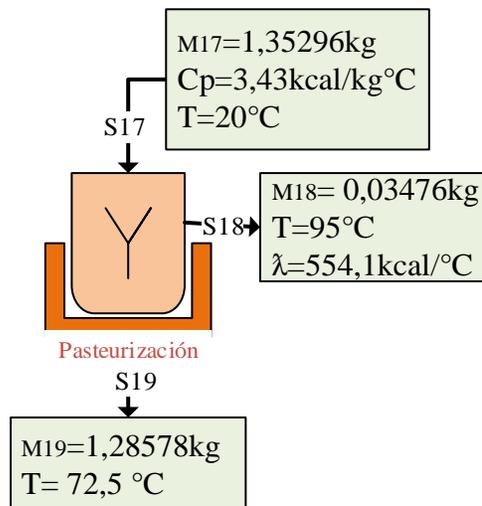
C_{pA} = Capacidad calorífica del azúcar

C_{pD} = Capacidad calorífica de la dextrosa

C_{pLN} = Capacidad calorífica de la súper liga neutra

4.5.1 Balance de energía en la etapa de pasteurización

La figura 4.35, muestra la secuencia del balance de energía en el proceso de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35 Balance de energía en la etapa de pasteurización

Cálculo de energía para calentar el recipiente que contiene la mezcla de helado, utilizamos la ecuación 4.13

$$Q_{\text{recipiente}} = M_{\text{recipiente}} * C_{p\text{recipiente}} * (T_i - T_f) \quad \text{(Ecuación 4.13)}$$

Dond

$$M_{\text{recipiente}}=1\text{kg}$$

$$C_{p\text{recipiente}}= 0,1218\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_i= 20^{\circ}\text{C}$$

$$T_f= 72,5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{recipiente}} = 1\text{kg} * \frac{0,1218\text{kcal}}{\text{kg}}^{\circ}\text{C} * (72,5 - 20)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{recipiente}} =6,3945\text{kcal del recipiente}$$

Calculo de energía para calentar la mezcla de helado aplicando la ecuación 4.14, se tiene:

$$Q_{\text{mezcla}} = M_{\text{mezcla}} * C_{p\text{mezcla}} * (T_f - T_i) + M_{\text{agua ev.}} * \lambda \quad \text{(Ecuación 4.14)}$$

Donde:

$$M_{\text{mezcla}}= 1,28578\text{kg}$$

$$M_{\text{agua}}= 0,03476\text{kg}$$

$$C_{p\text{mezcla}}=3,434\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_i=20^{\circ}\text{C}$$

$$T_f=72,5^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda=510\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{mezcla}} = 1,28578\text{kg} * 3,434\text{kg} * (72,5 - 20)^{\circ}\text{C} + 0,03476\text{kg} * \frac{554,1\text{kcal}}{\text{kg}}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{mezcla}} = 251,071\text{kcal}$$

Calor total para realizar la pasteurización

$$Q_T = Q_{\text{recipiente}} + Q_{\text{mezcla}} \quad \text{(Ecuación 4.15)}$$

Donde:

$$Q_T= \text{Calor total (kcal)}$$

$$Q_{\text{recipiente}}= \text{Calor del recipiente(Kcal)}$$

$$Q_{\text{mezcla de helado}}= \text{Calor de la mezcla de helado (kcal)}$$

$$Q_T = 6,3945\text{kcal} + 251,071\text{kcal}$$

$Q_T = 257,47\text{kcal}$ Calor total en la etapa de pasteurización

4.5.2 Balance de energía en la etapa de congelación

La figura 4.36, muestra el proceso de balance de energía en la etapa de congelación



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36 Balance de energía en la etapa de congelación

Calor que debe extraer para llevar la mezcla a cero grados

$$Q_a = M_{mezcla} * C_{pmezcla} * (T_f - T_i) \quad \text{(Ecuación 4.16)}$$

Donde:

$$M_{mezcla \text{ de helado}} = 1,28578\text{kcal}$$

$$C_{pmezcla \text{ de helado}} = 3,434\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_i = 8^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0^\circ\text{C}$$

$$Q_a = 1,28578\text{kcal} * \frac{3,434\text{kcal}}{\text{kg}}^\circ\text{C} * (0 - 8)^\circ\text{C}$$

$$Q_a = -35,32\text{kcal}$$

Calor que hay que extraer para congelar

$$Q_b = M_{mezcla} * \lambda_f \quad \text{(Ecuación 4.17)}$$

Donde:

$$M_{mezcla} = 1,28578\text{kg}$$

$$\lambda_f = 79,72 \text{kcal/kg}$$

$$Q_b = 1,28578 \text{kg} * 79,72 \text{kcal/kg}$$

$$Q_b = -102,50 \text{kcal}$$

Calor que se debe extraer para llevar la mezcla a -26°C

$$Q_c = M_{mezcla} * C_{pmezcla} * (T_f - T_i) \quad \text{(Ecuación 4.18)}$$

Donde:

$$M_{mezcla} = 1,28578 \text{kg}$$

$$C_{pmezcla} = 3,434 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_f = -26^\circ\text{C}$$

$$T_i = 0^\circ\text{C}$$

$$Q_c = 1,28578 \text{kg} * \frac{3,434 \text{kcal}}{\text{kg}}^\circ\text{C} * ((-26) - 0)^\circ\text{C}$$

$$Q_c = -114,79 \text{kcal}$$

Calculo del calor total en la etapa de congelación

$$Q_T = Q_a + Q_b + Q_c \quad \text{(Ecuación 4.19)}$$

Donde:

$$Q_T = (-35,32 \text{kcal}) + (-102,50 \text{kcal}) + (-114,79 \text{kcal})$$

$Q_T = -252,61 \text{kcal}$; calor total requerido para el proceso de congelación de helado con extracto de sésamo

4.5.3 Calculo de energía eléctrica

La potencia eléctrica está dada por la ecuación 4.20, de acuerdo a Valiente, 1994

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo (\theta)}} \quad \text{(Ecuación 4.20)}$$

De acuerdo a la ecuación de potencia se realiza el cálculo de energía para la etapa de triturado para obtención de extracto de sésamo

Donde:

E=Energía

P=Potencia de la licuadora

θ = Tiempo de triturado

Cálculo de consumo de energía en la etapa de triturado aplicando la ecuación 4.21.

Despejando energía E de la ecuación 4.21, tenemos que:

$$E_t = P * \theta \quad \text{(Ecuación 4.21)}$$

$$E_t = 600W * \left(\frac{1\text{kcal/h}}{1,163W}\right) * 0,25h$$

$$E_t = 128,97\text{kcal/h}$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de pasteurización, aplicando la ecuación 4.22.

$$E_c = \frac{C_g * T_u}{\rho_g} \quad \text{(Ecuación 4.22)}$$

Donde:

E_c = Energía que genera el gas consumido por la cocina

C_g = Consumo de gas por la cocina= (1800g/h)

T_u = Tiempo de uso de la cocina = (0,01124h)

ρ_g = Densidad del gas = (0,753kg/m³)

Reemplazando datos en la ecuación 4.20, tenemos:

$$E_c = \frac{1800\text{kg/h} * 0,01124\text{h}}{0,753\text{kg/m}^3} * \frac{1\text{pie}^3}{0,028317\text{m}^3} * \frac{1086,65\text{kJ}}{1\text{pie}^3} * \frac{0,0002778\text{kw/h}}{1\text{kJ}}$$

$$E_c = 0,286 \text{ kw/h} \times \frac{858,845 \text{ kcal}}{1 \text{ kw}}$$

$E_c = 245,63 \text{ kcal/h}$ energía consumida por la cocina

Cálculo de energía eléctrica en la etapa de maduración

$$E_R = P * \theta$$

Donde:

$P =$ Potencia del refrigerador = 105W

$\theta =$ Tiempo de uso del refrigerador = 12h

$$E_R = 105 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kcal/h}}{1,163 \text{ W}} \times 12 \text{ h}$$

$$E_R = 1083,40 \text{ kcal/h}$$

Cálculo de energía eléctrica en la etapa de batido

$$E_B = P * \theta$$

Donde:

$P =$ Potencia del refrigerador = 600W

$\theta =$ Tiempo de uso del refrigerador = 0,05h

$$E_B = 600 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kcal/h}}{1,163 \text{ W}} \times 0,05 \text{ h}$$

$$E_B = 25,80 \text{ kcal/h}$$

Cálculo de energía eléctrica en la etapa de congelado

$$E_H = P * \theta$$

Donde:

$P =$ Potencia del refrigerador = 435W

$\theta =$ Tiempo de uso del refrigerador = 1,16h

$$E_H = 435W \times \frac{1\text{kcal/h}}{1,163W} \times 1,16h$$

$$E_H = 433,88 \text{ kcal/h}$$

Cálculo de energía total necesaria para el proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo es la siguiente:

$$E_T = E_t + E_C + E_R + E_B + E_H$$

$$E_T = 128,97\text{kcal/h} + 245,63\text{kcal/h} + 1083,40\text{kcal/h} + 25,80\text{kcal/h} + 433,88\text{kcal/h}$$

$$E_T = 1917,68\text{kcal/h} \text{ energía total para proceso}$$

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis fisicoquímico del extracto líquido de sésamo, indica lo siguiente: Calcio 33,6 mg/100g, ceniza 0,25%, fibra n.d., materia grasa 0,50%, hidratos de carbono 1,09%, humedad 96,83%, proteína total (Nx6,25) 1,33, sodio 37mg/100g, rancidez (negativo) pos/neg, valor energético 14,18%. También se determinó un pH de 6,642, acidez 0,018 y los sólidos solubles 02,6%, del extracto líquido de sésamo para dato de información. Con respecto al análisis microbiológico se tiene; bacterias mesofilas aerobias viables $1,3 \times 10^3$ UFC/ml, coliformes totales $8,0 \times 10^1$ UFC/ml, escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ * UFC/ml, (*) no se observa desarrollo de colonias, mohos y levaduras $4,4 \times 10^2$ UFC/ml.
- De acuerdo a la evaluación sensorial durante la selección de la muestra elegida en las pruebas preliminares donde se varió en su formulación los emulsificantes y el porcentaje de extracto líquido de sésamo, se obtuvo como muestra elegida a H02, que fue la más aceptada por los jueces, mediante el análisis estadístico de varianza, demostrando que existe diferencia significativa entre sus atributos (sabor, color, olor, textura y apariencia) para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.
- En la aplicación del diseño factorial 2^3 , en la etapa de dosificación para la obtención de helado cremoso con extracto líquido de sésamo, mediante la obtención de resultados en el programa de StatGraphics para Windows se tiene que, siendo los factores tomados en cuenta: Extracto líquido de sésamo (A), Dextrosa (B) y crema vegetal (C), las variables respuestas son: sólidos solubles, pH y acidez, donde el factor B incide significativamente en los sólidos solubles, seguido del factor C y el factor A; y en cuestión a la variable respuesta pH los factores que inciden significativamente en el proceso de dosificación en su nivel alto son el factor B (dextrosa) y el factor C (crema vegetal), en comparación factor C que influye poco, prosiguiendo con la variable respuesta de acidez, se observa que los factores que más influyen es la crema vegetal (C) y la dextrosa para un nivel significancia de $\alpha = 0,05$.
- En base al diseño factorial 2^3 se aplicó la evaluación sensorial para el límite inferior que de acuerdo a los jueces evaluadores ganó la muestra S03, y de acuerdo al proceso de evaluación para el nivel superior se obtuvo como resultante a la muestra S07; y en base a la secuencia de las evaluaciones

sensoriales que se llevó a cabo, tanto en la parte experimental y en el diseño, se toman las muestras ganadoras, H02 en la etapa experimental, S03 y S07 en el diseño, sometiendo estas muestras a una última evaluación para obtener la muestra final ganadora, que de acuerdo a los jueces resultó la muestra S07, los atributos que fueron tomados en cuenta en la evaluación sensorial son: sabor, olor, color, dulzor, textura y apariencia con escala hedónica de 5 a 7 puntos.

- En la determinación del tiempo de congelación del helado, para la prueba se tomaron en cuenta tres muestras H02, S03 y la muestra S07; En el caso de la muestra S07 se determinación un tiempo de congelación de una hora y media aproximadamente a -26°C en comparación de las otras muestras, esto quiere decir que el punto de congelación es dependiente del tipo y contenido de la composición de la mezcla, específicamente, de los sólidos solubles y, dentro de éstos, los de mayor relevancia son los azúcares. Las proteínas por su gran tamaño presentan un efecto coligativo pequeño en comparación con el de los azúcares.
- En la determinación de la viscosidad se tomó en cuenta la muestra S07 variando la dosificación del emulsificante (0,5% y 1%) para ver influencia, como resultado se obtuvo que la muestra S07 con el 1% de emulsificante presenta mayor estabilidad de la mezcla en función a la temperatura.
- De acuerdo al análisis fisicoquímico del helado cremoso con extracto líquido de sésamo se tiene que los resultados que se obtuvieron del análisis fisicoquímico de acuerdo a cada parámetro son: Calcio 211,0 mg/100g, ceniza 1,05 %, fibra n.d., materia grasa 4,23 %, hidratos de carbono 30,34 %, humedad 60,77%, proteína total (Nx6,25) 3,61%, sodio 66,9% y valor energético 173,84 Kcal/100g. Dentro del análisis microbiológico de acuerdo a resultados obtenidos se plantea que se tiene; Bacterias mesofilas aerobias viables $6,1 \times 10^3$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ * UFC/ml, escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ *UFC/ml, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ * UFC/ml, (*)= no se observa desarrollo de colonias.
- En base a los resultados obtenidos del balance de materia y energía se tiene que para 1285,78g de mezcla de helado se tiene 1538,35g de paletas de helado con un rendimiento del 83,45%. Así mismo la cantidad de calor necesario para llevar el proceso de pasteurización es de 257,47kcal/h etapa importante y otra de las

etapas es la congelación que se tiene un calor de congelación de $-252,61\text{kcal/h}$ para llevar a cabo el proceso. Con respecto al gasto de energía eléctrica se tiene un total de $1917,68\text{kcal/h}$ de energía requerido para el proceso de elaboración de helado cremoso con extracto líquido de sésamo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios en la aplicación de las semillas oleaginosas en la industria alimentaria con el fin de obtener productos, para aprovechar su mayor valor biológico en la nutrición del ser humano.
- Se recomienda conocer más sobre la preparación correcta de cada semilla oleaginosa, para desactivar sus anti nutrientes, de las semillas en cuestión a la ingesta, las semillas son muy ricas en grasas insaturadas, minerales y proteínas, por lo que se recomienda incluir con más frecuencia a la alimentación.