

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad existe una gran demanda en el consumo de helados a nivel mundial siendo un producto muy cotizado y preferido por los consumidores desde su existencia antigua hasta la fecha, producto que se encuentra en expansión constante dentro del mercado mundial, existiendo grandes competidores con marcas reconocidas que poseen mucha demanda en varios países siendo Estados Unidos el mayor productor con 61.3 M hL. (Millones de hectolitros), seguido de China con 23.6 M hL, Canadá con 5.4 M hL, luego tenemos a Italia, Australia, Francia, Alemania, Suecia, etc. (Nolte & Vílchez, 2019)

La elaboración de helados tanto a nivel internacional como nacional ha adquirido una importancia económica y social de singular importancia. Desde la antigüedad hasta nuestros días el consumo de helados experimentó cambios desde el punto de vista tecnológico que permitió extender su consumo a prácticamente todas las clases sociales, en diferentes presentaciones y precios. (Fonseca & Pedrozo, 2015)

La industria del helado en Bolivia creció significativamente y es que el consumidor boliviano de a poco ha dejado de ser un comprador que sólo busca bajos precios y grandes cantidades; al contrario, quiere mejores productos y tiene capacidad de pagarlos. En los últimos años, firmas como Delizia, Pil Andina, Yucatán, Dumbo, Cabrera, Renacimiento, Arcor, Panda, entre otros; han decidido ingresar a este mercado incrementando variedades y cantidad de producción. (Calle, 2018)

Hace aproximadamente tres años la franquicia Yucatán ofreció al mercado helados denominados “Paletas Mexicanas” a la población de Santa Cruz, una versión diferente de helado paletas rellenas, logró ser una sensación en el mercado cruceño y posteriormente se introdujo en el mercado de La Paz, Cochabamba, Sucre y Tarija, de esta manera se levantaron nuevas fábricas elaborando paletas rellenas de distintos sabores llegando a ofrecer una gran variedad de productos a los mercados. (Calle, 2018)

Este trabajo de investigación busca fomentar una nueva alternativa de consumo, utilizando pulpa de frutilla una fruta que contiene múltiples beneficios para la salud, la cual será añadida en la elaboración de helado tipo paleta. Siendo el helado un producto muy adquirido por la mayoría de la población.

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de introducir al mercado local un producto, que habitualmente es elaborado a base de leche entera, agua y colorante ya que no existe en el mercado local un tipo de helado elaborado a partir pulpa de fruta.
- Se pretende elaborar un helado hipocalórico y funcional a base de pulpa de frutilla bajo en contenido de azúcar contenga componentes esenciales ya que la frutilla es rica en antioxidantes, vitaminas y alto en fibras lo cual contribuye a prevenir algunas enfermedades.
- El presente trabajo tiene como propósito dar un valor agregado a la producción de frutilla de tamaño pequeño la cual no sale al mercado, así como presentarles una alternativa de mejoramiento de los ingresos económicos a los productores de frutilla del departamento de Tarija.
- El trabajo de investigación está enfocado en elaborar un helado reduciendo los aportes de calorías, grasas y azúcar y dar relevancia aportando en la innovación de productos de calidad, introduciendo en la dieta una golosina o postre que sea aceptado especialmente por los niños, personas con problemas de diabetes y de sobrepeso que necesitan un balance nutricional adecuado.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Plantear una metodología experimental aplicando un proceso de congelación que permita elaborar helados tipo paletas con pulpa de frutilla variedad *Albión* para obtener un producto de calidad y bajo en calorías para el mercado local.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de la materia prima para la elaboración del producto.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y análisis microbiológicos de la materia prima para la elaboración del producto.
- Aplicar evaluación sensorial en las pruebas preliminares con el fin de obtener la muestra ideal.
- Aplicar diseño experimental en el proceso de dosificación, con el fin de establecer las variables en el proceso.
- Aplicar evaluación sensorial en la elaboración de helado tipo paleta con fin de valorar el producto a nivel experimental.
- Determinar la temperatura y tiempo en el proceso de congelación del helado tipo paleta con pulpa de frutilla para una mejor conservación del mismo.
- Efectuar el control de los parámetros: sólidos solubles, acidez y pH, en la pulpa de frutilla, en el proceso de dosificación del helado tipo paleta y del producto final durante el almacenamiento, con el fin de efectuar un control de calidad.
- Determinar la viscosidad de las muestras del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, con el fin de establecer su consistencia.

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos al producto terminado con la finalidad de establecer su calidad.
- Realizar un balance de materia y energía a nivel experimental para poder identificar las corrientes de entrada y salida en la elaboración de helado tipo paleta.

1.4 Objeto de estudio

El objeto de estudio propuesto para el siguiente trabajo de investigación será el siguiente:

Aplicación del proceso de congelación para la elaboración helado tipo paleta a partir de pulpa de frutilla variedad *Albión*.

1.5 Campo de acción

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

1.5.1 Espacial

El presente trabajo fue realizado en la Ciudad de Tarija.

1.5.2 Temporal

El presente trabajo fue realizado entre los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio del 2021.

1.5.3 Institución

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de la carrera de Ingeniería de Alimentos UAJMS.

1.6 Situación problemática

El helado es un producto muy apetecible en verano, el problema es su alto valor calorífico, aunque depende del helado y de la cantidad de helado que tomemos, el cual puede aportarnos un exceso de calorías en nuestra dieta. El helado se compone de crema, azúcar y leche, ingredientes muy calóricos; también el helado tiene una gran cantidad de agua, pero sus 200 kcal por ración lo hacen un alimento “peligroso”, lo que acaba en un exceso de calorías.

El presente trabajo se plantea por que el helado es un alimento de alto contenido calorífico y por la demanda de las personas de adquirir productos saludables con bajo contenido calórico que habitualmente no son poseídos en el mercado, el cual es un factor determinante para optar por elaborar un postre congelado (helado) a partir de pulpa de frutilla de tipo paleta, el cual se espera que repercuta de manera positiva en las personas que cuidan su alimentación, además que sea consumido por los niños sin el temor en cuanto a su salud debido a los altos índices calóricos que poseen los helados que se vende en los mercados.

1.7 Formulación del problema

¿Será posible elaborar helado tipo paleta a base de pulpa de frutilla, aplicando el proceso de congelación y obtener un producto de calidad y bajo en calorías?

1.8 Hipótesis

El proceso de congelación a ser utilizado para la elaboración de helado tipo paleta a base de pulpa de frutilla permitirá obtener un producto de calidad y bajo en calorías.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del helado

Es muy difícil establecer cuál es el origen del helado ya que el concepto del producto ha sufrido sucesivas modificaciones en la medida del avance tecnológico, de la generación de su consumo y de las exigencias de los consumidores. Pero a pesar de todo ello se tiene información de que muchos siglos antes de Cristo los chinos ya mezclaban nieve de las montañas con azúcar y miel elaborando postres. Otros aseguran que fueron los romanos los inventores del helado, aprovisionándose de nieve en las altas cumbres de los Alpes. También se afirma que los árabes fueron los creadores del helado (Chavez, 2017).

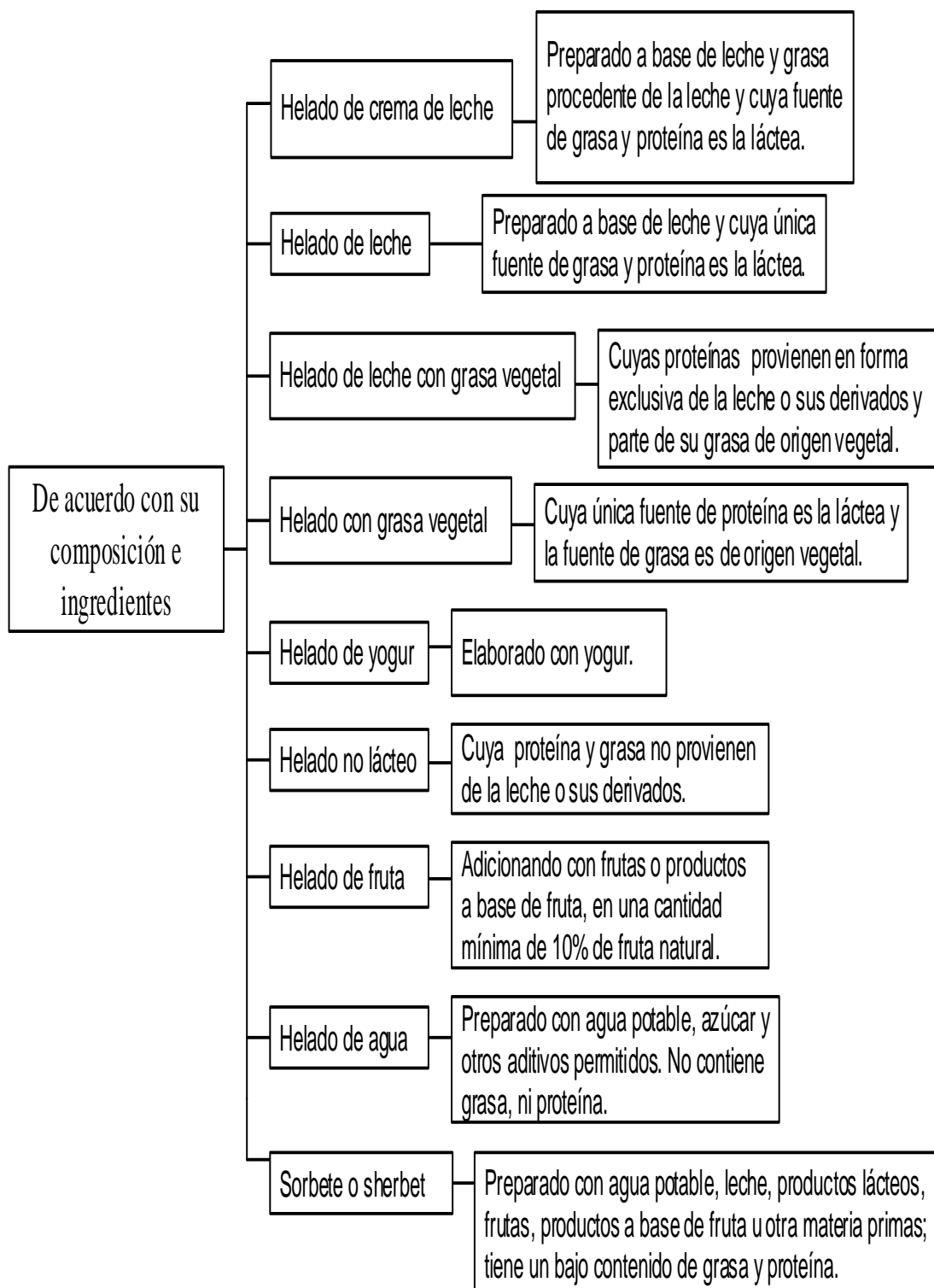
2.2 Definición del helado

Según la Norma Boliviana NB 33020:2008 el helado es un “producto alimenticio, higienizado, edulcorado, obtenido a partir de una emulsión de grasas y proteínas, con adición de otros ingredientes y aditivos permitidos o sin ellos, o bien a partir de una mezcla de leche y derivados, agua, azúcares y otros ingredientes y aditivos permitidos sometidos a congelamiento con batido o sin él, en condiciones tales que garanticen la conservación del producto en estado congelado o parcialmente congelado durante su almacenamiento y transporte y consumo final” (IBNORCA, 2008).

2.3 Clasificación del helado

En la figura 2.1 se muestra la clasificación del helado en general.

De acuerdo con su composición e ingredientes básicos, el helado se clasifica en:



Fuente: IBNORCA,2008.

Figura 2.1 Clasificación de los helados según la composición e ingredientes

2.4 Características de los helados

Según HeladosGael (2011) nos dice que 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 el helado se pueden definir los siguientes términos:

2.4.1 Cuerpo

Englobamos aquí todos los componentes de la mezcla del helado (sólidos, líquidos, aromas, aire que incorpora, etc.). Un helado debe ser consistente, pero no demasiado duro, resistente a la fusión y debe proporcionar una agradable sensación al llenar la boca (HeladosGael, 2011).

2.4.2 Textura

Según HeladosGael (2011) nos dice que la textura se refiere “a la disposición y dimensión de las partículas que lo componen. El conjunto de componentes debe proporcionar una estructura cremosa, ligera y suave.”

2.4.3 Color

El consumidor, en un primer momento, come con los ojos. Lo más importante del color debe ser su intensidad; esto es algo relativo, dependiendo del gusto de los clientes, pero el color debe ser homogéneo y por supuesto, relativo al sabor (HeladosGael, 2011).

2.4.4 Olor

Es característico de cada fruta o mezcla, lo más importante debe ser que la fragancia que emitan los helados sea acorde a los ingredientes o materias primas usadas para su

elaboración, es importante usar no ingredientes caducos o en mal estado, esto reduciría la aceptación del producto (HeladosGael, 2011).

2.4.5 Sabor

Este término se refiere a la mezcla base. Cada componente de la mezcla tiene un sabor característico. En una mezcla no debe predominar ningún sabor especial. Entre los sabores de los ingredientes básicos, deben formar un aroma que produzca una agradable sensación al paladar (HeladosGael, 2011).

2.5 Composición fisicoquímica del helado de fruta

La tabla 2.1, muestra la composición fisicoquímica del helado en 100 g de porción comestible.

Tabla 2.1

Composición fisicoquímica del helado

Componentes	Unidad	Valores
Hidratos de carbono	g	25
Proteínas	g	1
Humedad	g	78
Sólidos totales	g	28
Energía total	kcal	128

Fuente (CENZAN, 2014)

La tabla 2.2, muestra la composición en vitaminas y minerales del helado en 100 g de porción comestible:

Tabla 2.2

Composición en minerales y vitaminas del helado

Componentes	Unidad	Valores
Calcio	mg	138,0
Fósforo	mg	150,0
Cloro	mg	205,0
Sodio	mg	180,0
Potasio	mg	175,0
Hierro	mg	2,0
A	mg	0,4
B1	mg	0,7
B2	mg	0,2
B3	mg	0,1
E	mg	0,7
C	mg	18,0

Fuente: (Nutrición de helados, 2016)

2.6 Aplicaciones de los helados de fruta

Un helado de fruta tiene aplicaciones como ser:

2.6.1 Aplicaciones de los helados de fruta en la salud

Los helados son una buena opción para el postre de los niños, en especial para aquellos a los que no les gusta las frutas. Además, los helados contribuyen a la hidratación, combaten la sequedad de las vías respiratorias, facilitan la digestión y crean una sensación de bienestar. Todas estas características hacen de este un producto adaptable a casi todas las edades y dietas. El valor alimenticio y nutritivo del helado depende de los componentes del mismo. El helado es una mezcla de distintos ingredientes (frutas, azúcares, etc.) que suponen un aporte de proteínas, azúcares, vitaminas y sales minerales (ABCdesavilla, 2015).

2.7 Materia prima para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La materia prima para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla es el siguiente:

2.7.1 Frutilla variedad Albión

La fresa o frutilla, cuyo nombre científico es *Fragaria* es un fruto de forma triangular, dulce brillante, carnoso, grande tiene un color rojo y un perfume intenso posee semillas blancuzcas o negras y es muy apetecido por los consumidores por los grandes beneficios que contiene (Faroppa, 2008).

La fresa o frutilla (*Fragaria* spp) es una fruta comercial. Debe su origen a dos especies antepasadas: la primera *Fragaria chilensis*, que es nativa de la costa oeste de Sudamérica; mientras que la segunda, *Fragaria virginiana* es nativa de la costa este de Norteamérica. Ambas fueron llevadas a Europa, donde fueron cruzadas, obteniéndose la fresa comercial que hoy en día conocemos (Leggiadro, 2018).

La variedad Albión es importada y certificada por el programa de mejoramiento genético de la Universidad de California; es reconocida por tener una alta calidad de frutos, una de las fresas con mayor firmeza y un gran sabor. Además, es bastante grande (32 gramos por fruta) y con gran acumulación de azúcar 8 - 14°Brix (Hannum, 2012).

2.7.2 Característica fisicoquímicas de la frutilla

Las características fisicoquímicas de la frutilla se detallan a continuación:

2.7.2.1 Características químicas de la frutilla

La materia seca constituye del 6.1% al 9.5%; se encuentran como principales ácidos el cítrico, málico, tartárico. Silícico, que oscila entre 690 y 1250 mg de ácido cítrico equivalente por cada 100 g. de fruta; en los azúcares la mayor parte constituye la levulosa, encontrándose una baja proporción de glucosa y sacarosa; se encuentra un

altísimo contenido de vitamina C que constituye el principal valor nutricional de la fruta; se tiene también gran cantidad de aceites esenciales responsables del aroma. En la tabla 2.3, se puede observar la composición química de la frutilla

Tabla 2.3

Composición química de la frutilla

Componentes	Unidad	Valores
Proteína	g	0,40
Grasas	g	0,10
Cenizas	g	0,60
Fibra	g	2,08
Agua	g	90,00
Hidratos de carbono	g	13,14
Valor energético	Kcal	40,50

Fuente: (Muños, 2011)

2.7.2.2 Características nutricionales de la frutilla

En la tabla 2.4, se puede observar la composición nutricional de la frutilla.

Tabla 2.4

Composición nutricional de la frutilla

Composición	Unidad	Valores
Calcio	mg	21,0
Fosfato	mg	21,0
Potasio	mg	164,0
Sodio	mg	1,0
Hierro	mg	1,0
Vitamina C	mg	90,0
Vitamina A	mg	100,0
Vitamina B1	mg	0,3
Vitamina B2	mg	0,7
Vitamina B6	mg	0,9

Fuente: (Chordi, 2013)

2.8 Propiedades para la salud de la frutilla

La frutilla purifica el aparato digestivo es una gran aliada para el tratamiento de la tensión alta y para prevenir enfermedades como la anemia, ayuda al organismo a eliminar el exceso de ácido úrico y ciertos trastornos reumáticos, entre ellos, la artritis. Posee propiedades medicinales, pues contiene ácido elágico, un compuesto anticancerígeno (Sagñay, 2009).

Por tener bajos niveles de azúcares, está recomendada como alimento para personas diabéticas. Es una de las frutas que según la FAO incrementó el consumo debido a las fuertes campañas del impacto positivo que tienen las fruta en la salud. La gran cantidad de ácido ascórbico, así como de lecitina y pectina contenida en sus frutos, la hacen ideal para disminuir el nivel de colesterol de la sangre (FAO, 2018).

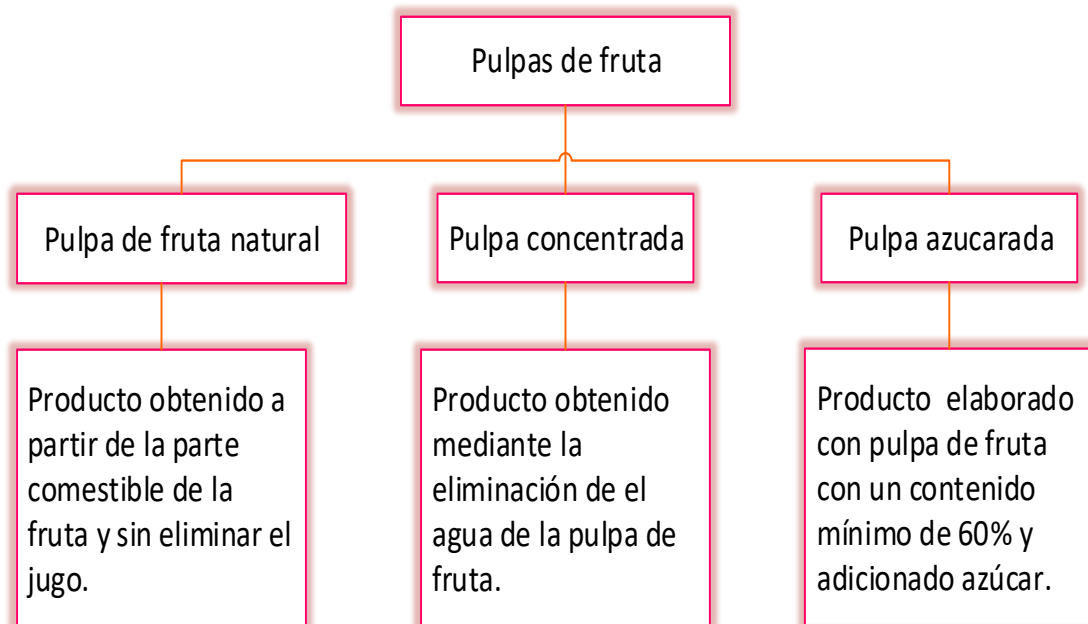
Es baja en calorías y muy rica en sales minerales, especialmente hierro y potasio. Además, destaca su alto contenido de vitamina C, la cual cumple una función antioxidante, promueve un sistema digestivo saludable y disminuye el riesgo de enfermedades cardíacas y de cáncer de colon (FAO, 2018).

2.9 Pulpa de fruta

Es el producto carnosos y comestible de la fruta sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido por procesos tecnológicos adecuados, por ejemplo, entre otros: tamizando, triturando o desmenuzando, conforme a buenas prácticas de manufactura; a partir de la parte comestible y sin eliminar el jugo, de frutas enteras o peladas en buen estado, debidamente maduras o, a partir de frutas conservadas por medios físicos (Codex Alimentarius, 2009).

2.9.1 Clasificación de las pulpas de fruta

La clasificación de las pulpas de fruta se detalla en la figura 2.2:



Fuente: INEN,2008

Figura 2.2 Clasificación de las pulpas de fruta

2.10 Insumos para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Los insumos necesarios para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla se detallan a continuación:

2.10.1 Agua potable

Según la Norma Boliviana 512 define como agua potable a aquella que, por sus características organolépticas, fisicoquímicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la NB-512 (IBNORCA, 2016).

El agua es responsable del carácter refrescante del producto, es el medio disolvente de los ingredientes hidrosolubles (azúcares, glucosa) y determina consistencia del helado de acuerdo con la proporción congelada. En el helado el agua se encuentra repartida en forma de cristales de hielo en una matriz, que además contiene agua líquida. El número

y las dimensiones de los cristales de hielo determinan esencialmente la consistencia del helado (RUIZ DE CASTILLA, 2017).

2.10.2 Azúcar blanco

“Sacarosa purificada y cristalizada (sacarosa) con una polarización no menor de 99,7” (Codex Alimentarius, 1999).

Los usos de los azúcares alimenticios en los helados son: dar el sabor dulce característico de este tipo de productos, dar cuerpo al helado, son una importante fuente de energía, bajan el punto de congelación de la mezcla actuando como anticongelante (Pottí, 2013).

Los azúcares son los componentes incongelables, actúan frenando el congelamiento y por lo tanto "opuestos" al proceso de congelamiento. Además de acuerdo a su origen, accionan como modificadores del proceso en sí de congelamiento. Como consecuencia de esto, a medida que se agregan más azúcares al agua disminuimos la temperatura de congelamiento de la mezcla agua-azúcares. Endulzan, controlan el punto de fusión y congelación, también la viscosidad y ayuda a resaltar los aromas. Aportan los sólidos, valor nutritivo y energético, así como cuerpo y textura al helado, evitando la formación de cristales de hielo en el helado (Fernandez, 2010).

2.10.3 Glucosa

“D-glucosa purificada y cristalizada que contiene una molécula de agua de cristalización, con un contenido de D-glucosa de no menos de 99,5% m/m sobre peso seco y un contenido total de sólidos de no menos del 90,0% m/m” (Codex Alimentarius, 1999).

La glucosa, que se encuentra en la uva, miel y jarabe de maíz, se obtiene por hidrólisis del almidón de maíz y se clasifica por su grado de conversión. Se utiliza por razones económicas para reemplazar de un 20 a un 30 % de sacarosa para obtener un helado de

mejor consistencia y textura y evitar el peligro de cristalización controlando el punto de fusión y de congelación (TARQUI, 2020).

2.10.4 Estabilizantes

Los estabilizantes que se utilizaron en la elaboración del helado tipo paleta con pulpa de frutilla se detallan a continuación:

2.10.4.1 Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa (E466) se origina de celulosa purificada a partir de algodón y pulpa de madera, la cual se modifica químicamente sustituyendo los hidrógenos por grupos carboximetilos. Es un polímero formado por unidades de anhídrido glucosa de cadena larga, cargadas negativamente, lo que genera una consistencia estable en la mezcla. No necesita calentamiento para su hidratación, funciona como un estabilizador fuerte y sólo se necesita en una proporción de 0,1% a 0,7% en la mezcla. Imparte cuerpo y masticabilidad a los helados. No forma estructuras fuertes por sí misma, por lo que debe utilizarse combinado con otros estabilizantes (Duque, 2008).

2.10.4.2 Super liga neutra

Mezclas balanceadas constituida por espesantes que proporcionan homogeneidad y estabilidad, retardando el derretimiento y mejorando la textura de masas de helados y paletas, haciéndolas más suaves y retardando la formación de cristales de hielo. La adición de Super Liga Neutra durante el proceso de elaboración del helado favorece la sinergia entre los ingredientes, ayudando al cuerpo y textura del almíbar, previene la formación de cristales de hielo y retrasa la fusión, manteniendo las características físicas del alimento por más tiempo, cuando está fuera del congelador y durante el consumo (Duque, 2008).

2.11 Operaciones en el proceso de elaboración del helado tipo paleta

Las operaciones más importantes durante la elaboración del helado tipo paleta son las siguientes:

2.11.1 Mezclado

Es una etapa muy importante el mezclado es el paso donde se realiza una fórmula base del helado, donde son definidos el sabor y la composición en azúcares y grasas entre otros compuestos donde se selecciona y proporciona las materias primas que contendrá el helado deseado el mezclado puede ser realizado a temperaturas de refrigeración (4°C) o a temperaturas más calientes. Son mezclados en tanques que cuentan con agitadores, y el orden que se añaden los ingredientes es depende de la temperatura y solubilidad de los mismos. Para esta etapa es recomendable tener un circuito de circulación entre 10 y 15 minutos. Es una etapa importancia debido que es un papel indispensable en la calidad del producto (Gonzales, 2018).

Si todos los ingredientes están en forma líquida, pueden usarse bombas dosificadoras automáticas o tanques en celdas de carga haciendo de este proceso uno relativamente simple. El método frío es utilizado preferentemente cuando se tiene como ingredientes a la crema de leche, leche líquida y leche condensada (Kilara & Chandan, 2007).

Si se usan ingredientes secos, los polvos se agregan a través de un sistema de bombeo a alta velocidad o a través de un licuado que corta todos los ingredientes a medida que se mezclan con el líquido, para evitar la formación de grumos, los ingredientes secos (leche en polvo, descremada o entera, suero seco, huevos secos, cacao, estabilizador, entre otros) se mezclan con parte del azúcar cristalino antes de agregarlos al líquido o se tamizan lentamente en el líquido, proceso que debe concretarse antes de que la temperatura alcance los 50°C (Goff & Hartel, 2013).

2.11.2 Pasteurización

La pasteurización es un tratamiento térmico que se realiza a los productos alimenticios con el fin de destruir microorganismos patógenos. Una pasteurización adecuada consiste en realizar un calentamiento rápido, mantener a esa temperatura durante un tiempo mínimo para finalmente enfriarlo rápidamente (menor a 5°C), permitiendo que la mezcla esté sustancialmente libre de microorganismos (mata a todos los patógenos), ayuda a la mezcla fundiendo la grasa y disminuyendo su viscosidad, mejora el sabor de la mayoría de mezclas, prolonga su calidad por unas semanas y aumenta la uniformidad del producto (Goff & Hartel, 2013).

Existen dos métodos básicos para la pasteurización: por lotes o baja temperatura alto tiempo y continua o alta temperatura corto tiempo. La pasteurización por lotes consiste en llevar la mezcla a una temperatura de 69°C y una vez que la temperatura es alcanzada, es mantenida por 30 minutos, en la pasteurización continua, la mezcla es llevada a una temperatura de 80°C durante 25 segundos (Deosarkar, 2016).

2.11.3 Maduración

Consiste en dejar la mezcla de helados en un sitio frío, entre 2°C y 5°C, durante un tiempo determinado para que repose y se hidraten algunos ingredientes. Un aporte de la maduración es la hidratación de los compuestos sólidos de la formulación. Los objetivos de la maduración son: obtener texturas finas, disminuir la formación de cristales de mayor tamaño, permitir la absorción del agua por parte de las proteínas, reducir la masticación de grasas, coadyuvar en el proceso de batido y proporcionar resistencia a derretimiento. Los estabilizadores de uso común, como la carboxi metil celulosa sódica y la goma guar, se hidratan bien durante el procesamiento de la mayoría de las mezclas (Caguana, 2019).

Si se deciden emplear temperaturas de 0 - 2°C para el enfriamiento de las mezclas se conseguirá aumentar la velocidad de cristalización de la grasa y la capacidad de los

congeladores utilizados en la siguiente etapa, y se elimina casi por completo la posibilidad de que los microorganismos puedan crecer en la mezcla, incrementando su vida útil a varios días (Kilara & Chandan, 2007).

En los tiempos en que la gelatina era usada como estabilizador primario en los helados, se solían utilizar tiempos de maduración de 12-20 h, pero actualmente los estabilizadores no usan gelatina por lo que se requiere tiempos de maduración menores (2-4h) para completar su hidratación. Una mezcla madurada incorrectamente genera un helado con características malas, presentando una menor retención de forma y una fusión relativamente más rápida debido a una desestabilización de la grasa inferior a la óptima durante el proceso de congelación (Goff & Hartel, 2013).

2.11.4 Congelación

Es una de las etapas más importantes en la producción de los helados. Este proceso de congelamiento crea dos etapas estructurales que se realizan simultáneamente, por lo que es indispensable controlar las velocidades relativas para contrastar las características del sistema cristalino. Una de ellas es la cristalización, la cual consiste en la nucleación y el crecimiento de los cristales; la nucleación es la asociación de moléculas en una partícula minúscula ordenada de tamaño eficiente mientras que el crecimiento de los cristales es el aumento de tamaño de los núcleos por adición ordenada y continua de moléculas (Noguera, 2018).

2.12 Métodos para la congelación de helados

El método de congelamiento se obtiene por los siguientes tres métodos o una combinación de éstos:

2.12.1 Inmersión

Se introduce el producto en una solución de salmuera a bajas temperaturas (puede usarse cloruro de sodio, NaCl o un tipo de azúcar como la sacarosa). En la mezcla

congelante, la sal agregada al hielo se disuelve en el agua sobre la superficie de éste que se derrite y disminuye su temperatura de congelación. Esto significa que la salmuera resultante puede dar más energía calorífica al hielo no derretido y enfriarse más sin congelarse que lo que puede hacer el agua de hielo por sí sola (Marcor, 2011).

2.12.2 Contacto indirecto

Por lo general son congeladores de puerta en donde el producto se coloca encima de placas metálicas a través de las cuales circula un refrigerante. La transferencia de calor es principalmente por conducción debido a lo cual la eficiencia del congelador depende de la cantidad de superficie de contacto. Este método es muy útil en la congelación de pequeñas cantidades (Marcor, 2011).

2.12.3 Corrientes de aire

Se usa el efecto combinado de temperaturas bajas y velocidad del aire alta, lo que produce una alta transferencia de calor del producto. En general, se debe tener la consideración que el aire pueda circular libremente alrededor de todas las partes del producto. Es importante señalar que los productos de congelación rápida son de mejor calidad que los de congelación lenta por los siguientes motivos: los cristales de hielo formados en la congelación rápida son más pequeños por lo que el helado no presenta una textura terrosa. A su vez, como el periodo de congelación es más corto, hay menor tiempo para difusión de sales y separación del agua en forma de hielo (Marcor, 2011).

El producto es fácilmente enfriado bajo la temperatura a la cual las bacterias, mohos y levaduras no crecen, con lo cual se evita la descomposición durante el congelamiento. En el proceso de congelación se produce la congelación del agua que éste conlleva influyendo posteriormente en la calidad del alimento. Nucleación, esto facilita la formación de posteriores cristales, paso de agua líquida a sólida. Una vez generado el núcleo de congelación se produce un aumento de la viscosidad aumentando progresivamente la cristalización hasta alcanzado un punto en el que se detiene, ésta es

la fase vítrea en el proceso de congelación. Si la fase de nucleación no es la adecuada se produce un crecimiento rápido de la congelación, pero con cristales pequeños. También se producirán alteraciones importantes en el producto final si se producen variaciones de temperatura importantes durante la congelación del alimento (Marcor, 2011).

2.13 Métodos de congelación

Una variable importante 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
- Método rápido
- Método muy rápido

Estos métodos difieren uno de otro según la duración del tratamiento o, la velocidad de penetración del frío desde la superficie hasta el centro de los tejidos. Además, también desempeñan un papel importante la naturaleza del producto con respecto a sus características térmicas, su forma, la conductividad térmica del recipiente que lo envuelve; de la misma manera las características de la instalación frigorífica son importantes (Elettronica, 2017).

2.13.1 Método lento de congelación

El método lento de congelación, que ya no se utiliza, porque permite evidenciar sus negatividades. Las mismas son las siguientes:

La acción lenta que efectúa una temperatura de la cámara de congelación en el producto que hay que congelar 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. El tiempo necesario para llegar a la completa congelación es muy alto y para las piezas de muy gran tamaño, puede alcanzar los 6 a

7 días de permanencia en las cámaras. Esto implica una disminución notable de la potencialidad de las cámaras. Debido a las alteraciones físicas, químicas y bioquímicas (irreversibles en la mayoría de los casos), se nota durante la congelación una fuerte pérdida de sustancias nutritivas (Elettronica, 2017).

2.13.2 Método rápido de congelación

Con este método el tiempo necesario para obtener la completa congelación es relativamente breve y para las piezas de muy gran tamaño, puede alcanzar al máximo las 30 horas de permanencia en las cámaras; al cabo de dicho lapso de tiempo, se alcanza en el corazón de la mayoría de los productos la temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Este método no da lugar a alteraciones físicas, químicas e histológicas graves susceptibles de modificar sensiblemente el producto que hay que conservar.

Los parámetros de funcionamiento de las cámaras son:

- Temperatura de la cámara: entre -25 y $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Humedad relativa: entre 85 y 90 por ciento.
- Caudal de aire de los ventiladores: 3-4 m^3/s .
- Tiempo del ciclo: máx. 30 horas (Elettronica, 2017).

2.13.3 Método muy rápido de congelación

Con este método el tiempo necesario para obtener la completa congelación es breve y para las piezas de muy gran tamaño, puede alcanzar al máximo las 12 horas de permanencia en las cámaras; al cabo de dicho lapso de tiempo, se alcanza en el corazón de la mayoría de los productos la temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Este método no da lugar a alteraciones físicas, químicas e histológicas de algún tipo, aun tras un control con el microscopio. Para alcanzar este objetivo hace falta utilizar temperaturas muy bajas y un fuerte salto térmico entre el evaporador y el producto. Consecuentemente ha surgido la necesidad de proteger el producto por medio de embalajes adecuados para evitar la fuerte evaporación y la excesiva desecación. Los parámetros de funcionamiento de las cámaras son:

- Temperatura de la cámara: entre -30 y -40 °C.
- Humedad relativa: entre 85 y 90 por ciento.
- Caudal de aire de los ventiladores: 25 m³/s (Elettronica, 2017).

2.14 Fases de la congelación

El proceso de congelación está compuesto principalmente de factores termodinámicos y cinéticos durante el cual el material a congelar primero se enfría hasta la temperatura de congelación del alimento T_c , en la que inicia la congelación, este proceso termodinámico se halla compuesto de tres fases que son: pre enfriamiento, cambio de fase y atemperado (Salvadori, 1994).

2.14.1 Fase de pre enfriamiento

Según Salvadori (1994) dice que “en este período, el alimento se enfría desde su temperatura inicial T_i , que generalmente es mayor a 0 °C, hasta la temperatura de comienzo de cambio de fase o congelación T_c ”.

2.14.2 Cambio de fase

En este periodo se da el proceso de nucleación durante el cual se forma el primer cristal conocido también como semilla, una vez que el primer cristal aparece en la solución inicia el cambio de fase con un incremento de cristales, el tamaño de los cristales dependerá de la velocidad de transferencia de calor (Salvadori, 1994).

Además, como la matriz alimenticia se halla formada por sólidos insolubles y una parte acuosa que contiene sólidos solubles, esta fase se da a una temperatura inferior a los 0 °C y corresponde a T_c , durante la congelación la fase sin congelar aumenta su concentración de sólidos, razón por la cual la temperatura del cambio de fase continúa disminuyendo (Salvadori, 1994).

Al final del proceso de congelación existirá una parte de agua sin congelar que corresponde al agua ligada del alimento; sin embargo, en un matriz con alto contenido acuoso la mayor parte del cambio de fase ocurrirá entre T_c y los $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Salvadori, 1994).

2.14.3 Atemperado

Según Salvadori (1994) afirma que “esta es la última fase en la cual el alimento congelado es llevado a temperaturas de mantenimiento que pueden oscilar entre -10 a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.

2.15 El proceso continuo de congelación tiene dos funciones

La congelación es una de las etapas que más influyen en la calidad del helado final. Es el punto clave de la transformación de una mezcla de ingredientes en helado, y es a partir de aquí cuando ya se habla de helado y no de mezcla. En esta etapa se realizan dos importantes funciones:

- Incorporar una cantidad controlada de aire a la mezcla
- Congelar el contenido de agua de la mezcla de forma que se obtenga un gran número de pequeños cristales de hielo.

El proceso de congelación es muy rápido; esto es muy importante para la formación de pequeños cristales de hielo. Desde los tanques de maduración el mix pasa al congelador continuo, donde el aire se introduce en la emulsión mientras que el mix se congela entre -3°C y -6°C dependiendo del producto que se esté congelando. El aumento en volumen que se produce por la incorporación de aire en el mix (Alvarado, 2012).

CAPÍTULO III
DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Helado tipo paleta con pulpa de frutilla”, se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; dependiente del departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 Descripción de equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios

Para el proceso de elaboración de la parte experimental de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se utiliza diferentes equipos, utensilios de cocina e instrumentos del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.C.I.A); como ser:

3.2.1 Equipos de proceso

Los equipos que se utilizaron para el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

3.2.1.1 Licuadora

El equipo se utiliza como triturador para realizar el despulpado de la frutilla, las especificaciones técnicas se detallan en la figura 3.1.



Fuente: L.C.I.A, 2021

Figura 3.1 Licuadora

3.2.1.2 Cocina industrial

Equipo, utilizado como fuente de calor para hervir el agua potable que se utiliza en la preparación de helado tipo paleta con pulpa frutilla. Las especificaciones técnicas se detallan en la figura 3.2.

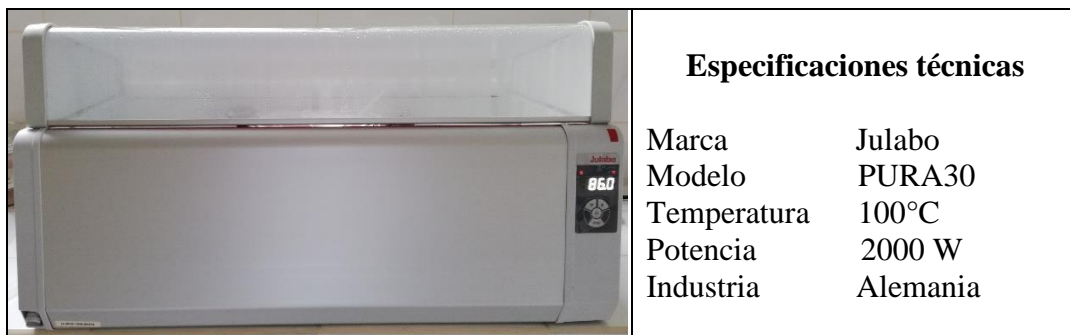


Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.2 Cocina industrial

3.2.1.3 Baño María

Termostato figura 3.3, utilizado como fuente de calor para realizar la pasteurización de la mezcla de helado, se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.




Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.3 Baño María

3.2.1.4 Refrigerador tipo freezer

Equipo, utilizado para el proceso de maduración de la mezcla de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas del freezer, se detallan en la figura 3.4.


	Especificaciones técnicas	
	Marca	Arctic King
Tipo	Mini congelador	
Modelo	TP1415YS	
Potencia	220 W	
Capacidad	200 litros	
Industria	Brasileira	
Dimensión	81×55×83(cm)	

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.4 Freezer

3.2.1.5 Congelador

Equipo, utilizado para el proceso de congelación de helado, se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Las especificaciones técnicas, se detallan en la figura 3.5.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	LABCOLD
Modelo	ULTF130	
Temperatura	-80°C	
Potencia	435 W	
Industria	Reino Unido	
Capacidad	130 litros	
Dimensión	92× 72×73 (cm)	

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.5 Congelador

3.2.1.6 Refrigerador

Equipo, utilizado para el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas del refrigerador, se detallan en la figura 3.6.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	CONSUL
	Modelo	CRD37B1
	Frecuencia	50 Hz
	Tensión	220 V
	Industria	Brasileira
	Capacidad	370 litros
	Corriente	1,2 A
	Dimensión	167×60×63cm

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.6 Refrigerador

3.2.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos y materiales de laboratorio que se utilizó en el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla se describen a continuación:

3.2.2.1 Balanza digital

Instrumento utilizado para realizar el pesado de la materia prima e insumos alimenticios, para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas de la balanza digital, se detallan en la figura 3.7.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	KERN
	Capacidad máxima	30kg
	Capacidad mínima	1g
	Modelo	FCB30K1
Industria	China	

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.7 Balanza digital

3.2.2.2 Balanza de precisión

La balanza de precisión se utiliza para realizar el pesado de los aditivos para el helado tipo paleta con pula de frutilla. Las especificaciones técnicas de la balanza de precisión, se detallan en la figura 3.8.


	Especificaciones técnicas	
	Marca	RADWAG
	Modelo	AS310.R2
	Capacidad máxima	310g
	Capacidad mínima	10mg
	Frecuencia	50 / 60 Hz
	Industria	Polonia
	Dimensión	195 × 195 mm

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.8 Balanza analítica de precisión

3.2.2.3 pH-metro de mesa

Instrumento utiliza para medir el pH de la pulpa de frutilla, la mezcla de helado y producto final; cuenta con un soporte de electrodo, un adaptador eléctrico universal un electrodo de pH combinado 3 en 1. Las especificaciones técnicas del pH metro, se detallan en la figura 3.9.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	Horiba
	Modelo	PH1300
	Rango	pH 0,00 – 14,00
	Industria	Japonesa
	Pantalla	LCD
	Dimensión	170 × 174×73mm

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.9 pH-metro digital

3.2.2.4 Viscosímetro

Instrumento utilizado para determinar la viscosidad de las diferentes muestras de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas del viscosímetro, se detallan en la figura 3.10.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	J.P. SELECTA
	Modelo	STS-2011R
	Potencia	15 W
	Frecuencia	50 / 60 Hz
	Tensión	100 / 230 V
	Industria	España

Fuente: L.C.I.A,2021

Figura 3.10 Viscosímetro

3.2.2.5 Criscopio automático

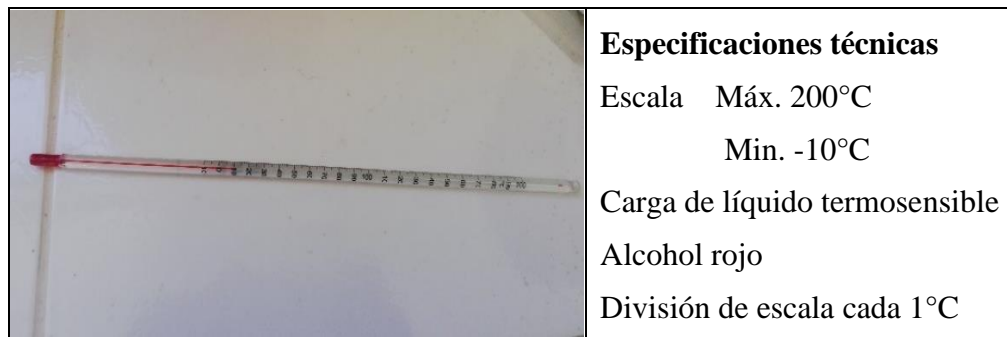
Instrumento utilizado para obtener el punto de congelación de la mezcla de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas del criscopio, se detallan en la figura 3.11.



Fuente: L.C.I.A,2021
Figura 3.11 Criscopio

3.2.2.6 Termómetro de alcohol

El termómetro se utiliza para la medición de la temperatura en las etapas de pasteurización y enfriamiento en la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas del termómetro, se detallan en la figura 3,12.



Fuente: L.C.I.A,2021
Figura 3.12 Termómetro alcohol

3.2.2.7 Termómetro bimetalico

Instrumento utilizado para la medición de la temperatura en el proceso de congelación en la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. Las especificaciones técnicas del termómetro bimetalico, se detallan en la figura 3.13.



Fuente: L.C.I.A, 2021

Figura 3.13 Termómetro bimetálico

3.2.2.8 Termómetro digital con sonda

Termómetro digital utilizado para la medición de la temperatura en el proceso de congelación en la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Las especificaciones técnicas del termómetro digital, se detallan en la figura 3.14.



Fuente: L.C.I.Q, 2021

Figura 3.14 Termómetro digital

3.2.2.9 Refractómetro digital

Refractómetro digital utilizado para medir los sólidos solubles de la pulpa de frutilla, mezcla de helado y producto final. Las especificaciones técnicas del refractómetro digital, se detallan en la figura 3.15.



Fuente: L.C.I.A, 2021

Figura 3.15 Refractómetro digital

3.2.2.10 Refractómetro de mano

Instrumento utilizado para medir los sólidos solubles de helado tipo paleta con pulpa de frutilla en proceso de almacenamiento. Las especificaciones técnicas del refractómetro, se detallan en la figura 3.16.




Fuente: L.C.I.A, 2021

Figura 3.16 Refractómetro

3.2.2.11 Bureta digital

La bureta digital utilizada para medir la acidez de la pulpa de frutilla, mezcla de helado y producto final, mide la cantidad de NaOH gastado en la determinación de la acidez. Las especificaciones técnicas de la bureta digital, se detallan en la figura 3.17.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	JENCONS
	Modelo	DIGITRATE-PRO 50
	Capacidad	0,01 – 50 ml
	Exactitud	± 0,2
	Imprecisión	0,1%
	División	0,01 ml
	Dimensiones	99×34 mm
	Industria	Reino unido

Fuente: L.C.I.A, 2021

Figura 3.17 Bureta digital

3.2.3 Material de laboratorio

El material de laboratorio utilizado durante el desarrollo del presente trabajo, se detalla en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Material de laboratorio

Material	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Vaso de precipitación	6	100 ml	Vidrio
Piseta	1	200 ml	Plástico
Matraz Erlenmeyer	2	100 ml	Vidrio
Pipeta volumétrica aforada	2	10 ml	Vidrio
Embudo	1	25 ml	Vidrio
Varilla	1	Pequeña	Vidrio
Gotero	1	25 ml	Vidrio
Cepillo	1	Pequeño	Alambre

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que se utilizaron para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Utensilios de cocina usado en la elaboración

Utensilios	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Jarra graduada	5	1000 ml	Plástico
Recipiente	4	200 ml	Acero inoxidable
Olla	2	3000 ml	Acero inoxidable
Colador	1	1000 ml	Acero inoxidable
Fuente	2	1000 ml	Acero inoxidable
Cuchillo	1	Mediano	Acero inoxidable
Cucharas	2	Medianas	Acero inoxidable
Cucharillas	2	Pequeñas	Acero inoxidable
Espátula	2	Medianas	Silicona
Repasadores	3	Medianos	Polietileno
Moldes para helados	2	3000 ml	Acero inoxidable
Papel trasparente	1	Mediano	Polietileno
Palos de helado	1000	Pequeños	Madera
Bolsas herméticas	20	Pequeñas	Polietileno

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Materia prima, insumos alimentarios y aditivos alimentarios para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La materia prima, insumos alimentarios y aditivos alimentarios para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se detalla a continuación:

3.3.1 Materia prima para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La materia prima utilizada en la elaboración de helado tipo paleta a partir de pulpa de frutilla, se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

Materia prima

Producto	Procedencia	Estado	Industria
Frutilla	Comunidad Yesera Norte	Sólido	Boliviana

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Insumos alimentarios

Los insumos que se utilizaron para la elaboración del presente trabajo, se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4

Insumos alimentarios

Insumos	Estado	Procedencia	Marca
Azúcar blanca	Refinado	Santa Cruz	Aguai
Dextrosa monohidratada (Glucosa)	Polvo	Santa Cruz	Maprial

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Aditivos alimentarios

Los aditivos que se utilizaron para la elaboración del presente trabajo, se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5

Aditivos alimentarios

Aditivos	Estado	Procedencia	Marca
Carboximetilcelulosa	Polvo	Santa Cruz	Aromitalia
Super liga neutra	Polvo	Santa Cruz	Aromitalia

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Reactivos químicos

Los reactivos que se utilizaron para la elaboración del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se detallan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6

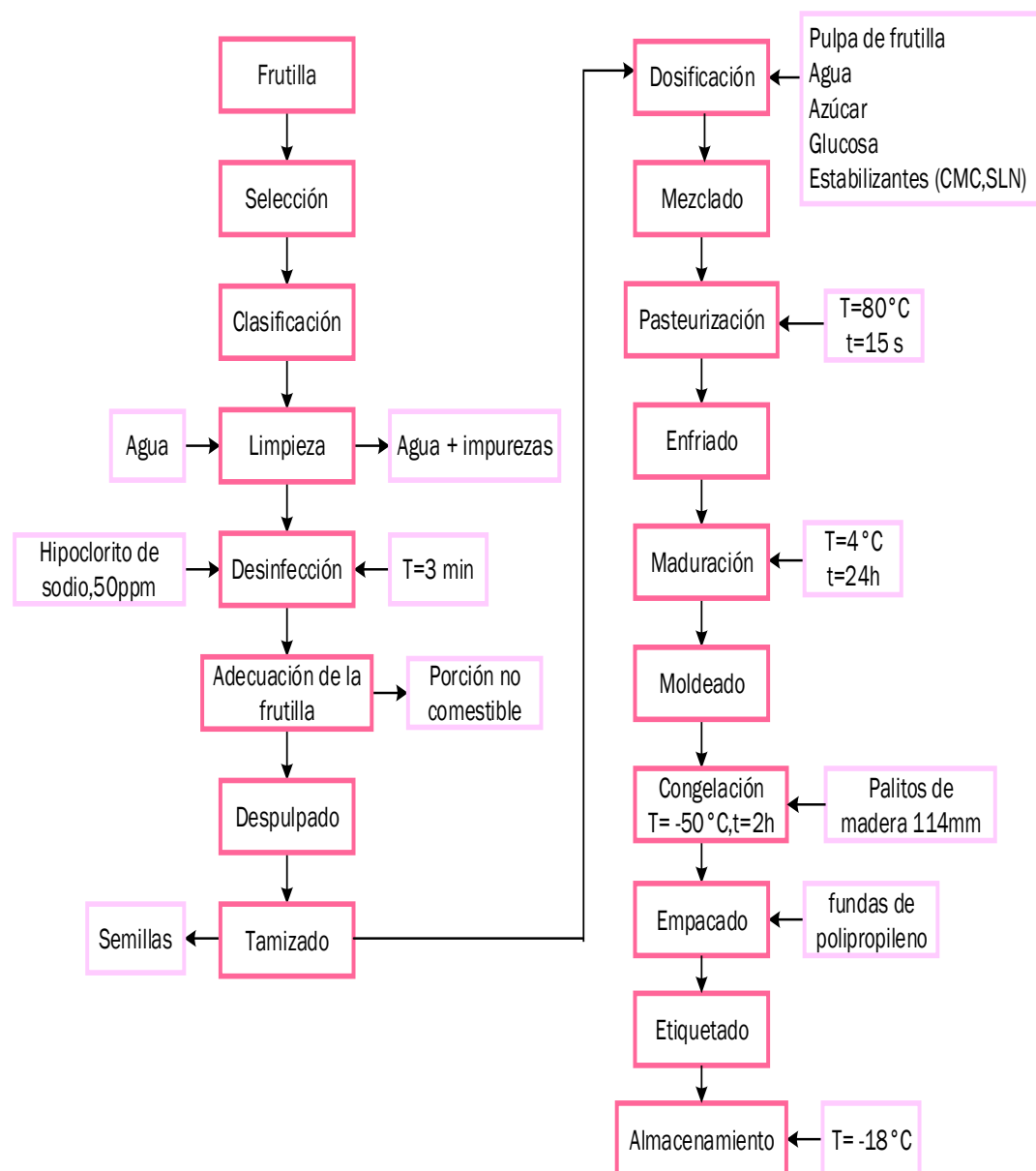
Reactivos químicos

Reactivos	Cantidad	Concentración
Solución de Hidróxido de Sodio (NaOH)	500 ml	1N
Fenolftaleína	100 ml	0,1%
Azul de metileno	100 ml	0,2 %
Hipoclorito de sodio	20 ml	5 %

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Diagrama del proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

En la figura 3.18, se muestra el diagrama del proceso a nivel experimental de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.18. Diagrama del proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

3.5.1 Descripción del diagrama del proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Las operaciones implicadas en la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se detallan a continuación:

3.5.1.1 Recepción de la materia prima

La materia prima que se utiliza para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa frutilla, es frutilla variedad **Albión** adquirida de la provincia Cercado de la comunidad Yesera Norte.

Antes de llevar a cabo el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se procede a realizar el control de calidad analizando parámetros como ser: características físicas, organolépticas y fisicoquímicas, acidez, sólidos solubles y pH.

3.5.1.2 Selección

Se selecciona la materia prima según daños, fisicoquímico, físico, biológicos.

3.5.1.3 Clasificación

Se clasifica la materia prima según grado de madurez, la fruta verde o pintona no entra al proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

3.5.1.4 Limpieza

El lavado, se realiza con agua potable, con el objetivo de eliminar impurezas que podría contener la superficie de la fruta como ser polvo y tierra.

3.5.1.5 Desinfección

La frutilla se mantiene inmersa en una solución de agua con hipoclorito de sodio, 50ppm

por 3 minutos posteriormente se enjuaga con agua potable con la finalidad de eliminar cualquier microorganismo.

3.5.1.6 Adecuación de la frutilla

Se procede a eliminar los pedúnculos de las frutillas se realiza en forma manual con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable con la finalidad de eliminar la porción no comestible de la frutilla.

3.5.1.7 Despulpado

El despulpado, se realiza con la ayuda de una licuadora (figura 3.1) se introduce la frutilla entera y se obtiene la pulpa de frutilla.

3.5.1.8 Tamizado

El tamizado, se realiza con la ayuda de un colador de acero inoxidable para de separar las semillas de la pulpa.

3.5.1.9 Dosificación

La dosificación se realiza de acuerdo a las formulaciones establecidas.

3.5.1.10 Mezclado

El mezclado, se procede a mezclar primero todos los ingredientes líquidos en una olla de acero inoxidable el cual se agregó 34,5% de agua hervida fría, 50% de pulpa de frutilla y se agita con la ayuda de una paleta de acero inoxidable hasta su total homogenización. Posteriormente, se añade los sólidos se agregó 12% de azúcar, 3% de glucosa y 0,5% de estabilizantes y se agita con la ayuda de una espátula de silicona hasta su total homogenización.

3.5.1.11 Pasteurización

La pasteurización, se lleva a cabo en un termostato eléctrico en baño María con un sistema automático (figura 3.3), calentando la mezcla a temperatura de 80°C durante 15 segundos. Transcurrido los 15 segundos, se procedió a vaciar la mezcla en un recipiente de acero inoxidable.

3.5.1.12 Enfriamiento

En esta etapa, se procede a enfriar la mezcla colocando el recipiente de acero inoxidable en un baño de hielo a temperatura de -5°C hasta la temperatura de 4°C, para pasar al proceso de maduración.

3.5.1.13 Maduración

La maduración de la mezcla enfriada, se lleva a cabo en un refrigerador (figura 3.4), se procede a colocar la mezcla en un recipiente de acero inoxidable a una temperatura de 4°C durante un tiempo de 24 horas.

3.5.1.14 Moldeado

Se colocó la mezcla en moldes de acero inoxidable.

3.5.1.15 Congelación

La congelación de los helados se lleva a cabo en un congelador (figura 3.5), a una temperatura de -50°C, el helado alcanza una temperatura de -28°C, en un tiempo aproximadamente de 2 horas.

3.5.1.16 Empacado

Los helados ya desmoldeados se empacan individualmente en fundas de polipropileno de baja densidad.

3.5.1.17 Etiquetado

El etiquetado se realiza colocando las etiquetas en cada helado empacado de forma manual.

3.5.1.18 Almacenamiento

El producto final se almacena en un freezer a una temperatura de -18°C .

3.6 Metodología experimental para la obtención de resultados

La metodología de obtención de resultados de laboratorio, para las propiedades físicas, los parámetros fisicoquímicos y análisis microbiológico de la materia prima y el producto final se detallan a continuación:

3.6.1 Propiedades físicas de la frutilla

La tabla 3.7, muestra las propiedades físicas de la frutilla variedad *Albión*, realizados en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.C.I.A)

Tabla 3.7

Propiedades físicas de la frutilla

Características	Unidad
Altura	cm
Diámetro	cm
°Brix	°Brix
Peso	g
Porción comestible	%
Porción no comestible	%

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Análisis fisicoquímico de la frutilla

La tabla 3.8, muestra los parámetros y métodos que se tomaron en cuenta para los análisis fisicoquímicos de la frutilla, realizados en el Centro de Análisis, Investigación

y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.8

Parámetros del análisis fisicoquímico de la frutilla

Parámetros	Método	Unidad
Azúcares totales	NB 38033:06	%
Cenizas	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (N×6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID,2021

3.6.3 Análisis microbiológico de la frutilla

La tabla 3.9, muestra los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis microbiológico de la frutilla, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.9

Análisis microbiológico de la frutilla

Parámetros	Método	Unidad
Bacterias aerobias mesófilas	NB 32003:05	UFC/g
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

Fuente: CEANID,2021

3.6.4 Análisis fisicoquímico del producto terminado

La tabla 3.10, describe los parámetros que se tomarán en cuenta para el análisis fisicoquímico del producto terminado, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.10***Parámetros del análisis fisicoquímico del producto terminado***

Parámetros	Método	Unidad
Acidez (ácido cítrico)	NB 229:98	%
Cenizas	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimetría	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
pH (20°C)	NB 38028:2006	-
Proteína total (N×6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Sólidos totales	NB 231:1-1998	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2021

3.6.5 Análisis microbiológico del producto terminado

La tabla 3.11, muestra los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis microbiológico del producto terminado, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.11***Análisis microbiológico del producto terminado***

Parámetro	Método	Unidad
Bacterias aerobias mesófilas	NB 32003:05	UFC/g
Coliformes totales	BN 32005:02	UFC/g
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

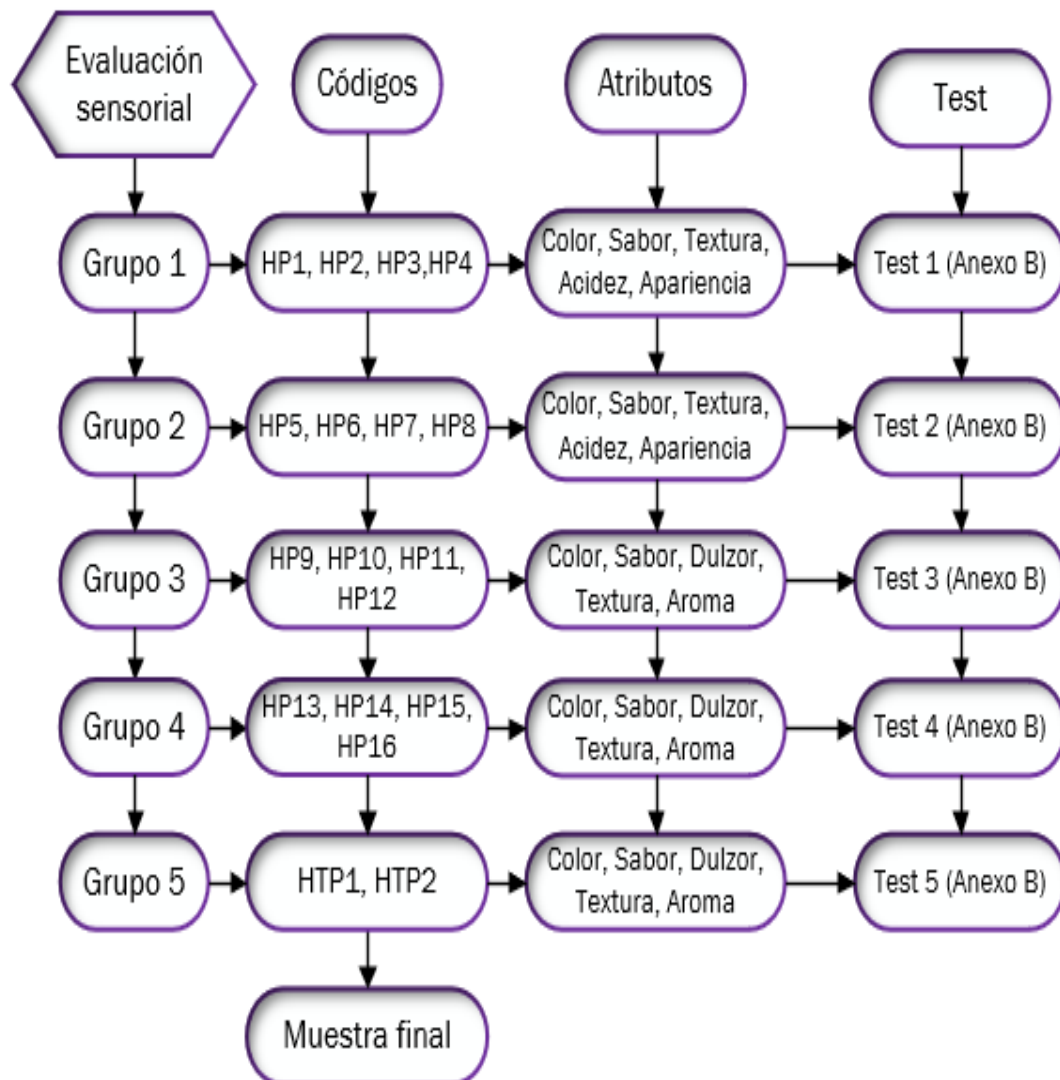
Fuente: CEANID, 2021

3.7 Análisis sensorial

La “evaluación sensorial” es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos. Mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos

terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios estos que se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los mismo (Espinosa, 2007).

La figura 3.19, detalla las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo que se realizaron para caracterizar las propiedades organolépticas durante el trabajo de investigación de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.19 Evaluaciones sensoriales de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

En base la figura 3.19, todas las evaluaciones sensoriales fueron realizados por 20 jueces no entrenados y una escala hedónica de 5 puntos.

3.8 Diseño experimental

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionan evidencia objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Gutierrez, H & De la Vara,R, 2008).

Experimentar es mejor que sentarse a esperar a que el proceso nos indique por sí solo como mejorarlo. El diseño de experimentos (DDE) es un conjunto de técnicas activas, en el sentido de que no esperan que el proceso mande las señales útiles, sino que este se “manipula” para que proporcione la información que se requiere para su mejoría (Gutierrez, H & De la Vara,R, 2008).

El diseño estadístico de experimentos se refiere al proceso para planear el experimento de tal forma que se recaben datos adecuados que puedan analizarse con métodos estadísticos que llevaran a conclusiones validas y objetivas. El enfoque estadístico del diseño experimental es necesario si se quiere sacar conclusiones significativas de los datos (Montgomery, 2004).

3.8.1 Diseño factorial

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el afecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en ocasiones tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor (Gutierrez, H & De la Vara,R, 2008).

Según Gutierrez, H & De la Vara,R, (2008), con el diseño factorial 2^3 se estudia tres factores en dos niveles cada uno. Consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes, los cuales pueden identificarse con las mismas notaciones introducidas con el diseño 2^3 .

El diseño factorial utilizado en el trabajo experimental, se muestra en la (Ecuación 3.1)

$$\boxed{2^k} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

2= Número de niveles

k = Número de variables

3.8.1.1 Diseño factorial 2^3 para el proceso de dosificación en la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para realizar el diseño factorial en el proceso de dosificación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se aplicó de acuerdo (Ecuación 3.1). El diseño experimental corresponde a:

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

Los factores tomados en cuenta en el diseño experimental, se muestran en tabla 3.12.

Tabla 3.12

Factores en el proceso de dosificación de helado tipo paleta

Factores	Unidad	Símbolo	Número de niveles
Pulpa de frutilla	%	A	2
Azúcar	%	B	2
Glucosa	%	C	2

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3.13, muestra la matriz de diseño factorial aplicado en el proceso de dosificación, para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, compuesta por tres variables: pulpa de frutilla (A), azúcar(B) y glucosa(C).

Tabla 3.13

Matriz de variables del diseño factorial en el proceso de dosificación

Corridas	Combinaciones de tratamientos	Variables			Interacción				Respuestas
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y _j
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)

La tabla 3.14, muestra los niveles de variación de los factores (nivel superior y nivel inferior) aplicados en el proceso de dosificación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

Tabla 3.14

Niveles de variación de los factores en el proceso de dosificación

Variables	Unidad	Nivel inferior	Nivel superior
Pulpa de frutilla	%	45	50
Azúcar	%	10	12
Glucosa	%	3	5

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

4.1 Caracterización de la materia prima

Para la caracterización de la materia prima, se toma en cuenta las propiedades físicas, análisis fisicoquímico y microbiológico de la frutilla los cuales se detallan a continuación:

4.1.1 Propiedades físicas de la frutilla

La tabla 4.1, muestra las propiedades físicas de la frutilla variedad *Albión*, realizados en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos

Tabla 4.1

Propiedades físicas de la frutilla

Nº	Altura (cm)	Diámetro (cm)	°Brix	Peso bruto (g)	Peso neto (g)	PC %	PNC %
1	3,13	2,02	9,10	7,78	7,46	95,89	4,11
2	2,83	1,89	10,40	6,34	6,13	96,69	3,31
3	3,12	2,43	9,63	10,43	10,05	96,36	3,64
4	2,94	2,23	10,31	8,40	8,06	95,95	4,05
5	3,35	2,23	8,80	11,33	10,87	95,94	4,06
6	2,98	2,56	8,57	8,53	8,21	96,25	3,75
7	3,32	2,37	9,58	8,29	7,99	96,38	3,62
8	3,01	2,12	10,56	9,40	9,09	96,70	3,30
9	2,76	1,98	9,97	7,32	7,06	96,45	3,55
10	2,87	2,16	10,13	8,17	7,96	97,43	2,57
11	2,79	2,56	10,56	6,84	6,50	95,03	4,97
12	2,86	1,78	9,19	5,64	5,37	95,21	4,79
13	3,15	2,46	10,68	9,09	8,89	97,80	2,20
14	3,05	2,13	10,90	8,19	7,88	96,21	3,79
15	2,94	1,96	10,89	6,94	6,66	95,97	4,03
16	2,86	2,16	9,78	8,38	7,99	95,35	4,65
17	3,14	2,67	10,96	11,65	11,36	97,51	2,49
18	3,17	2,67	9,80	8,16	7,92	97,06	2,94
19	3,28	2,34	8,56	10,57	10,16	96,12	3,88
20	3,47	2,77	10,92	13,92	13,19	94,76	5,24
\bar{X}_i	3,05±0,05	2,27±0,05	9,96	8,77±0,01	8,44±0,01	96,25	3,75

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Peso bruto= Pedúnculos, pulpa, semillas (g)

Peso neto= Pulpa de frutilla (g)

PC= Porción comestible (%)

PNC= Porción no comestible (%)

Según la tabla 4.1, se puede observar los resultados promedios de las propiedades físicas de la frutilla: altura $3,05 \pm 0,05$ cm; diámetro $2,27 \pm 0,05$ cm; $9,96$ °Brix; peso bruto $8,77 \pm 0,01$ g; peso neto $8,44 \pm 0,01$ g; porción comestible 96,25%; porción no comestible 3,75%.

4.1.2 Análisis fisicoquímico de la frutilla

La tabla 4.2, muestra los resultados obtenidos en el CEANID del análisis fisicoquímico de la frutilla, variedad *Albión*.

Tabla 4.2

Análisis fisicoquímico de la frutilla

Componentes	Unidad	Cantidad
Azúcares totales	%	6,89
Cenizas	%	0,43
Fibra	%	2,08
Grasa	%	0,17
Hidratos de carbono	%	7,14
Humedad	%	89,65
Proteína total (N×6,25)	%	0,53
Valor energético	Kcal /100g	32,21

Fuente: CEANID, 2021

Según la tabla 4.2, se puede observar que la frutilla contiene: azúcares totales 6,89%; ceniza 0,43%; fibra 2,08%; grasa 0,17%; hidratos de carbono 7,14%; humedad 89,65%; proteína total 0,53% y valor energético 32,21 Kcal/100g.

4.1.3 Análisis microbiológico de la frutilla

La tabla 4.3, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la frutilla

Tabla 4.3

Análisis microbiológico de la frutilla

Microorganismos	Unidad	Cantidad
Baterías aerobias mesófilas	UFC/g	$2,6 \times 10^4$
Coliformes totales	UFC/g	$1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/g	$4,2 \times 10^4$

Fuente: CEANID,2021

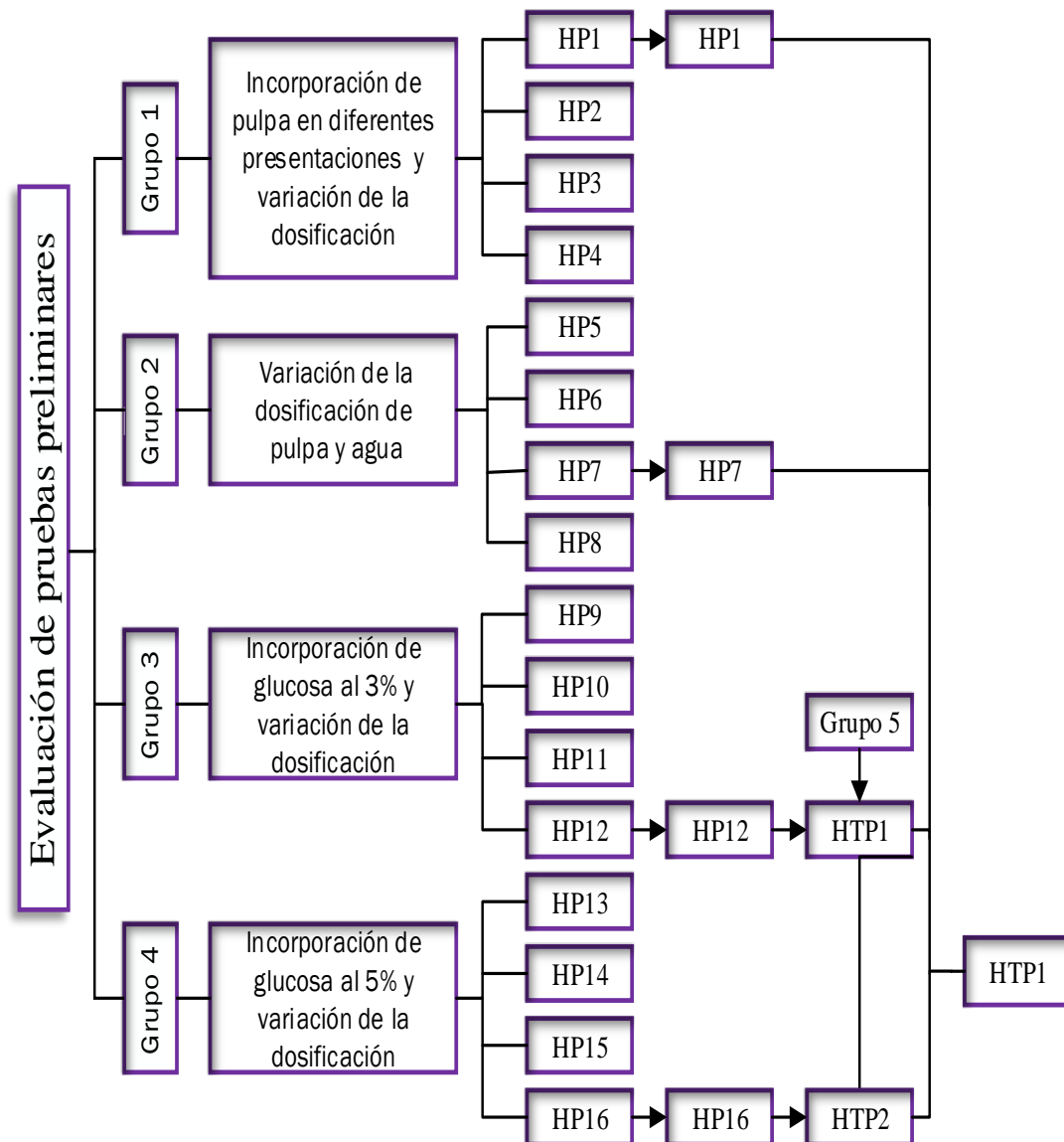
Según la tabla 4.3, se puede observar que contiene: $2,6 \times 10^4$ UFC/g de bacterias aerobias mesófilas, $1,0 \times 10^1$ UFC/g de coliformes totales y $4,2 \times 10^4$ UFC/g de mohos y levaduras.

4.2 Caracterización de las variables del proceso para el helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para caracterizar las variables del proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Clasificación de pruebas preliminares para la obtención de muestra de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

A nivel experimental se procedió a elaborar 16 pruebas preliminares agrupándolas según su composición utilizada para su elaboración en cuatro grupos de cuatro pruebas cada uno: Para el grupo 1, se utilizó pulpa de frutilla en diferentes presentaciones y se varió el porcentaje de agua y pulpa; para el grupo 2, se utilizó pulpa de frutilla tamizada y se varió el porcentaje de agua y pulpa; para el grupo 3, se agregó glucosa al 3% y se varió el porcentaje de agua, pulpa y azúcar y para el grupo 4, se agregó glucosa al 5% y se varió el porcentaje de agua, pulpa y azúcar (figura 4.1); con la finalidad de establecer una muestra ideal (HP12) para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1 Pruebas preliminares para obtener helado tipo paleta con pulpa de frutilla

4.2.2 Incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

La tabla 4.4, muestra la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación en la dosificación de pulpa de frutilla y agua del grupo 1 para la elaboración de cuatro pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

Tabla.4.4

Incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

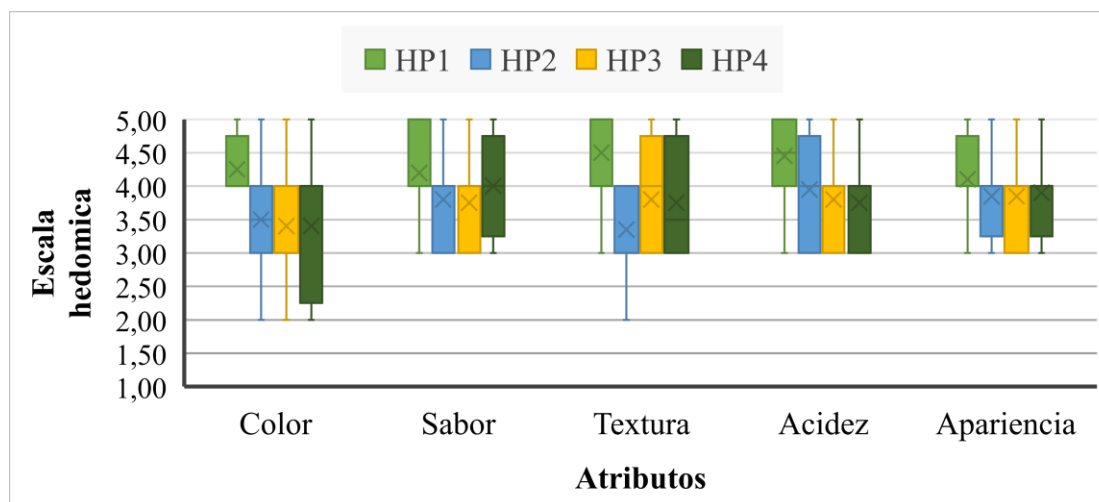
Muestras	Pulpa de frutilla	Agua	Azúcar	Estabilizantes	Unidad	Tipo de corte
HP1	35	49,5	15	0,5	%	Tamizada
HP2	45	39,5	15	0,5	%	Brunoise
HP3	55	29,5	15	0,5	%	Mirepoik
HP4	65	19,5	15	0,5	%	Paisana

Fuente: Elaboración propia.

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.4, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.19).

4.2.2.1 Estadístico de caja de bigote en la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

Según la figura 4.2, se puede observar caja y bigote para el grupo 1; extraídos de la tabla C.3 (Color), tabla C.7 (Sabor), tabla C.9 (Textura), tabla C.13 (Acidez) y tabla C.17 (Apariencia) para las pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla para el grupo 1 (Anexos C).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2 Caja y bigote en la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

Cómo se puede observar en la figura 4.2, la muestra HP1 presenta medianas para los atributos textura (5,00), acidez (4,50) y para los atributos sabor, color y apariencia (4,00), indica que la distribución de los valores de la caja estaría entre el 50% para una calificación hedónica entre valores de 4,0 (primer cuartil) y 5,0 (tercer cuartil); en comparación con las muestras HP2, HP3 y HP4, que tienen valores menores. Siendo la muestra HP1 de mayor aceptación por los jueces, en cuanto se refiere a la elección de la muestra del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

4.2.2.2 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.8 (sabor) y tabla C.18 (apariencia) se observó que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada y no existe diferencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia 0,05.

4.2.2.3 Estadístico de Tukey para el atributo color en la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

La tabla 4.5, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey, y extraídos de la tabla C.6 para el atributo color (Anexo C).

Tabla 4.5

Estadístico de Tukey para el atributo color del grupo 1

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP1 – HP4	0,90	0,90>0,55	Si hay significancia
HP1 – HP3	0,85	0,85>0,55	Si hay significancia
HP1 – HP2	0,75	0,75>0,55	Si hay significancia
HP2 – HP4	0,15	0,15<0,55	No hay significancia
HP2 – HP3	0,10	0,10<0,55	No hay significancia
HP3 – HP4	0,05	0,05<0,55	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.5, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP1-HP4), (HP1-HP3), (HP1- HP2). Sin embargo, los tratamientos (HP2-HP4), (HP2-HP3), (HP3-HP4), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.2.4 Estadístico de Tukey para el atributo textura en la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

La tabla 4.6, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.12 para el atributo textura (Anexo C).

Tabla 4.6

Estadístico de Tukey para el atributo textura del grupo 1

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP1 – HP2	1,15	1,15>0,51	Si hay significancia
HP1 – HP4	0,75	0,75>0,51	Si hay significancia
HP1 – HP3	0,70	0,70>0,51	Si hay significancia
HP3 – HP2	0,45	0,45<0,51	No hay significancia
HP3 – HP4	0,05	0,05<0,51	No hay significancia
HP4 – HP2	0,40	0,40<0,51	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.6, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP1-HP2), (HP1-HP4), (HP1- HP3). Sin embargo, los tratamientos (HP3-HP2), (HP3-HP4), (HP4-HP2), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.2.5 Estadístico de Tukey para el atributo acidez en la incorporación de pulpa en diferentes presentaciones y variación de la dosificación para el grupo 1

La tabla 4.7, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.16 para el atributo acidez (Anexo C).

Tabla 4.7*Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 1*

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP1 – HP4	0,70	0,70>0,53	Si hay significancia
HP1 – HP3	0,65	0,65>0,53	Si hay significancia
HP1 – HP2	0,50	0,50<0,53	No hay significancia
HP2 – HP4	0,20	0,20<0,53	No hay significancia
HP2 – HP3	0,15	0,15<0,53	No hay significancia
HP3 – HP4	0,05	0,05<0,53	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.7, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP1-HP4), (HP1-HP3). Sin embargo, los tratamientos (HP1-HP2), (HP2-HP4), (HP2-HP3), (HP3-HP4), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.3 Variación de la dosificación de pulpa de frutilla y agua para el grupo 2

La tabla 4.8, muestra la variación de la dosificación de pulpa y agua, manteniendo constante la dosificación de azúcar y estabilizante del grupo 2 para la elaboración de cuatro pruebas de helado tipo paleta con pupa de frutilla.

Tabla 4.8*Variación de la dosificación de pulpa de frutilla y agua para el grupo 2*

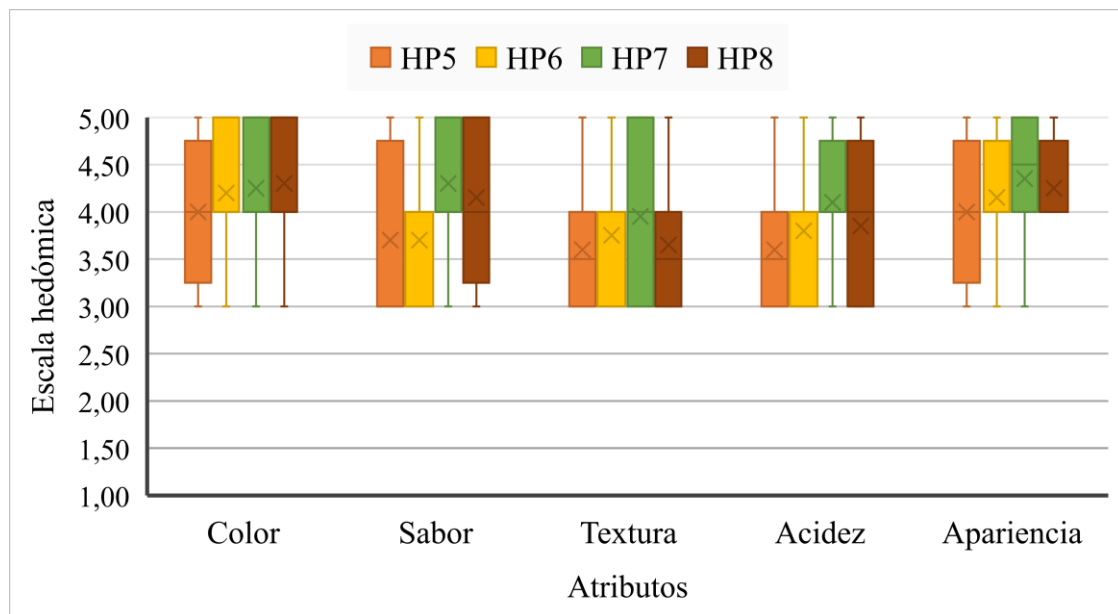
Muestras	Pulpa de frutilla	Agua	Azúcar	Estabilizantes	Unidad
HP5	35	49,5	15	0,5	%
HP6	40	44,5	15	0,5	%
HP7	45	39,5	15	0,5	%
HP8	50	34,5	15	0,5	%

Fuente: Elaboración propia.

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.8, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.19).

4.2.3.1 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación de pulpa de frutilla y agua para el grupo 2

La figura 4.3, se observa caja y bigote para el grupo 2; extraídos de la tabla C.19 (Color), tabla C.21 (Sabor), tabla C.25 (Textura), tabla C.27 (Acidez) y tabla C.29 (Apariencia) para las pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla para el grupo 2 (Anexos C).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3 Caja y bigote en la variación de la dosificación de pulpa de frutilla y agua para el grupo 2

La figura 4.3, se observa que la muestra HP7 presenta medianas para los atributos apariencia (4,50) y para los atributos sabor, color, textura y acidez (4,00), indica que la distribución de los valores de la caja estaría entre el 50% para una calificación hedónica entre valores de 3,0 (primer cuartil) y 5,0 (tercer cuartil), siendo la muestra HP7 de mayor aceptación por los jueces; en comparación con las muestras HP5, HP6 y HP8, que tienen valores menores en cuanto se refiere a la elección de la muestra del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

4.2.3.2 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la variación de la dosificación de pulpa de frutilla y agua para el grupo 2

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.20 (color), tabla C.26 (textura), tabla C.28 (acidez) y tabla C.30 (apariencia) se observó que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada y no existe diferencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia 0,05.

4.2.3.3 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la variación de la dosificación de pulpa de frutilla y agua para el grupo 2

La tabla 4.9, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.24 para el atributo sabor (Anexo C).

Tabla 4.9

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 2

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP7 – HP5	0,60	0,60 > 0,55	Si hay significancia
HP7 – HP6	0,60	0,60 > 0,55	Si hay significancia
HP7 – HP8	0,15	0,15 < 0,55	No hay significancia
HP8 – HP5	0,45	0,45 < 0,55	No hay significancia
HP8 – HP6	0,45	0,45 < 0,55	No hay significancia
HP6 – HP5	0,00	0,00 < 0,55	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.9, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP7-HP5), (HP7-HP6). Sin embargo, los tratamientos (HP7-HP8), (HP8-HP5), (HP8-HP6), (HP6-HP5), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.4 Incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

La tabla 4.10, muestra la incorporación de glucosa al 3% y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar, manteniendo constante la dosificación de los

estabilizantes del grupo 3 para la elaboración de cuatro pruebas de helado tipo paleta con pupa de frutilla.

Tabla 4.10

Incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

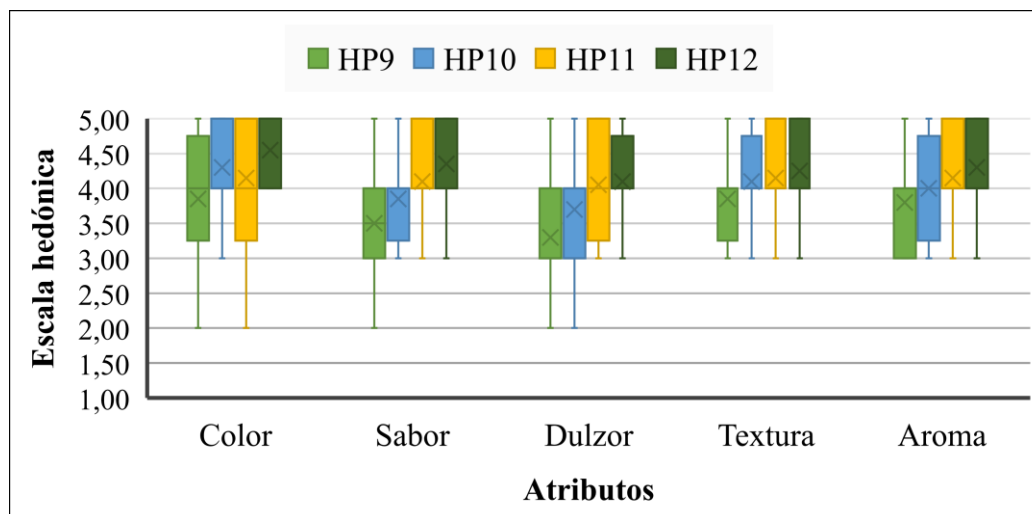
Muestras	Pulpa de frutilla	Agua	Azúcar	Glucosa	Estabilizantes	Unidad
HP9	45	41,5	10	3	0,5	%
HP10	50	36,5	10	3	0,5	%
HP11	45	39,5	12	3	0,5	%
HP12	50	34,5	12	3	0,5	%

Fuente: Elaboración propia.

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.10, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.19).

4.2.4.1 Estadístico de caja de bigote en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

La figura 4.4, muestra el estadístico de caja y bigote para el grupo 3; extraídos de la tabla C.31 (Color), tabla C.35 (Sabor), tabla C.39 (Dulzor), tabla C.43 (Textura) y tabla C.40 (Aroma) para las pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla para el grupo 3; extraídos del (Anexos C).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4 Caja y bigote incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

La figura 4.4, se observa que la muestra HP12 presenta medianas para los atributos color (5,00) y para los atributos sabor, dulzor, textura y aroma (4,00), indica que la distribución de los valores de la caja estaría entre el 50% para una calificación hedónica entre valores de 4,0 (primer cuartil) y 5,0 (tercer cuartil), siendo la muestra HP12 de mayor aceptación por los jueces; en comparación con las muestras HP9, HP10 y HP11, que tienen valores menores en cuanto se refiere a la elección de la muestra del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

4.2.4.2 Análisis de varianza de la evolución sensorial en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.44 (textura) y tabla C.46 (aroma), se observó que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada y no existe diferencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia 0,05.

4.2.4.3 Estadístico de Tukey para el atributo color en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

La tabla 4.11, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.34 para el atributo color (Anexo C).

Tabla 4.11

Estadístico de Tukey para el atributo color del grupo 3

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP12 – HP9	0,70	$0,70 > 0,55$	Si hay significancia
HP12 – HP11	0,40	$0,40 < 0,55$	No hay significancia
HP12 – HP10	0,25	$0,25 < 0,55$	No hay significancia
HP10 – HP9	0,45	$0,45 < 0,55$	No hay significancia
HP10 – HP11	0,15	$0,15 < 0,55$	No hay significancia
HP11 – HP9	0,30	$0,30 < 0,55$	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.11, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP12–HP9). Sin embargo, los tratamientos (HP12–HP11), (HP12–HP10), (HP10–HP9), (HP10–HP11), (HP11–HP9), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.4.4 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

La tabla 4.12, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.38 para el atributo sabor (Anexo C).

Tabla 4.12

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 3

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP12 – HP9	0,85	$0,85 > 0,52$	Si hay significancia
HP12 – HP10	0,50	$0,50 < 0,52$	No hay significancia
HP12 – HP11	0,25	$0,25 < 0,52$	No hay significancia
HP11 – HP9	0,60	$0,60 > 0,52$	Si hay significancia
HP11 – HP10	0,25	$0,25 < 0,52$	No hay significancia
HP10 – HP9	0,35	$0,35 < 0,52$	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.12, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP12–HP9), (HP11–HP9). Sin embargo, los tratamientos (HP12–HP10), (HP12–HP11), (HP11–HP10), (HP10–HP9), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.4.5 Estadístico de Tukey para el atributo dulzor en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 3

La tabla 4.13, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.42 para el atributo dulzor (Anexo C).

Tabla 4.13

Estadístico de Tukey para el atributo dulzor del grupo 3

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP12 – HP9	0,80	$0,80 > 0,51$	Si hay significancia
HP12 – HP10	0,40	$0,40 < 0,51$	No hay significancia
HP12 – HP11	0,05	$0,05 < 0,51$	No hay significancia
HP11 – HP9	0,75	$0,75 > 0,51$	Si hay significancia
HP11 – HP10	0,35	$0,35 < 0,51$	No hay significancia
HP10 – HP9	0,40	$0,40 < 0,51$	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.13, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP12–HP9), (HP11–HP9). Sin embargo, los tratamientos (HP12–HP10),

(HP12–HP11), (HP11–HP10), (HP10–HP9), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.5 Incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para grupo 4

La tabla 4.14, muestra la incorporación de glucosa al 5% y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar, manteniendo constante la dosificación de los estabilizantes del grupo 4 para la elaboración de cuatro pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

Tabla 4.14

Incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 4

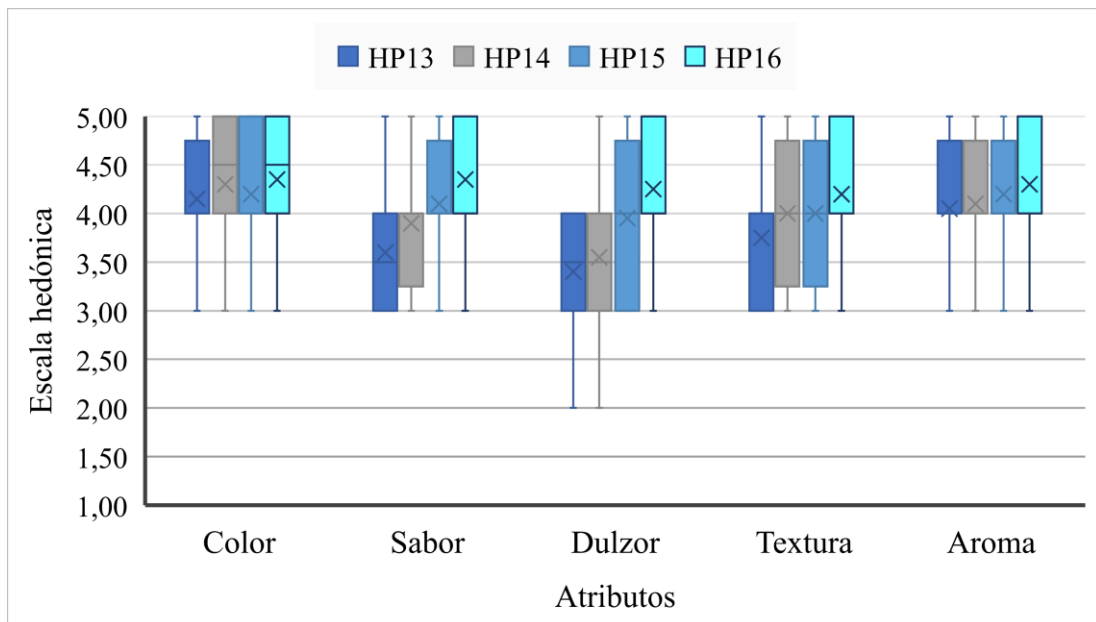
Muestras	Pulpa de frutilla	Agua	Azúcar	Glucosa	Estabilizantes	Unidad
HP13	45	39,5	10	5	0,5	%
HP14	50	34,5	10	5	0,5	%
HP15	45	37,5	12	5	0,5	%
HP16	50	32,5	12	5	0,5	%

Fuente: Elaboración propia.

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.14, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.19).

4.2.5.1 Estadístico de caja y bigote en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 4

La figura 4.5, se observa caja y bigote para el grupo 4; extraídos de la tabla C.47 (Color), tabla C.49 (Sabor), tabla C.53 (Dulzor), tabla C.57 (Textura) y tabla C.59 (Aroma) para las pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla para el grupo 4 (Anexos C).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5 Caja y bigote incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 4

La figura 4.5, se observa que la muestra HP16 presenta medianas para los atributos color (4,50) y para los atributos sabor, dulzor, textura y aroma (4,00), indica que la distribución de los valores de la caja estaría entre el 50% para una calificación hedónica entre valores de 4,0 (primer cuartil) y 5,0 (tercer cuartil), siendo la muestra HP16 de mayor aceptación por los jueces; en comparación con las muestras HP13, HP14 y HP15, que tienen valores menores en cuanto se refiere a la elección de la muestra del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

4.2.5.2 Análisis de varianza de la evolución sensorial en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 4

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.48 (color), tabla C.58 (textura) y tabla C.60 (aroma), se observó que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada y no existe diferencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia 0,05

4.2.5.3 Estadístico Tukey para el atributo sabor en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 4

La tabla 4.15, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.52 para el atributo sabor (Anexo C).

Tabla 4.15

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 4

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP16 – HP13	0,75	$0,75 > 0,44$	Si hay significancia
HP16 – HP14	0,45	$0,45 > 0,44$	Si hay significancia
HP16 – HP15	0,25	$0,25 < 0,44$	No hay significancia
HP15 – HP13	0,50	$0,50 > 0,44$	Si hay significancia
HP15 – HP14	0,20	$0,20 < 0,44$	No hay significancia
HP14 – HP13	0,30	$0,30 < 0,44$	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.15, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP16–HP13), (HP16–HP14), (HP15–HP13). Sin embargo, los tratamientos (HP16–HP15), (HP15–HP14), (HP14–HP13), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.2.5.4 Estadístico Tukey para el atributo dulzor en la incorporación de glucosa y variación de la dosificación de pulpa de frutilla, agua y azúcar para el grupo 4

La tabla 4.16, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.56 para el atributo dulzor (Anexo C).

Tabla 4.16

Estadístico de Tukey para el atributo dulzor del grupo 4

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HP16 – HP13	0,85	0,85>0,51	Si hay significancia
HP16 – HP14	0,70	0,70>0,51	Si hay significancia
HP16 – HP15	0,30	0,30<0,51	No hay significancia
HP15 – HP13	0,55	0,55>0,51	Si hay significancia
HP15 – HP14	0,40	0,40<0,51	No hay significancia
HP14 – HP13	0,15	0,15<0,51	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.16, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos (HP16–HP13), (HP16–HP14), (HP15–HP13). Sin embargo, los tratamientos (HP16–HP15), (HP15–HP14), (HP14–HP13), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia 0.05.

4.3 Diseño Factorial 2³ en el proceso de dosificación del helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para determinar que factor influye en el proceso de dosificación del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se procedió experimentalmente a realizar el diseño factorial 2³, donde la variable respuesta es los sólidos solubles (°Brix). Los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo D).

4.3.1 Análisis de varianza para la variable respuesta sólidos solubles en el proceso de dosificación del helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4,17, se observa los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable respuesta sólidos solubles (°Brix) en el proceso de dosificación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla en base a los resultados de la tabla D.4 y extraídos del (Anexo D).

Tabla 4.17

Análisis varianza de la variable respuesta sólidos solubles en el proceso de dosificación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	28,91	15	-	-	-
Factor A	3,33	1	3,33	26,51*	5,32
Factor B	7,16	1	7,16	56,96*	5,32
Factor C	17,02	1	17,02	135,45*	5,32
Interacción AB	0,01	1	0,01	0,04	5,32
Interacción AC	0,05	1	0,05	0,40	5,32
Interacción BC	0,33	1	0,33	2,63	5,32
Interacción ABC	0,02	1	0,02	0,12	5,32
Error	1,01	8	0,13	-	-

Fuente: Elaboración propia.

*Significativo

La tabla 4.17, se observa que los factores, porcentaje de pulpa de frutilla (A), porcentaje de azúcar (B) y porcentaje de glucosa (C) $F_{cal} > F_{tab}$; son significativo para el proceso de dosificación. Sin embargo, las interacciones (AB) porcentaje de pulpa-porcentaje de azúcar, (AC) porcentaje de pulpa- porcentaje de glucosa, (BC) porcentaje de azúcar-porcentaje de glucosa, (ABC) porcentaje de pulpa-porcentaje de azúcar-porcentaje glucosa no son significativos en el proceso de dosificación con un nivel de significancia 0,05.

De acuerdo al diseño factorial 2^3 aplicado en el proceso de dosificación, se puede establecer que los factores, porcentaje de pulpa de frutilla (A), porcentaje de azúcar (B) y porcentaje de glucosa (C) son significativos (26,51) $F_{cal} > F_{tab}$ (5,35), (56,96) $F_{cal} > F_{tab}$ (5,35), (135,45) $F_{cal} > F_{tab}$ (5,35). Sin embargo, las interacciones no son significativos para un nivel de significancia de 0,05.

4.4 Selección de la muestra final para el helado tipo paleta con pulpa de frutilla del grupo 5

Para la selección de la muestra final en el presente trabajo, se toma en cuenta dos muestras, la muestra HP12 experimental proveniente del grupo 3 y la muestra HP16

experimental proveniente del grupo 4; a las cuales se le dio una nueva asignación a la muestra HP12 se le asignó nuevo código que es (HTP1) y la muestra HP16 se le asignó el código de (HTP2) fueron evaluadas por 20 jueces no entrenados con la finalidad de obtener una muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla. La tabla 4.18 se puede observar la variación del porcentaje de glucosa al 3% y 5% y manteniendo constante los demás insumos.

Tabla 4.18

Variación del porcentaje de glucosa de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

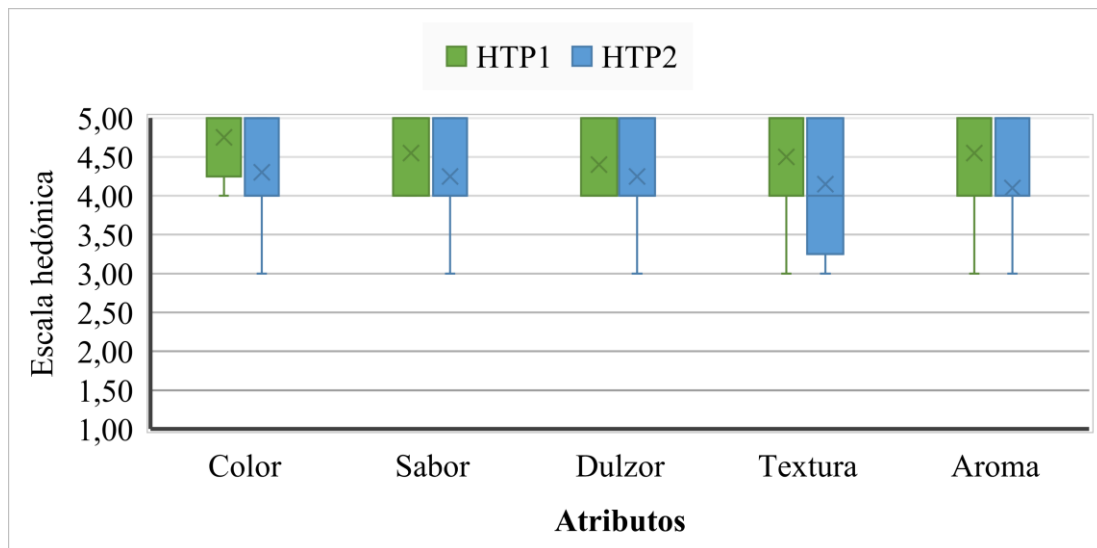
Muestra	Pulpa de frutilla	Agua	Azúcar	Glucosa	Estabilizantes	Unidad
HTP1	50	34,5	12	3	0,5	%
HTP2	50	32,5	12	5	0,5	%

Fuente: Elaboración propia.

En base a las dos pruebas de la tabla 4.18, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.19).

4.4.1 Estadístico de caja de bigote para muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4.6, muestra caja y bigote para la muestra final extraídos de la tabla C.61 (Color), tabla C.65 (Sabor), tabla C.67 (Dulzor), tabla C.69 (Textura) y tabla C.71 (Aroma) para las pruebas de helado tipo paleta con pulpa de frutilla (Anexos C).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.6 Caja y bigote para muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4.6 se observa que la muestra HTP1 presenta medianas para los atributos color, sabor, textura y aroma (5,00) y para el atributo dulzor (4,00) indica que la distribución de los valores de la caja estaría entre el 50% para una calificación hedónica entre valores de 4,0 (primer cuartil) y 5,0 (tercer cuartil), siendo la muestra HTP1 de mayor aceptación por los jueces; en comparación con la muestra HTP2 que tiene valores menores en cuanto se refiere a la elección de la muestra del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

4.4.2 Análisis de varianza de la evolución sensorial para la muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.66 (sabor), tabla C.68 (dulzor) y tabla C.70 (textura), se observó que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada y no existe diferencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia 0,05.

4.4.3 Estadístico de Tukey para el atributo color de la muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.19, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.64 para el atributo color (Anexo C).

Tabla 4.19

Estadístico de Tukey para el atributo color de la muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HTP1 – HTP2	0,45	0,45>0,44	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.19, se observa que existe diferencia estadística ente los tratamientos (HTP1–HTP2) para el atributo color para un nivel de significancia 0.05.

4.4.4 Estadístico de Tukey para el atributo aroma de la muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.20, muestra los resultados de análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.74 para el atributo aroma (Anexo C).

Tabla 4.20

Estadístico de Tukey para el atributo aroma de la muestra final de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
HTP1 – HTP2	0,45	0,45>0,38	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4.20, se observa que existe diferencia estadística ente los tratamientos (HTP1–HTP2) para el atributo aroma para un nivel de significancia 0.05.

4.5 Determinación de la cinética de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para determinar la cinética de congelación en el helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se toma en cuenta 2 muestras de helado, insertando el termómetro digital de manera

lateral hasta el centro del helado; donde se controló la temperatura y tiempo para determinar el 5 tiempo de congelamiento.

4.5.1 Determinación de tiempo de congelación en el helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para determinar el tiempo de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se toma en cuenta 2 muestras de helado, insertando el termómetro digital de manera horizontal hasta el centro, donde la temperatura inicial es de 4°C. Ambas muestras fueron controladas desde el inicio del proceso de congelación hasta finalizar el mismo en intervalos de 15 minutos durante el proceso de congelación de 2 horas a temperatura de -50°C.

La tabla 4.21, muestra los valores obtenidos de los resultados durante la determinación de la temperatura y tiempo de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

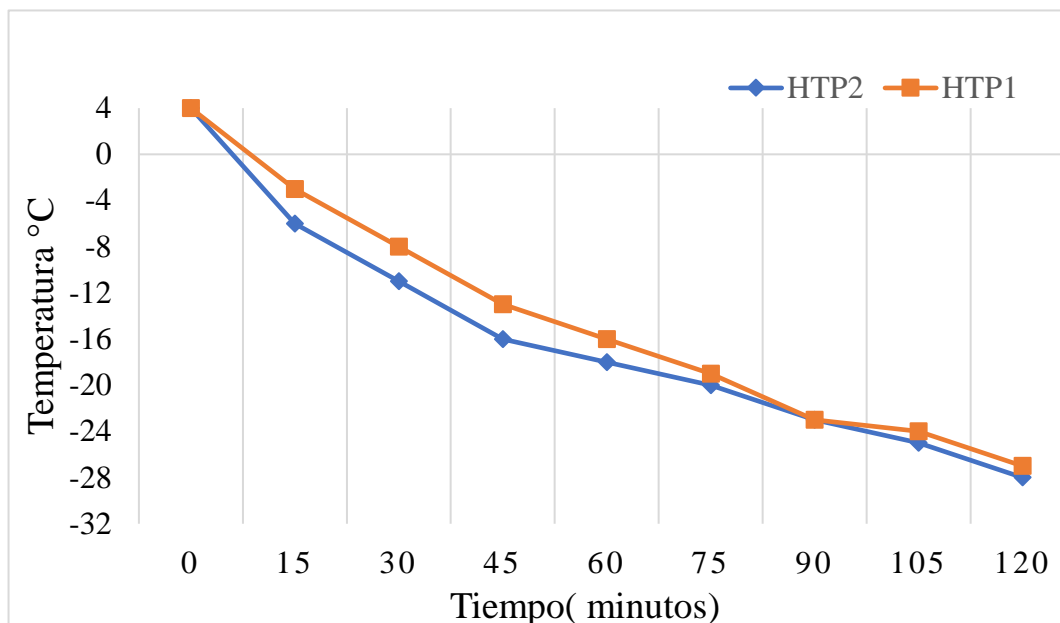
Tabla 4.21

Determinación de temperatura y tiempo en el proceso de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tiempo (minutos)	Temperatura °C	
	HTP2	HTP1
0	4	4
15	-6	-3
30	-11	-8
45	-16	-13
60	-18	-16
75	-20	-19
90	-23	-23
105	-25	-24
120	-28	-27

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.7, muestra la curva de congelamiento de acuerdo a los datos extraídos de la tabla 4.21.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.7 Determinación de temperatura y tiempo en el proceso de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

De acuerdo a la figura 4.7, se puede evidenciar que la muestra HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) y HTP2 (50% pulpa de frutilla, 12% azúcar y 5% glucosa), el contenido de solutos (azúcares y pulpa) en la mezcla de helado hace disminuir el punto de congelación, a medida que pasa el tiempo la concentración de solutos en el agua no congelada aumenta y la temperatura de congelación continúa bajando, donde se observa una variación de temperaturas entre las muestras HTP2 y HTP1 para el rango de (15 -75) minutos y entre el rango de (75 – 120) minutos la variación de temperatura es mínima entre las dos muestras.

La figura 4.7, muestra un descenso de temperatura desde la temperatura inicial 4°C hasta 0°C que corresponde a la fase de pre enfriamiento, el helado se enfría por debajo de su punto de congelación que es inferior a 0°C, el cambio de fase se efectúa a -4°C en un tiempo de 15 minutos, donde se elimina el calor latente por la formación de hielo, el aumento de la concentración de sólidos en el agua sin congelar durante la congelación provoca el descenso la temperatura entre los tiempos (15 – 90) minutos y

la etapa de atemperado entre (90 -120) minutos la temperatura va descendiendo hasta alcanzar los $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.6 Determinación del punto de congelación de la mezcla de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para determinar el punto de congelación en el helado tipo paleta con pulpa de frutilla, introduciendo al crioscopio automático 2 ml de la mezcla del helado; donde se controló la temperatura y tiempo para determinar el punto de congelación.

La tabla 4.22, se muestra los valores obtenidos de los resultados durante la determinación del punto de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

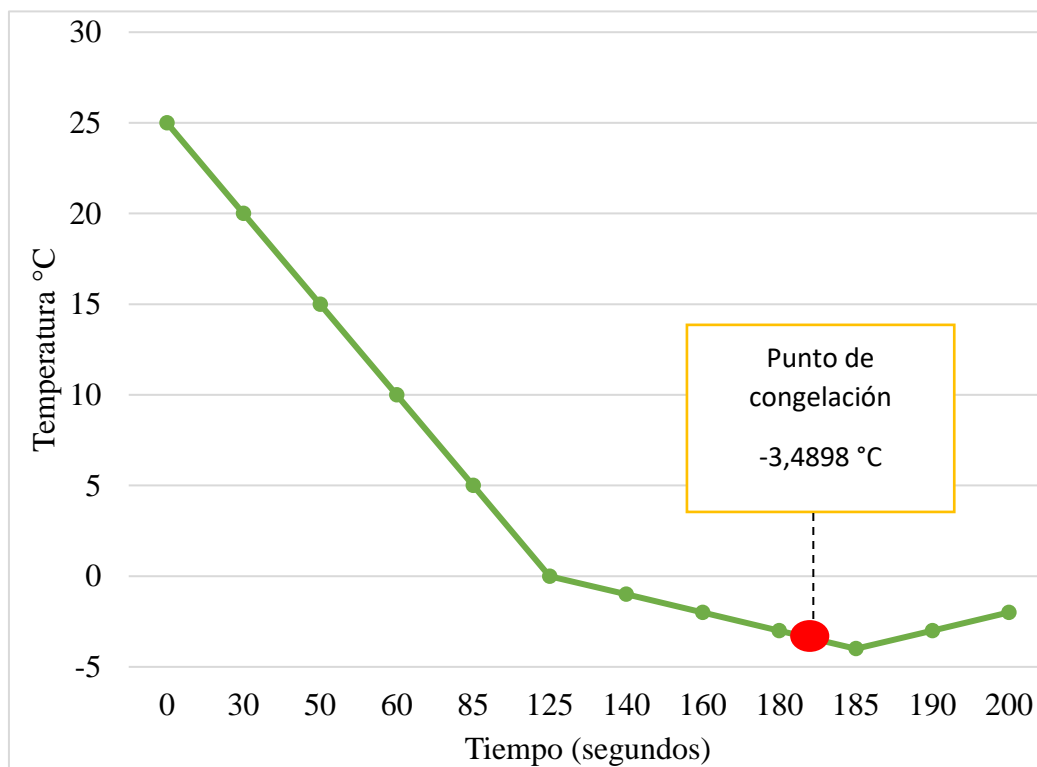
Tabla 4.22

Determinación del punto de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tiempo (segundos)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
0	25
30	20
50	15
60	10
85	5
125	0
140	-1
160	-2
180	-3
185	-4
190	-3
200	-2

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.8, muestra el punto de congelación de acuerdo a los datos extraídos de la tabla 4.22.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.8 Determinación del punto de congelación de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4.8, observa un descenso de temperatura desde 25°C hasta 0°C de forma rápida, en el rango de 0°C y -4°C se determina el punto de congelación equilibrio entre el hielo y la solución formada del helado tipo paleta con pulpa de frutilla a una temperatura de -3,4898 °C a los 182 segundos, entre las temperaturas -4°C y -2°C se muestra la curva de solubilidad o saturación, equilibrio entre sacarosa sólida y la solución. El punto de congelamiento del helado depende de la concentración de los componentes solubles específicamente del contenido de azúcar y pulpa.

4.7 Control de parámetros fisicoquímicos de helado tipo paleta con pulpa de frutilla en el almacenamiento

Los parámetros de control (acidez, °Brix y pH) del helado tipo paleta con pulpa de frutilla durante el almacenamiento bajo refrigeración a una temperatura de (-18°C) por

24 días se efectúa con las muestras HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) y HTP2 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa).

4.7.1 Control fisicoquímico de acidez durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.23, muestra los resultados obtenidos de la variación de acidez de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de las muestras HTP1 y HTP2; en función del tiempo de almacenamiento.

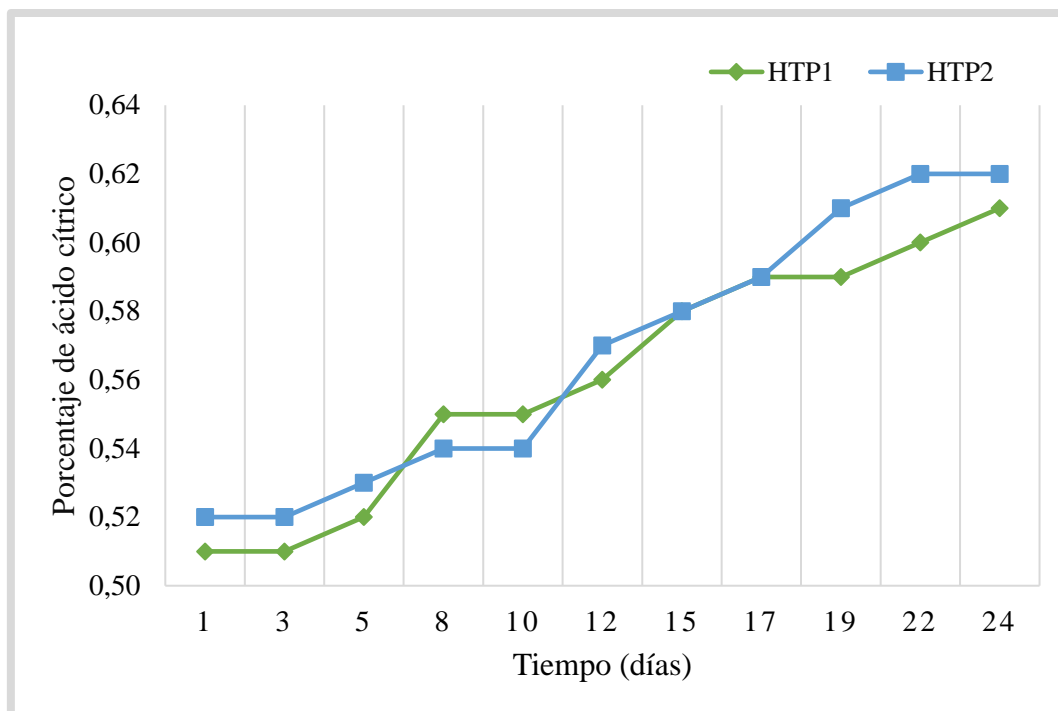
Tabla 4.23

Control de acidez durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tiempo (días)	Acidez (porcentaje de ácido cítrico)	
	HTP1	HTP2
1	0,51	0,52
3	0,51	0,52
5	0,52	0,53
8	0,55	0,54
10	0,55	0,54
12	0,56	0,57
15	0,58	0,58
17	0,59	0,59
19	0,59	0,61
22	0,60	0,62
24	0,61	0,62

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.9, muestra la variación de la acidez en función del tiempo durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla; en función de los datos extraídos de la tabla 4.23.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.9 Control de acidez durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4.9 indica el incremento de la acidez de las muestras HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) y HTP2 (50% pulpa de frutilla, 12% azúcar y 5% glucosa) en un periodo de 24 días de almacenamiento del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, el aumento de acidez se debe a la concentración de sólidos y a la liberación de ácidos orgánicos. En cuenta la calidad del producto según norma INEN 411 (1979) la acidez no debe superar el 0,80%, por lo tanto, el producto se encuentra dentro los parámetros establecidos.

4.7.2 Control fisicoquímico de sólidos solubles durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.24, muestra los valores obtenidos de los resultados del control de sólidos solubles de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de las muestras HTP1 y HTP2 en función del tiempo de almacenamiento.

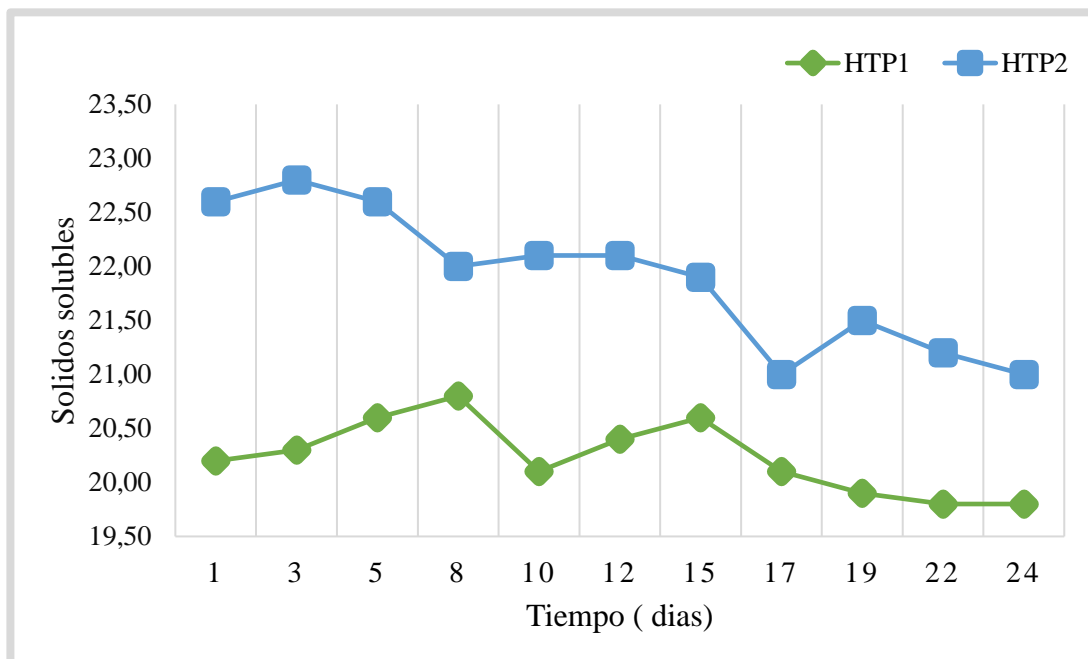
Tabla 4.24

Control de sólidos solubles durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tiempo (días)	Sólidos solubles (°Brix)	
	HTP1	HTP2
1	20,20	22,60
3	20,30	22,80
5	20,60	22,60
8	20,80	22,00
10	20,10	22,10
12	20,40	22,10
15	20,60	21,90
17	20,10	21,00
19	19,90	21,50
22	19,80	21,20
24	19,80	21,00

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.10, muestra el control de sólidos solubles durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de datos extraídos de la tabla 4.24.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10 Control de sólidos solubles durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4.10, muestra la variación de los sólidos solubles en el proceso de almacenamiento durante 24 días del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se observa que entre los días 8 al 17 la muestra HTP2 y del 10 a los 17 días la muestra HTP1 los sólidos solubles aumenta y disminuye debido a la fermentación de los carbohidratos por procesos anaerobios de los azúcares para la transformación a otros compuestos (glucosidasas, esterases y proteasa). En cuanto a la calidad y aceptabilidad del helado no difiere significativamente entre las muestras de helado fresco o almacenado.

4.7.3 Control fisicoquímico de pH durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.25, muestra los valores obtenidos de los resultados del control de pH de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de las muestras HTP1 y HTP2; en función del tiempo de almacenamiento.

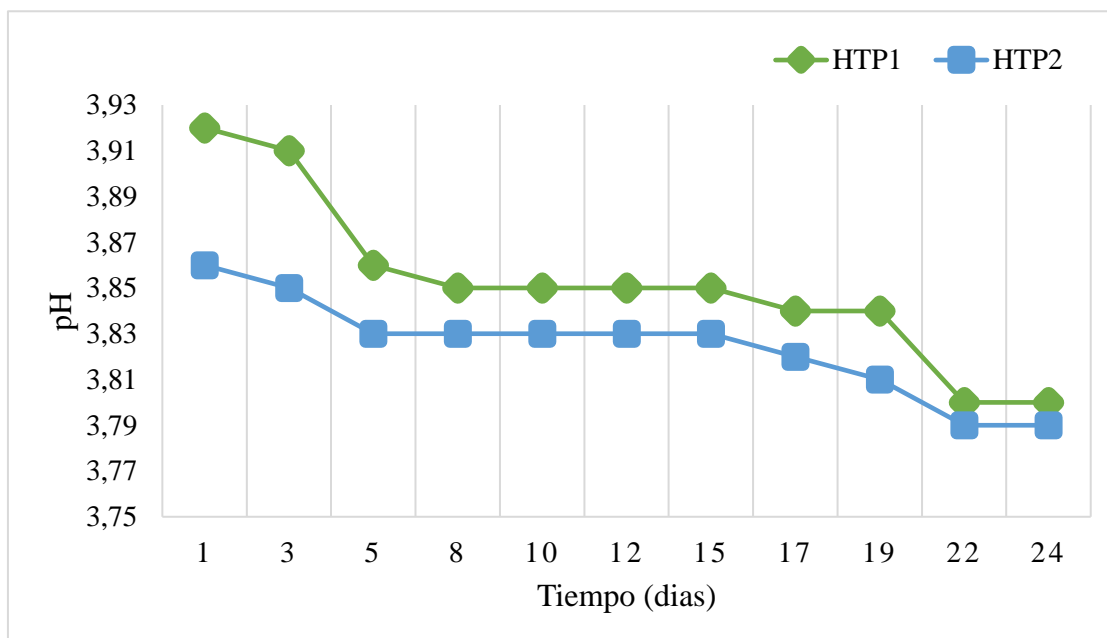
Tabla 4.25

Control de pH durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Tiempo (días)	pH	
	HTP1	HTP2
1	3,92	3,86
3	3,91	3,85
5	3,86	3,83
8	3,85	3,83
10	3,85	3,83
12	3,85	3,83
15	3,85	3,83
17	3,84	3,82
19	3,84	3,81
22	3,80	3,79
24	3,80	3,79

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.11, muestra el control de pH durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de datos extraídos de la tabla 4.26.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.11 Control de pH durante el almacenamiento de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4.11, muestra los valores de pH en el proceso de almacenamiento durante 24 días de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de las muestras HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) y HTP2 (50% pulpa de frutilla, 12% azúcar y 5% glucosa) indica que conforme pasa el tiempo pH disminuye, debido la acidez de la pulpa de frutilla provoca un cambio en el sabor del helado. Sin embargo, el bajo pH actúa como un medio conservador que alarga la vida útil del helado.

4.8 Control de viscosidad de la mezcla de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Se procede a realizar el control de la viscosidad de la mezcla de las muestras HTP1 y HTP2; utilizando el viscosímetro rotacional (figura 3.10) a 50rpm y 4°C durante un tiempo de 30 minutos y en la tabla 4.26, se detallan los resultados obtenidos de la variación de viscosidad expresado (mPas) de las muestras HTP1 y HTP2 en función de la temperatura (°C) para las muestras de helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

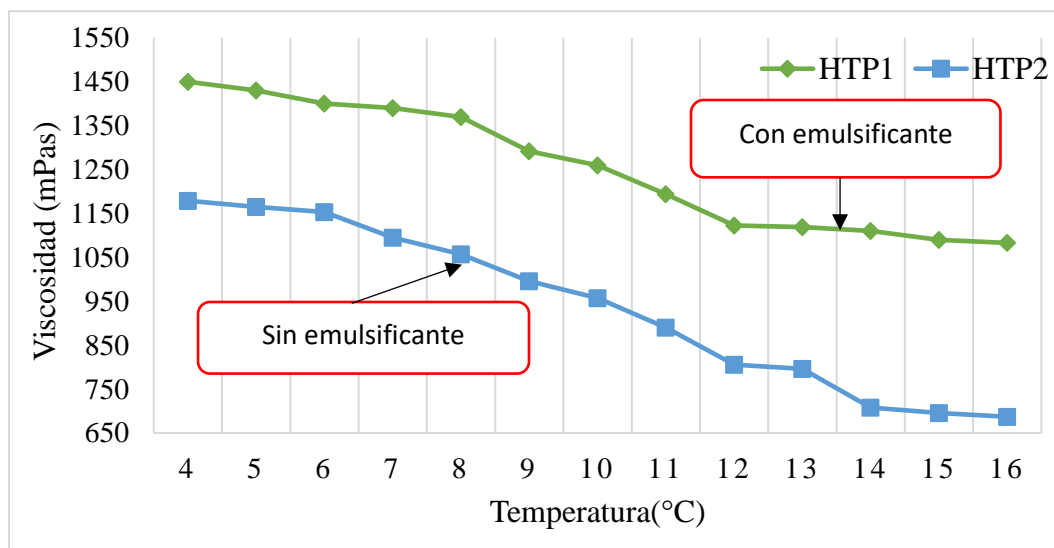
Tabla 4.26

Variación de viscosidad de la mezcla de helado

Temperatura (°C)	Viscosidad (mPas)	
	Mezcla del helado	
	HTP1 (con emulsificantes)	HTP2 (sin emulsificantes)
4	1450	1179
5	1430	1165
6	1400	1153
7	1390	1095
8	1370	1057
9	1292	996
10	1260	957
11	1194	890
12	1123	806
13	1119	796
14	1110	708
15	1090	696
16	1083	687

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.12, muestra los resultados de la viscosidad de la muestra HTP1 con emulsificante y la muestra HTP2 sin emulsificantes datos extraídos de la tabla 4.26.



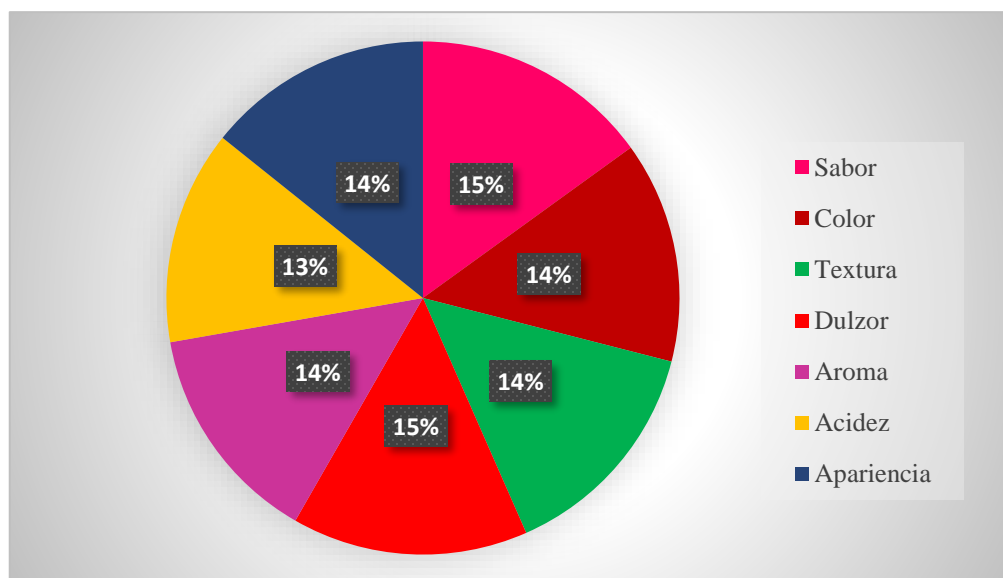
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.12 Control de viscosidad de la mezcla de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La figura 4,12, muestra la influencia del emulsificante sobre la viscosidad, en la muestra HTP1 que contiene emulsificante al 0.5% y HTP2 sin emulsificante, la grafica indica 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 y de textura no adecuada.

4.9 Evaluación sensorial del producto terminado para la valoración de los atributos

La figura 4.13, muestra el nivel de aceptación del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, aplicando una evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados tomando en cuenta los atributos sabor, color, textura, dulzor, aroma, acidez y apariencia del producto terminado del Anexo C.75.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.13 Porcentajes de aceptación de los atributos del producto terminado

La figura 4.13, se observa que los atributos más aceptados por los jueces son sabor y dulzor con un porcentaje del 15%; seguidos por los atributos color, textura, aroma y apariencia con un porcentaje del 14%; el atributo acidez con un porcentaje del 13%.

4.10 Caracterización del producto terminado

En la caracterización del producto se toma en cuenta los parámetros fisicoquímicos y análisis microbiológicos del helado tipo paleta con pulpa de frutilla los cuales se detallan a continuación:

4.10.1 Análisis fisicoquímico de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.27, muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos del helado tipo paleta con pulpa de frutilla de datos extraídos (Anexo A), realizados en el CEANOD perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.27

Análisis fisicoquímico de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (ácido cítrico)	%	0,59
Cenizas	%	0,31
Fibra	%	n,d
Grasa	%	0,15
Hidratos de carbono	%	22,68
Humedad	%	76,86
pH (20°C)	-	3,92
Proteína total	%	n,d
Sólidos totales	%	23,14
Valor energético	Kcal/100g	92,07

Fuente: CEANID, 2021

La tabla 4.27, detalla los resultados de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta con pulpa de frutilla son; acidez (ácido cítrico) 0,59%, cenizas 0,31%, fibra no detectable, grasa 0,15%, hidratos de carbono 22,68%, humedad 76,86%, pH 3,92, proteína total no detectable, Solidos totales 23,14% y valor energético 92,07 kcal/100g.

4.10.2 Análisis microbiológico de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

La tabla 4.28, muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico de helado tipo paleta con pulpa de frutilla de datos extraídos (Anexo A), realizados en el CEANOD perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.28

Análisis microbiológico de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

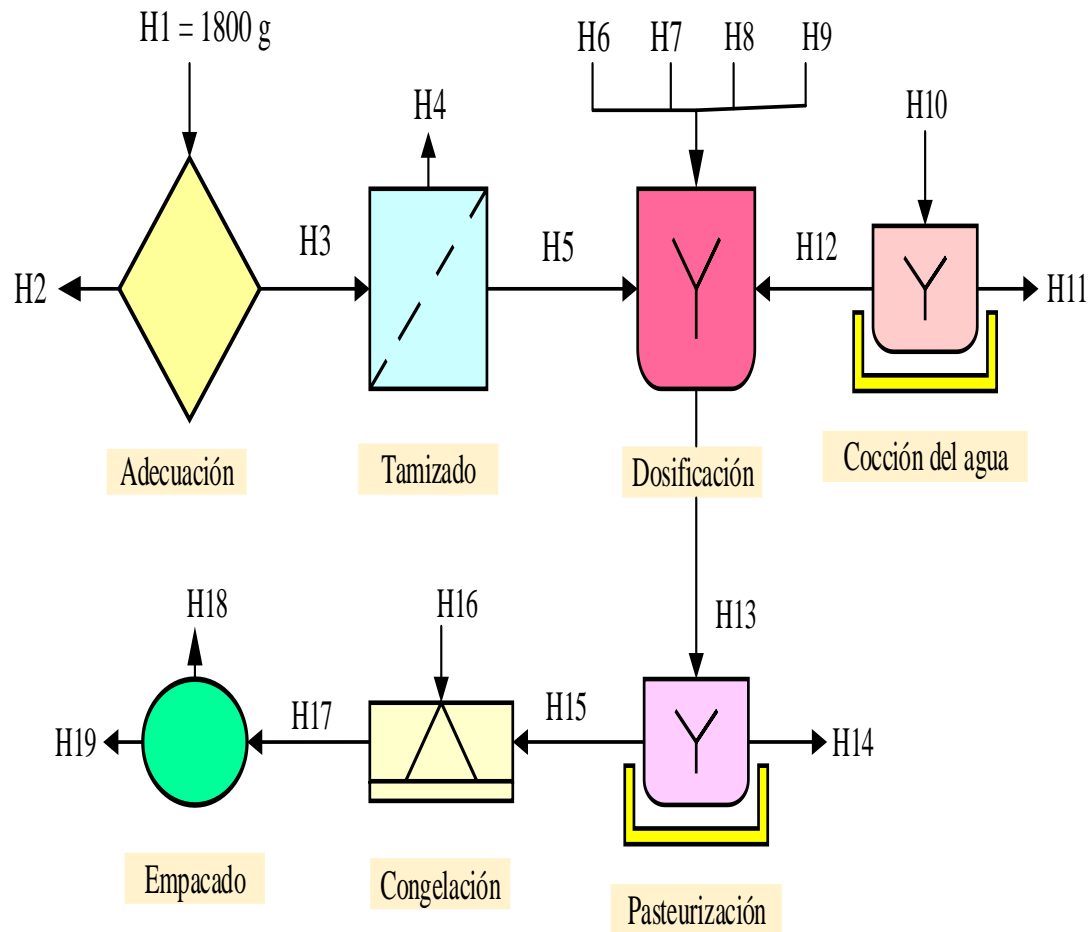
Parámetros	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Coliformes totales	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Escherichia coli	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	$2,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2021 (*) = No se observa desarrollo de colonias

La tabla 4.29, detalla los resultados del análisis microbiológico de helado tipo paleta con pulpa de frutilla son: bacterias aerobias mesófilas $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g, coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g, escherichia coli $< 1,0 \times 10^1$ UFC/g y mohos y levaduras $2,0 \times 10^1$ UFC/g.

4.11 Balance de materia en el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de la figura 4.14 para el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, para un cálculo base de 1800 g de frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.14 Balance de materia en el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Donde:

H_1 = Cantidad de frutilla (g)

H_2 = Cantidad de desperdicios (pedículo) (g)

H_3 = Cantidad de frutilla adecuada (g)

H_4 = Cantidad de desperdicios (semillas) (g)

H_5 = Cantidad de pulpa tamizada (g)

H_6 = Cantidad de azúcar (g)

H_7 = Cantidad de glucosa (g)

H_8 = Cantidad de estabilizante CMC (g)

H_9 = Cantidad de super liga neutra (g)

H_{10} = Cantidad de agua potable (g)

H_{11} = Cantidad de agua evaporada (g)

H_{12} = Cantidad de agua hervida (g)

H_{13} = Cantidad de mezcla de helado (g)

H_{14} = Cantidad de agua evaporada en el proceso pasteurización (g)

H_{15} = Cantidad de mezcla pasteurizada (g)

H_{16} = Cantidad de palitos de madera (g)

H_{17} = Cantidad de helado (g)

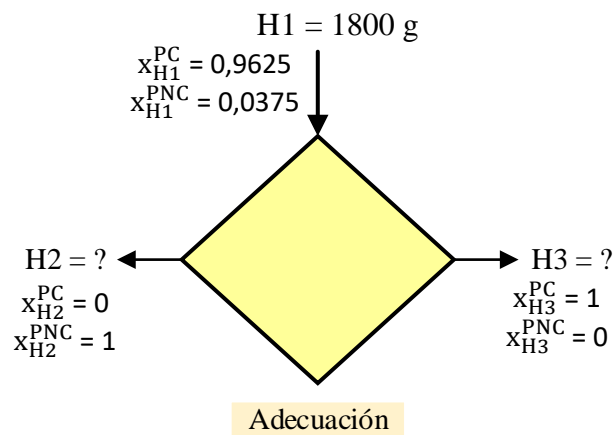
H_{18} = Cantidad de perdida en el empaqueo (g)

H_{19} = Cantidad de helado empaqueo (g)

4.11.1 Balance de materia en la etapa de adecuación de la frutilla

En balance de materia para elaborar helado tipo paleta con pulpa de frutilla se realizó tomando en cuenta el diagrama de flujo (figura 4.14) y la tabla 4.1. Para el cálculo se toma en cuenta 1800 g de frutilla.

La figura 4.15, muestra el proceso de balance de materia en la etapa de adecuación de la frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.15 Balance de materia en la etapa de adecuación de la frutilla

Balance de materia global en la etapa de adecuación de la frutilla

$$H_1 = H_2 + H_3 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Balance parcial para la porción comestible en la etapa de adecuación de la frutilla

$$H_1 \times X_{H1}^{PC} = H_2 \times X_{H2}^{PC} + H_3 \times X_{H3}^{PC}$$

$$1800 \text{ g} \times 0,9625 = H_3 \times 1$$

$$H_3 = 1732.50 \text{ g de frutillas}$$

Balance parcial para la porción no comestible en la etapa de adecuación de la frutilla

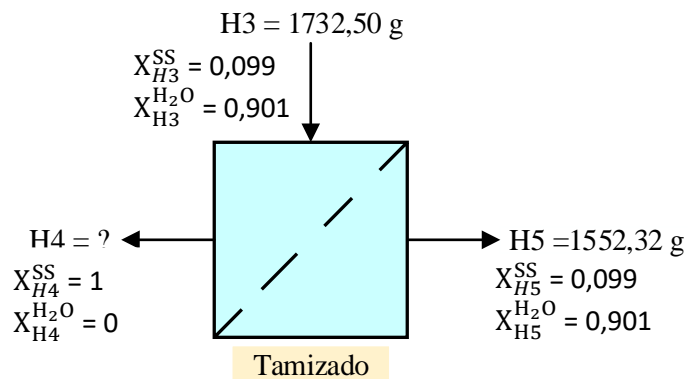
$$H_1 \times X_{H1}^{PNC} = H_2 \times X_{H2}^{PNC} + H_3 \times X_{H3}^{PNC}$$

$$1800 \text{ g} \times 0,0375 = H_2 \times 1$$

$$H_2 = 1800 \text{ g} \times 0.0375 = 67,5 \text{ g de desperdicios (pedículo)}$$

4.11.2 Balance de materia en la etapa de tamizado de la frutilla

La figura 4.16, muestra el balance de materia en la etapa de tamizado de la pulpa de frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.16 Balance de materia en la etapa de tamizado

Balance de materia global en la etapa de tamizado

$$H_3 = H_4 + H_5 \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Despejando D₄

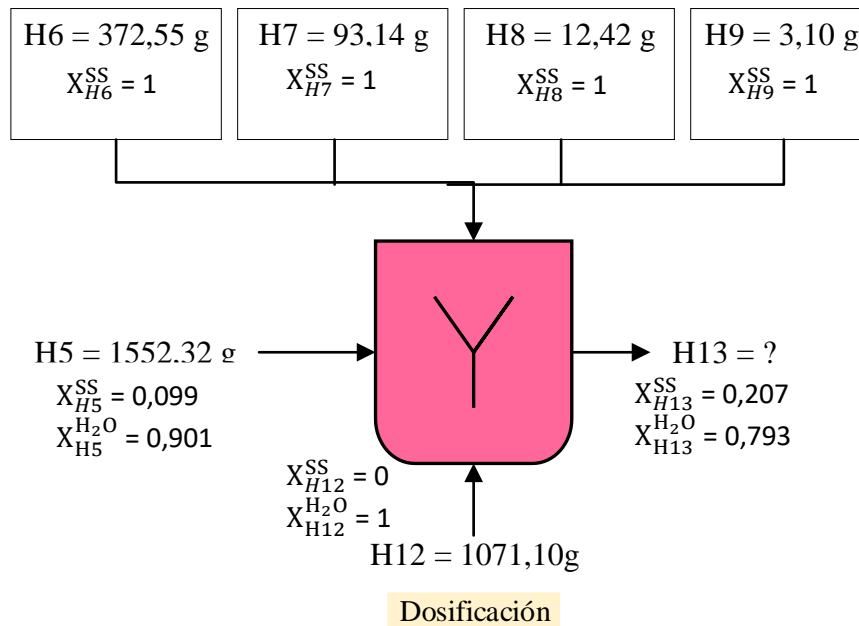
$$H_4 = H_3 - H_5$$

$$H_4 = 1732,50 \text{ g} - 1552,32 \text{ g}$$

$H_4 = 180,18 \text{ g}$ de desperdicios (semillas)

4.11.3 Balance de materia etapa de dosificación

La figura 4.17, muestra el balance de materia en la etapa de dosificación de los ingredientes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.17 Balance de materia en la etapa de dosificación

Balance de materia global en la etapa de dosificación

$$H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9 + H_{12} = H_{13} \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Despejando H_{13}

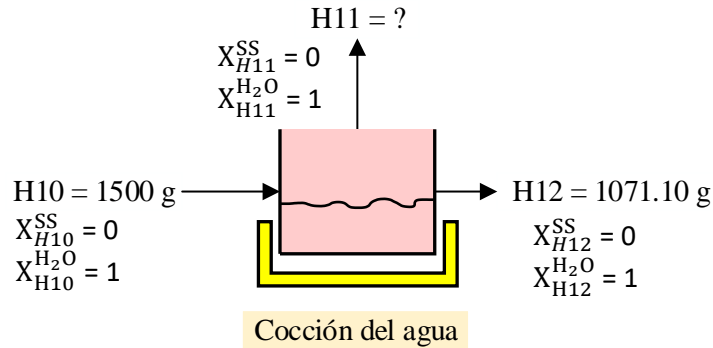
$$H_{13} = H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9 + H_{12}$$

$$H_{13} = 1552,32 \text{ g} + 372,55 \text{ g} + 93,14 \text{ g} + 12,42 \text{ g} + 3,14 \text{ g} + 1071,10 \text{ g}$$

$H_{13} = 3104,67 \text{ g}$ de mezcla de helado

4.11.4 Balance de materia en la etapa de cocción del agua potable

La figura 4.18, muestra el balance de materia en la etapa de cocción del agua potable.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.18 Balance de materia en la etapa de cocción del agua

Balance de materia global en la cocción del agua potable

$$H_{10} = H_{11} + H_{12} \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Despejando H_{11}

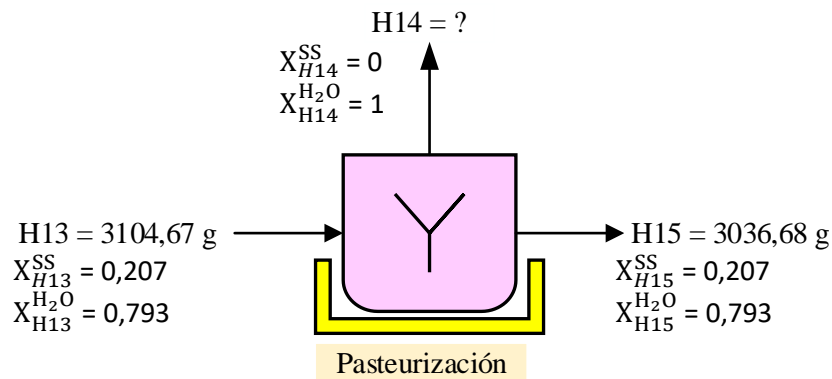
$$H_{11} = H_{10} - H_{12}$$

$$H_{11} = 1500 \text{ g} - 1071,17 \text{ g}$$

$$H_{11} = 428,9 \text{ g de agua evaporada}$$

4.11.5 Balance de materia etapa de pasteurización

La figura 4.19, muestra el balance de materia en la etapa de pasteurización de la mezcla de helado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.19 Balance de materia en la etapa de pasteurización

Balance de materia global en la etapa de pasteurización:

$$H_{13} = H_{14} + H_{15} \quad (\text{Ecuación 4,5})$$

Despejando H_{14}

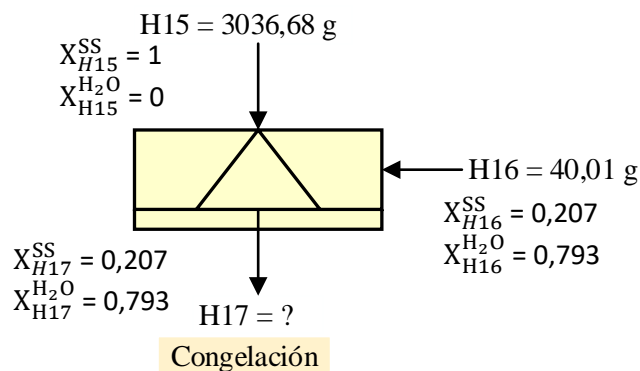
$$H_{14} = H_{13} - H_{15}$$

$$H_{14} = 3104,67 \text{ g} - 3036,68 \text{ g}$$

$$H_{14} = 67,99 \text{ g de agua evaporada}$$

4.11.6 Balance de materia etapa de congelación

La figura 4.20, se muestra el balance de materia en la etapa de congelación del helado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.20 Balance de materia en la etapa de congelación

Balance de materia global en la etapa de congelación:

$$H_{15} + H_{16} = H_{17} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Despejado H_{17}

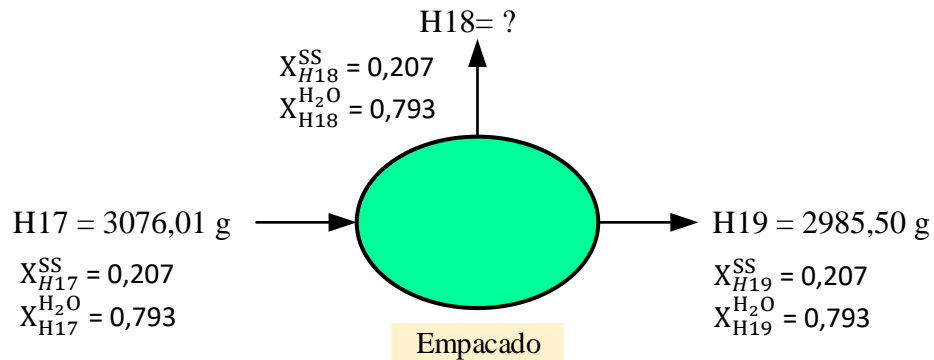
$$H_{17} = H_{15} + H_{16}$$

$$H_{17} = 3036,68 \text{ g} + 40,01 \text{ g}$$

$$H_{17} = 3076,01 \text{ g de helado congelado}$$

4.11.7 Balance de materia en la etapa de empacado

La figura 4.21, muestra el balance de materia en la etapa de empacado del helado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.21 Balance de materia en la etapa de empacado

Balance de materia global en la etapa de empacado:

$$H_{17} = H_{18} + H_{19} \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

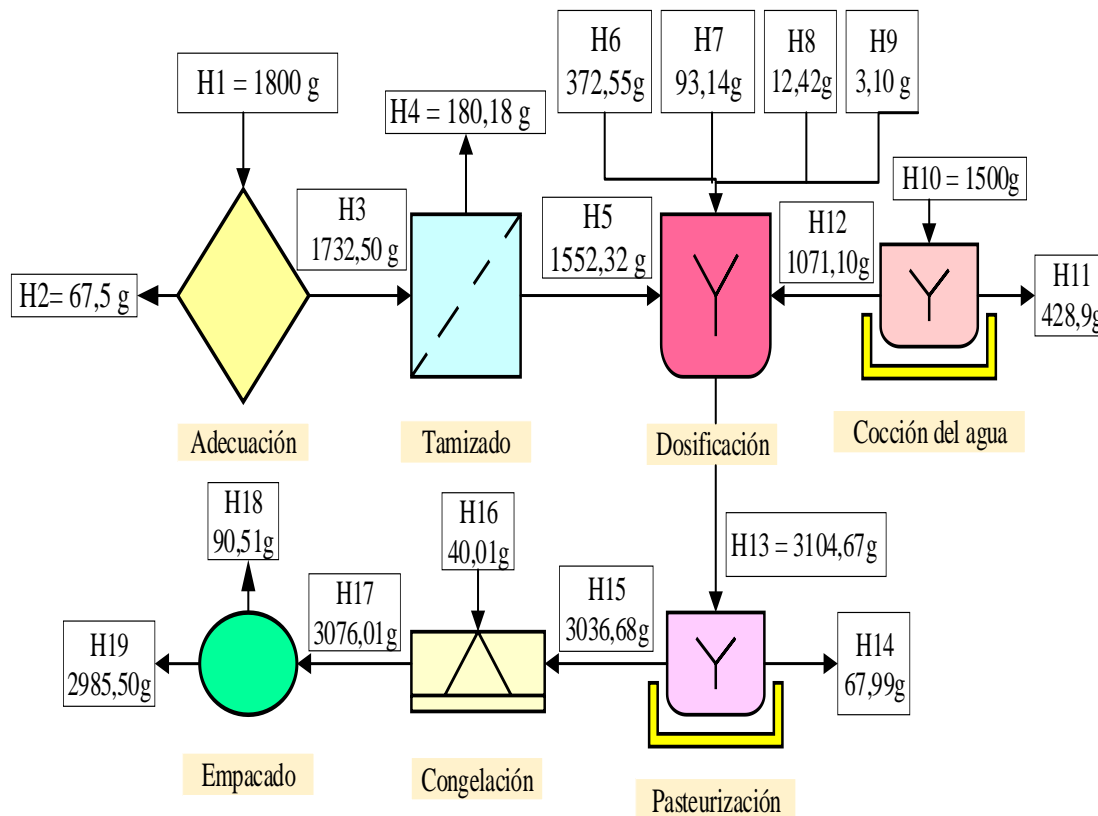
Despejando H_{18}

$$H_{18} = H_{17} - H_{19}$$

$$H_{18} = 3076,01 \text{ g} - 2985,50 \text{ g}$$

$$H_{18} = 90,51 \text{ g de helado perdida en el empacado}$$

La figura 4.22, muestra el resumen del balance de materia en el proceso de elaboración del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.22 Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

4.11.7 Cálculo del rendimiento del proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para el cálculo del rendimiento en el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla se tomó en cuenta la ecuación 4.8 citado por (Alvarez, 2013).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{Flujo másico de entrada}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Reemplazando la ecuación 4.8:

$$\text{Rendimiento} = \frac{2985,50 \text{ g}}{3104,67 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 96.16\%$$

Según los resultados del balance de materia del proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se obtuvo un rendimiento de 96,16% en base a la cantidad de materia prima más los insumos y aditivos.

4.12 Balance de energía para el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se toma en cuenta la etapa de cocción del agua potable, pasteurización de la mezcla de helado.

4.12.1 Ecuaciones para el balance de energía

Para realizar el balance de energía, se toma en cuenta las siguientes definiciones y ecuaciones:

Según Valiente, (1994) como la energía no se crea ni se destruye, el calor perdido por una sustancia es igual al calor ganado por la otra, por tanto:

$$Q \text{ perdido} = Q \text{ ganado}$$

$$(\Delta H \times m) \text{ perdido} = (\Delta H \times m) \text{ ganado} \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

$$Q_{Total} = Q_{Ganado} + Q_{Perdido} \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

Calor sensible es aquel que recibe un cuerpo sin cambiar su estado físico, mientras aun sube su temperatura. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de capacidad calorífica.

$$Q_s = \Delta H \times m$$

$$Q_s = m \times C_p (T \text{ final} - T \text{ inicial}) \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

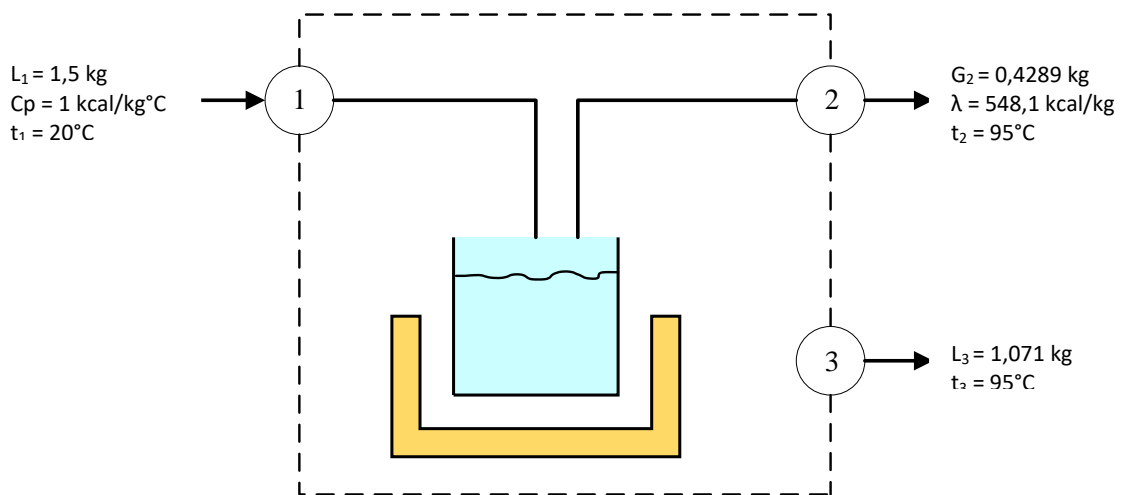
En donde C_p es la capacidad calórica a presión constante, definida como la cantidad de calor requerida para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo a presión constante. Para los calores latentes una sustancia recibe o cede calor latente cuando cambia de estado físico y permanece la temperatura constante:

$$Q_l = \Delta H \times m \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

$$Q_l = m \times \lambda \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

4.12.2 Balance de energía en a la etapa cocción del agua potable

El balance de energía se realizó tomando en cuenta la etapa de cocción del agua para un cálculo en base 1500 g. El sistema utilizado para la cocción del agua se observa en la figura 4.22



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.22 Balance de energía en la etapa de cocción del agua

Donde:

L_1 = Cantidad de agua (kg)

G_2 = Cantidad de vapor de agua (kg)

L_3 = Cantidad de agua hervida

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utilizó la ecuación 4.14

$$Q = L_1 C_p \Delta T \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Datos:

$$m_{\text{recipiente}} = 1,615 \text{ kg}$$

$$Q = 1,615 \text{ kg} \times 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (95 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 14,535 \text{ kcal del recipiente}$$

Para el cálculo del calor requerido para hervir el agua se utilizó la ecuación 4.14 y la ecuación 4.15

$$Q_1 = \Delta HT = L\lambda \quad \text{Ecuación 4.15}$$

Donde:

$$Q = 1,5 \text{ kg} \times 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (95 - 20) ^\circ\text{C} + 0,4289 \text{ kg} \times 548,1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 347,58 \text{ kcal del agua}$$

Para el cálculo de requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.14

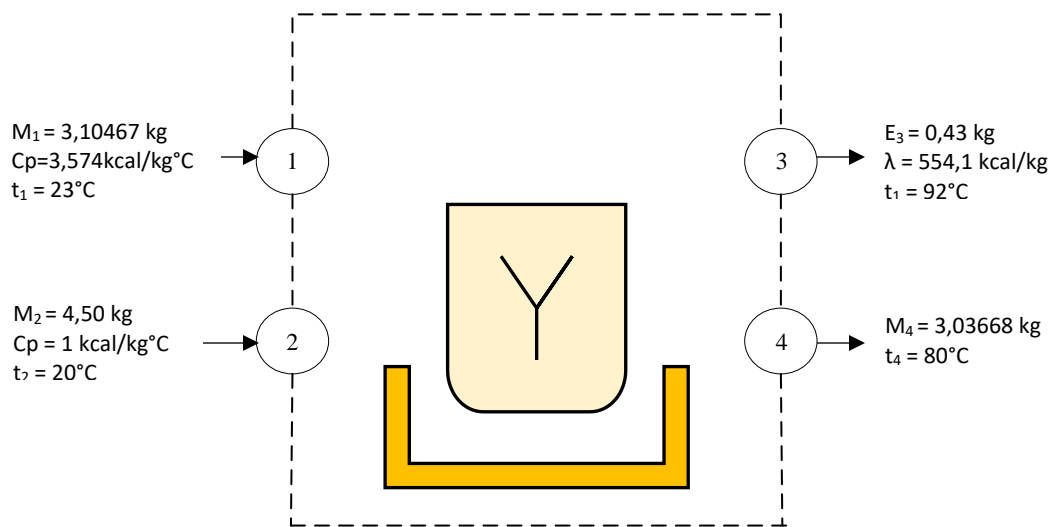
$$Q_T = Q_{\text{recipiente}} + Q_{\text{agua}}$$

$$Q_T = 14,535 \text{ kcal} + 347,58 \text{ kcal} = 362,115 \text{ kcal}$$

El calor requerido en la etapa de cocción de agua es de 362,115 kcal para 1500 g de agua.

4.12.3 Balance de energía en a la etapa de pasteurización de la mezcla de helado

El balance de energía se realizó tomando en cuenta el proceso de pasteurización para un cálculo en base 3104,67 g. El sistema utilizado para la pasteurización se observa en la figura 4.23



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.23 Balance de energía en la etapa de pasteurización

Donde:

M_1 = Cantidad de mezcla de helado (kg)

M_2 = Cantidad de agua (kg)

E_3 = Cantidad de vapor de agua (kg)

M_4 = Cantidad de mezcla pasteurizada (kg)

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utilizó la ecuación 4.14

Datos:

$$m_{\text{recipiente}} = 1,085 \text{ kg}$$

$$Q = 1,085 \text{ kg} \times 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (80 - 23) ^\circ\text{C} = 7,4214 \text{ kcal del recipiente}$$

Para el cálculo del calor requerido para pasteurizar la mezcla de helado se utilizó la ecuación 4.14 y la ecuación 4.15

Donde:

$$Q = 3,10467 \text{ kg} \times 3,574 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (80 - 23) ^\circ\text{C} + 0,06799 \text{ kg} \times 554,1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 670.150 \text{ kcal}$$

de la mezcla

Para el cálculo de requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.14

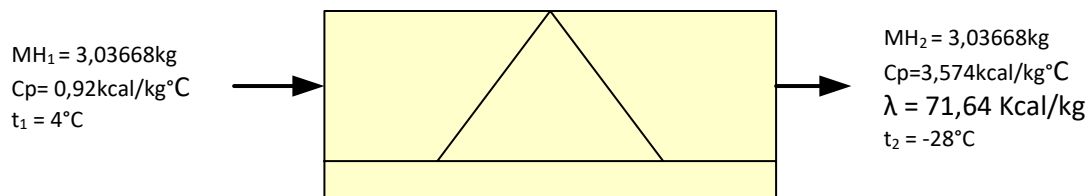
$$Q_T = Q_{recipiente} + Q_{mezcla\ de\ helado}$$

$$Q_T = 7,4214\ kcal + 670,150\ kcal = 677,5714\ kcal$$

El calor requerido en la etapa de pasteurización es de 677,5714 kcal para 3104,67 g de mezcla de helado.

4.12.4 Balance de energía en a la etapa de congelación

El balance de energía se realizó tomando en cuenta el proceso de congelación para un cálculo en base 3036,68 g. El sistema utilizado para la congelación se observa en la figura 4.24



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.24 Balance de energía en la etapa de congelación

Donde:

MH_1 = Cantidad de mezcla de helado (kg)

MH_2 = Cantidad de helado (kg)

De acuerdo a la ecuación 4.9 y ecuación 4.10

$$Q_{cedido} = Q_{tomado}$$

$$Q_{enf} + Q_{cong} + Q_{sub\ enf} = Q_{tomado} \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

El cálculo del calor de enfriamiento

$$Q_{enf} = m_{mezcla\ de\ helado} \times C_{p\ mezcla\ de\ helado} \times (T_{final} - T_{inicial})$$

$$Q_{enf} = 3,03668\text{ kg} \times 0,92 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} ((-28) - 4)^\circ\text{C} = 89,40\text{ kcal}$$

El cálculo del calor de congelación

$$Q_{cong} = m \times \lambda_{cong}$$

$$Q_{cong} = 3,03668 \text{ kg} \times 71.64 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 217,55 \text{ kcal}$$

El cálculo del calor de subenfriamiento

$$Q_{sub\ enf} = m_{mezcla\ de\ helado} \times C_p_{helado} \times (T_{final} - T_{inicial})$$

$$Q_{sub\ enf} = 3,03668 \text{ kg} \times 3,574 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} ((-28) - 4) ^\circ\text{C} = 347,30 \text{ kcal}$$

Para el cálculo de requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.14

$$Q_T = Q_{enf} + Q_{cong} + Q_{sub\ enf}$$

$$Q_T = 89.40 \text{ kcal} + 217,55 \text{ kcal} + 347,30 \text{ kcal} = 654,25 \text{ kcal}$$

El calor requerido en la etapa de congelación es de 654, 25kcal para 3036,68 g de mezcla de helado.

4.12.5 Cálculo de consumo de energía en la etapa de pasteurización

Para la etapa de pasteurización se utilizó un termostato (figura 3.3) con una potencia de 2000 W por un lapso de 0,583 horas tiempo que dura pasteurización.

Según Barderas, (1994), la ecuación para la potencia eléctrica es la siguiente:

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo } (\theta)} \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

Despeje y cálculo de la energía eléctrica de la ecuación 4.17

$$E = P \times \theta$$

$$E = 2000 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000\text{W}} \times 0,583 \text{ h} = 1,166 \text{ kw}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la pasteurización durante 0,583 horas es de 1,166 kw para 3104,67 g de mezcla para helado.

4.12.6 Cálculo de consumo de energía en la etapa despulpado

Para la etapa de despulpado se utilizó una licuadora (figura 3.1) con una potencia de 600 W por un lapso de 0,75 horas tiempo que dura el despulpado.

Despeje y cálculo de la energía eléctrica de la ecuación 4.17

$$E = P \times \theta$$

$$E = 600 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ W}} \times 0,75 \text{ h} = 0,45 \text{ kw}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo el despulpado durante 0,75 horas es de 0,45 kw para 1800 g de frutilla.

4.12.7 Cálculo de consumo de energía en la etapa de maduración

Para la etapa de maduración se utilizó un freezer (figura 3.4) con una potencia de 220 W por un lapso de 24 horas tiempo que dura la madurado.

Despeje y cálculo de la energía eléctrica de la ecuación 4.17

$$E = P \times \theta$$

$$E = 220 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ W}} \times 24 \text{ h} = 5,28 \text{ kw}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la maduración durante 24 horas es de 5,28 kw para 3104,67 g de mezcla de helado.

4.12.8 Cálculo de consumo de energía en la etapa de congelación

Para la etapa de congelación se utilizó un congelador (figura 3.5) con una potencia de 435 W por un lapso de 2 horas tiempo que dura la congelación.

Despeje y cálculo de la energía eléctrica de la ecuación 4.17

$$E = P \times \theta$$

$$E = 435 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ W}} \times 2 \text{ h} = 0,87 \text{ kw}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar al cabo la congelación durante 2 horas es de 0,87 kw para 3104,67 g de mezcla de helado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En base a los resultados físicoquímico de la frutilla se tiene que el contenido de cenizas 0,43%; fibra 2,08%; grasa 0,17%; hidratos de carbono 7,14%; humedad 89,65%; proteína total 0,53%; valor energético 32,21% kcal/100 g; azúcares totales 6,89%.
- En base a los resultados obtenidos de las propiedades físicas de la frutilla se tiene como promedio altura 3,05 cm; diámetro 2,27 cm; 9,96 Brix; peso bruto 8,77 g; peso neto 8,44 g; porción comestible 96,25%; porción no comestible 3,75%.
- En base al análisis microbiológico de la frutilla, se tiene presencia de bacterias aerobias mesófilas $2,6 \times 10^4$ UFC/g; coliformes totales $1,0 \times 10^1$ UFC/g y mohos y levaduras $4,2 \times 10^4$ UFC/g.
- De acuerdo a la evaluación sensorial del grupo 1 para elegir la presentación de la pulpa de frutilla; la muestra HT1 (35% pulpa de frutilla, 49,5% agua y 15% azúcar) es la muestra más aceptada por los jueces en todos los atributos; presentado los valores de las medianas para los atributos color 4,00, sabor 4,00, textura 5,00, acidez 4,50 y apariencia 4,00 en la escala hedónica.
- De acuerdo a la evaluación sensorial del grupo 2 para elegir la muestra ideal; la muestra HT7 (45% pulpa de frutilla, 39,5% agua y 15% azúcar) es la muestra más aceptada por los jueces en la mayoría de los atributos; presentado los valores de las medianas para los atributos color 4,00, sabor 4,00, textura 4,00, acidez 4,00 y apariencia 4,50 en la escala hedónica.
- En base al diseño factorial 2^3 aplicado en el proceso de dosificación, se pudo evidenciar que, para los factores, porcentaje de pulpa de frutilla (A), porcentaje de azúcar (B) y porcentaje de glucosa (C) existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ y se puede afirmar que los factores son significativos e influyen en el proceso de dosificación del helado tipo paleta con pulpa de frutilla.

- Realizado la comparación entre las muestras HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) y HTP2 (50% pulpa de frutilla, 12% azúcar y 5% glucosa) en el helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se elige HTP1 como la muestra final, cuyas medianas en los atributos color 5,00, sabor 5,00 dulzor 4,00 textura 5,00 y aroma 5,00. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (HTP1 – HTP2) con un nivel de significancia 0,05.
- En base la determinación del tiempo congelación experimental del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, se estableció la curva de congelación, identificando que el punto de congelación es de $-3,4898^{\circ}\text{C}$ alcanzado a 182 segundos. El tiempo de congelación se efectuó en 2 horas.
- De acuerdo variación acidez, sólidos solubles y pH durante el almacenamiento del helado tipo paleta con pulpa de frutilla, transcurridos los 24 días de las muestra HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) y HTP2 (50% pulpa de frutilla, 12% azúcar y 5% glucosa) inicialmente la muestra HTP1 tiene una acidez de 0,51%, 20,20 °Brix y un pH 3,92% y la muestra HTP2 tiene una acidez de 0,52%, 22,60 °Brix y un pH 3,86% a medida que transcurre el tiempo la acidez de las muestras tienden a subir debido a la acidez pulpa de frutilla, los °Brix y pH disminuyen a medida que los días avanzan, demostrando que la muestra HTP1 tiende a mantener sus propiedades más estables en función al tiempo de almacenamiento.
- De acuerdo a la variación de la viscosidad de las muestras HTP1 (50% pulpa de frutilla 12% de azúcar y 3% glucosa) con emulsificante y HTP2 (50% pulpa de frutilla, 12% azúcar y 5% glucosa) sin emulsificante; se evidencia que la variación de la viscosidad de la muestra HTP1 a medida que aumenta la temperatura es mínima, mientras que la muestra HTP2 sin emulsificante disminuye de manera rápida medida que aumenta la temperatura, demostrando que la muestra HTP1 es más estable.

- Según los resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto terminado (Helado tipo paleta con pulpa de frutilla) contienen acidez 0,59%; ceniza 0,31%; fibra n.d; grasa 0,15%; hidratos de carbono 22,68%; humedad 76,86%; pH 3,92; proteína total n.d; sólidos totales 23,14%; valor energético 92,07 kcal/100g. El contenido de sólidos totales está dentro de la norma boliviana 33020; bacterias aerobias mesófilas $<1,0 \times 10^1$ UFC/g; coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/g; escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ UFC/g y mohos y levaduras $2,0 \times 10^1$ UFC/g.
- De acuerdo al balance de materia del proceso de elaboración del helado tipo paleta con pulpa de frutilla; para 3104,67 g de pulpa de frutilla más insumos añadidos, se obtuvo 2985,50 g del helado tipo paleta con un rendimiento del proceso del 96,16%. De acuerdo al balance de energía en la etapa de congelación; la cantidad de calor necesaria es de 654.25 kcal.
- Se concluye que el helado tipo paleta con pulpa de frutilla es bajo en calorías porque contiene 92,07 kcal/100g en comparación con otros helados de frutas que contienen entre 128 y 214 Kcal /100g. Por lo tanto, podríamos decir que tenemos un helado bajo en calorías.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de una planta piloto en la Provincia Cercado para la elaboración de helado tipo paleta con pulpa de frutilla y otras frutas que produce la provincia Cercado, con el fin de desarrollar el emprendimiento económico para el departamento de Tarija.
- Se recomienda la implementación de una tina de congelación para la etapa de congelación ya que la misma nos permitirá disminuir el tiempo de congelación el cual sería menor a 2 horas.

- Se recomienda realizar estudios de prefactibilidad para los helados tipo paleta con pulpa de frutilla con la finalidad de conocer la posible oferta y demanda que pueda tener este producto.