

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1.Antecedentes

La idea del helado prebiótico responde a la tendencia de los alimentos funcionales, es decir, aquellos que al incorporar algún elemento ayudan a prevenir enfermedades. Este helado busca contribuir a restablecer la microbiota intestinal, es decir, el consorcio microbiano que habita el colon, y los componentes del helado mejoran la absorción de calcio. (Ramos, 2020)

Indica que los niños necesitan una flora (microbiota) intestinal balanceada para crecer sanos, fuertes y protegidos contra infecciones; mientras que los adultos mayores pierden el balance de la microbiota intestinal al ir envejeciendo, disminuyen su capacidad para absorber calcio, magnesio y hierro, por lo que al consumir prebióticos se estimula el crecimiento de las poblaciones de bacterias benéficas, que inhiben a microorganismos que causan infecciones, producen compuestos que protegen contra el cáncer de colon, promueven la absorción de minerales y producen vitaminas. De ahí que la intención del estudio sea que un elemento de gran aceptación, pueda llevar estos beneficios a las personas. (Ramos, 2020)

Actualmente, en Bolivia el único productor industrial de arándanos es el departamento de Tarija que incursionó con la producción de este fruto el año 2013 y hasta el 2017, ya tenía 120 hectáreas cultivadas. En este momento la provincia O'Connor es la principal productora con más de 20 hectáreas. (Camacho, 2019)

Según datos que maneja el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), el 2015 los productores bolivianos lograron exportar alrededor de 20,634 dólares a los Países Bajos, Alemania y Reino Unido. Para el 2016, según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior, las exportaciones de este fruto subieron hasta alcanzar los 30,182 dólares. (Camacho, 2019)

Los prebióticos son fibras vegetales especializadas. Actúan como fertilizantes que estimulan el crecimiento de bacterias sanas en el intestino. Los prebióticos se encuentran en muchas frutas y verduras, especialmente en aquellas que contienen carbohidratos complejos, como la fibra y el almidón resistente. (Pruthi, 2019)

Los prebióticos también favorecen la absorción de ciertos minerales y aumentan la biodisponibilidad del calcio, magnesio, cinc y hierro, en función del tipo de hidrato de carbono ingerido (fructooligosacáridos, inulina, etc.), del grado de fermentación, causado por la microbiota intestinal y de la dosis ingerida. También poseen un efecto beneficioso sobre el metabolismo lipídico al reducir los niveles de colesterol plasmático y regular los valores plasmáticos de glucosa. (Pavón, 2005)

El negocio del helado en Bolivia tiene a dos competidores que se disputan la preferencia de los consumidores: Delizia y PIL concentran el 80% del mercado. El primero tiene una participación del 55%, y el segundo, el 25%. Arcor, Cabrera, Panda y otras se reparten el restante 20%. Existen líderes en cada departamento. Por ejemplo, en el eje troncal, está: Delizia en La Paz, PIL en Cochabamba y Cabrera en Santa Cruz. (Atahuichi, 2016)

La franquicia (Yogen Früz) de yogur helado cuenta con 11 sucursales distribuidas en Santa Cruz de la Sierra, Cochabamba, La Paz y Tarija. Tienen una variada oferta de productos: Frozen yogur, helados soft serve, ensalada y jugos de frutas, fruz shake, parfait y paletas. (Cadena, 2017). Bits & cream es la primera heladería en Bolivia en proponer los helados al mármol, en desarrollar productos diferentes a los tradicionales entre ellos paletas de diferentes sabores, cuenta con sucursales en la ciudad de Tarija, distribuidor autorizado Pallet And Flavors. (Develop, 2022)

1.2. Justificación

- ✚ El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de elaborar paletas de helado de crema vegetal con arándanos de calidad nutricional, la cual pretende incentivar el consumo de un alimento funcional en la población de la provincia Cercado, ya que el helado aporta energía, vitaminas, calcio, fibra, minerales, antioxidantes, necesarios para mantener una dieta equilibrada.

- ✚ En la ciudad de Tarija existen diferentes variedades de helado tipo paleta, pero estos no son muy saludables, debido a su alto contenido de azúcar, valor calórico significativo, alto contenido en grasas, por lo que no existe un helado tipo paleta cuya composición contenga pulpa de arándano con un bajo contenido en grasa, alto contenido en antioxidantes y su contenido bajo en calorías.

- ✚ La incorporación del arándano en el helado tipo paleta, pretende aprovechar la producción de arándano existente en el departamento de Tarija, y fomentar el consumo y transformación de esta fruta, además de generar un efecto multiplicador en la economía del departamento, ocupación de la mano de obra, producción, venta y distribución de la materia prima que origina gran expectativa en la población.

- ✚ Con el presente trabajo de investigación, se pretende elaborar un helado de crema vegetal tipo paleta con pulpa de arándano, la crema vegetal está compuesta por aceite vegetal (soya) con un bajo porcentaje de grasa, tomando en cuenta que la población que consuma este tipo de producto, no tendrá que preocuparse por alterar su dieta ya que se trata de un producto en boga, en la actualidad con altos niveles de nutrición y cuidado para la salud entre sus propiedades protege el corazón, mejora la memoria y posee una acción anti inflamatoria entre otras.

1.3 Objetivos

Se plantea los siguientes objetivos para el presente trabajo:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar helados tipo paleta de crema vegetal con pulpa de arándano, mediante el proceso de congelación a nivel experimental; con la finalidad de obtener un helado tipo paleta de calidad y aceptación por el público consumidor.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir las propiedades fisicoquímicas de las materias primas y aditivos para establecer su composición.
- Aplicar un diseño experimental con el fin de establecer las variables que influyen en el proceso de dosificación de las paletas de helado.
- Realizar el balance de materia y energía para obtener las cantidades másicas y energéticas para la elaboración del producto a nivel experimental.
- Efectuar la evaluación sensorial del producto para determinar el grado de aceptabilidad del mismo.
- Realizar un análisis físico-químico, microbiológico del producto con el fin de determinar la calidad y si es apto para el consumo humano.
- Determinar el tiempo y la temperatura en el proceso de congelación del helado tipo paleta para su conservación.

1.4 Objeto de estudio

El objeto de estudio del presente trabajo de investigación es la aplicación del proceso de congelación a nivel experimental para la obtención de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano apto para el consumo humano.

1.5 Campo de acción

El campo de acción del presente trabajo de investigación comprende las siguientes variables:

- ✚ **Espacial:** El presente trabajo de investigación, se desarrolló en la provincia Cercado del departamento de Tarija
- ✚ **Temporal:** El desarrollo del trabajo de investigación, se llevó a cabo entre los años 2021-2022
- ✚ **Institución:** La institución en la que se desarrolló el presente trabajo de investigación, es el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Alimentos (LCIA), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.6 Situación problemática

La preocupación del público consumidor de productos que garanticen su salud, y no influyan demasiado en su economía, hace que se inclinen por productos que contengan bajos niveles de grasa y altos niveles de nutrientes por lo que ofertar un helado tipo paleta elaborado en base a arándano fruta que se produce en el departamento de Tarija y cuyas propiedades le ayudan a proteger el corazón, regulan la presión arterial, mejoran la memoria, protegen la piel, previene la diabetes, alivia los síntomas del resfrió, mejora la vista, ideales para perder peso, posee una acción antiinflamatoria, entre otros.

Por lo expuesto, el presente trabajo pretende la elaboración de un helado en base a arándano tipo paleta que sea incorporado en la dieta de las personas, que ofrezca beneficios para la salud, siendo una opción en el mercado, ya que hay una gran demanda de helados tipo paleta por la población, además de que la materia prima se produce en el departamento de Tarija.

1.7 Formulación del problema

¿Se logrará elaborar paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, mediante el proceso de congelación a nivel experimental; con la finalidad de obtener un helado tipo paleta de calidad que satisfaga el paladar del público consumidor?

1.8 Hipótesis

El proceso de congelación a nivel experimental, al ser aplicado para elaborar paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, permitirá obtener un helado tipo paleta de calidad que tenga una cremosidad adecuada y que satisfaga las exigencias del público consumidor.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del helado

En el siglo XII en Italia, el mercader y viajero Marco Polo al regresar de sus viajes hizo conocer varias recetas de postres helados que preparaban en Asia desde hacía cientos de años. Fueron los chinos quienes inventaron los helados, en época del rey Tang de Shang (618-697 d.C.), pues ya tenían un método para crear mezclas de hielo con leche. A principios del siglo XVIII, el helado llegó a América del Norte, popularizándose en Estados Unidos. (Spinetto, 2009)

Las paletas heladas surgieron en los Estados Unidos en 1905 debido a un accidente, Fran Epperson, que vendía bebidas en ese momento, realizó una mezcla de agua y soda en polvo, la cual revolvió con un palillo de madera; sin embargo, el niño olvidó la bebida en el porche de casa, sin darse cuenta dejó una de las herramientas que usaba para mezclar en uno de sus vasos. Cuando regresó al día siguiente, el jugo se había congelado y nació el concepto de "paleta". A raíz de las innovaciones tecnológicas, comimenzaron a surgir nuevas ideas sobre cómo crear o implementar paletas de colores. (Madero, 2021)

2.2 Definición de helado

En su concepto general, consisten en una mezcla conformada por agua, leche, azúcar, grasa y productos que incorporan color, aroma y sabor; y en el caso de los que poseen una elaboración más compleja, se les adiciona estabilizantes y emulsionantes. El empleo de unos y otros ingredientes estará en dependencia del producto que se desee obtener y la escala de su producción. (Méndez, 2013)

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, azucares y otros ingredientes y aditivos permitidos sometidos a congelamiento con batido o sin él, en condiciones tales que garanticen la

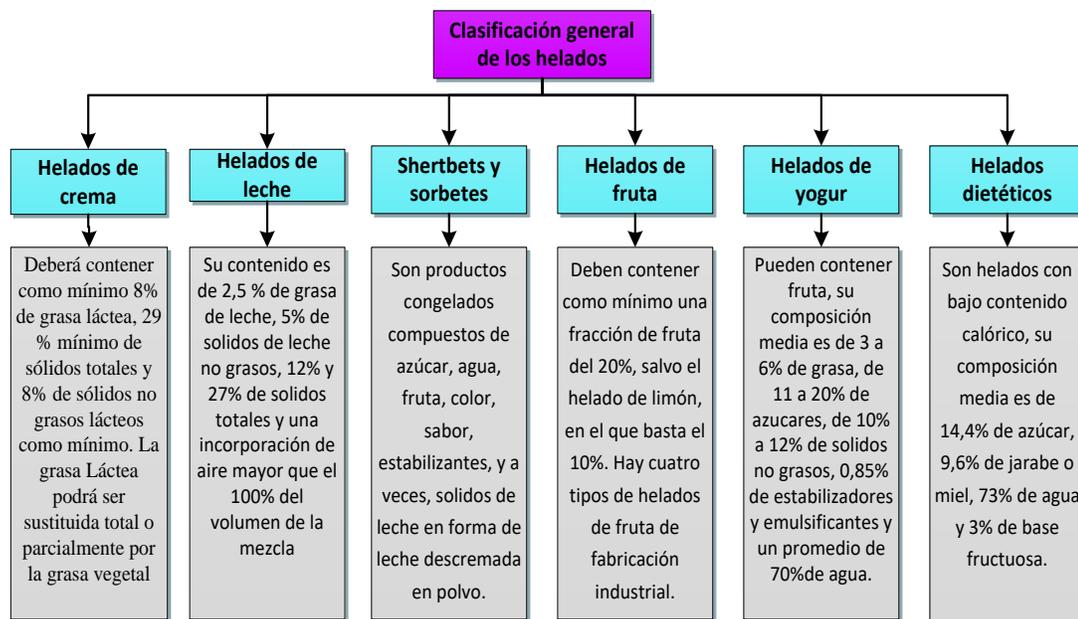
conservación del producto en estado congelado o parcialmente congelado durante su almacenamiento y transporte y consumo final” (IBNORCA, 2008)

2.3 Clasificación de los helados

Los helados se clasifican de la siguiente forma:

2.3.1 Clasificación general de los helados

En la figura 2.1, se muestra un esquema de la clasificación general, pueden clasificarse de acuerdo a su composición, ingredientes básicos y envasado.



Fuente: Intermediate Technology Develomet Group, 2002

Figura 2.1 Clasificación general de los helados

2.4 Características de los helados

El helado ideal es el que tiene el sabor agradable y característico, posee una textura suave y uniforme. Las propiedades de fusión adecuadas junto a un color apropiado, bajo contenido bacteriano y con un envase atractivo. En 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. (Eras, 2013)

2.4.2 Textura

En este término (textura) nos referimos a la disposición y dimensión de las partículas que componen el helado. El conjunto de componentes lo que debe proporcionar al helado es una buena estructura que llegue a ser cremosa, ligera y suave. (Eras, 2013)

2.4.3 Color

El consumidor, en un primer momento, "come con los ojos". Lo más importante del color del helado debe ser su intensidad; esto es algo relativo, dependiendo del gusto de los clientes, pero el color debe ser homogéneo, relativo al sabor. (Eras, 2013)

2.4.4 Olor

Es característico de cada fruta o mezcla, lo más importante debe ser que la fragancia que emitan los helados sean acordes 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. (Eras, 2013)

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. (Eras, 2013)

2.5 Composición fisicoquímica de los helados

Los parámetros fisicoquímicos que se consideran son los siguientes:

- a) Densidad.** - La densidad o gravedad específica de la mezcla de helado varía con la composición. Los niveles elevados de sólidos no grasos de leche, azúcares y estabilizadores aumentan la densidad, mientras que el aumento de grasa disminuye la densidad de la mezcla. Las mediciones de gravedad específica pueden ser hechas con un hidrómetro y de densidad pesando un volumen conocido de mezcla a una temperatura conocida en una balanza gravimétrica. La densidad de las mezclas de helado puede variar de 1,0544 a 1,1232 g/ml, con un promedio para una mezcla de grasa al 10% de aproximadamente 1,1 g/ml. (Goff & Hartel, 2013)
- b) Acidez y pH.** - La acidez titulable normal de las mezclas varía con el porcentaje de sólidos no grasos de leche contenido y se puede calcular multiplicando el porcentaje de sólidos no grasos de leche por el factor 0,017. Por lo tanto, una mezcla que contenga 11% de sólidos no grasos de leche tendría una acidez titulable normal de 0,187%. El pH normal de la mezcla de helado es de aproximadamente 6,3. La acidez y el pH son relacionados con la composición de la mezcla, un aumento en sólidos no grasos de leche aumenta la acidez y reduce el pH. (Goff & Hartel, 2013)
- c) El punto de congelación.** - El punto de congelación del helado depende de la concentración del soluble constituyente y varía con la composición. Una mezcla promedio que contiene 12% de grasa, 11% de sólidos no grasos de leche, 15% de azúcar, 0,3% de estabilizador y El 61,7% de agua tiene un punto de congelación de aproximadamente (-2,5°C). El punto de congelación de la mezcla de helado depende en gran medida del contenido de edulcorante y sólidos de la mezcla, específicamente el contenido de lactosa y sales minerales. (Goff & Hartel, 2013)

2.6 Composición nutricional de los helados

Los helados de base láctea tienen un valor nutritivo significativo, debido, principalmente, a su aporte en proteínas de alto valor biológico y calcio altamente biodisponible. También nos suministran azúcares, grasas, fósforo, magnesio y potasio, pueden contener también huevo, frutos secos, chocolate y añadir las cualidades nutricionales de estos ingredientes al helado de base. (Elsevier, 2007)

Dentro del grupo de helados de base láctea, y aunque hay algunos helados muy energéticos, la mayoría de helados crema y helados pueden clasificarse como alimentos de contenido energético moderado, es decir, inferior a 300 kcal/100 g. Los helados de leche pertenecerían al grupo de contenido energético medio/bajo (alrededor de 150 kcal/100 g). Aun así, el helado crema básico de 100 g aportará el 12% de la energía que debe ingerir diariamente un niño, algo muy razonable. Aunque pueda tenerse una percepción diferente, una ración de helado de base láctea tiene un aporte energético superior al de la leche entera, pero más próximo al de los productos lácteos que a otros alimentos ingeridos como postres o meriendas, como los productos de pastelería o los bocadillos. (Elsevier, 2007). En la tabla 2.1 se muestra la información nutricional de los helados por porción.

Tabla 2.1

Información nutricional de los helados por porción

Componentes	Helado de crema	Helado de leche	Helados	Sorbetes	Helado de agua
Energía (kcal)	255	149	233	128,5	91,2
Proteína (g)	3,5	3,0	3,3	0,7	0,2
Glúcidos (g)	27,5	23,4	26,7	28,9	20,9
Lactosa (g)	4,3	6,2	5,1	-	-
Grasa (g)	14,8	4,8	12,5	1,1	0,65
Grasa saturada (g)	13,2	3,1	9,6	-	-
Grasa insaturada (g)	5,0	1,5	1,8	-	-
Calcio (mg)	89	148	99	3,5	0,19
Riboflavina (µg)	100	133,3	116,7	-	-

Fuente: Miniland, 2017

En la tabla 2.2, se muestra la información nutricional de una paleta de helado de crema vegetal.

Tabla 2.2

Información nutricional de paleta de helado de crema vegetal sabor frambuesa

Componentes	Cantidad por porción
Valor energético	249kcal
Carbohidratos	19g
Grasas	17g
Azúcar	17g
Fibra dietética	3g
Proteína	3g
Sodio	23g
Colesterol	10g
* % Valores Diarios en base a una dieta de 2.000 kcal u 8.400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas	

Fuente: MyFitnessPal, 2021

2.7 Composición de los helados

La composición de los helados es la siguiente, según (Di Bartolo, 2005):

- a) Hidratos de carbono.** - Los hidratos de carbono, son grupos de sustancias que incluyen los azúcares y figuran entre los componentes más abundantes de plantas y animales. Constituyen una fuente importante de energía y tienen una fundamental importancia en la elaboración de los helados: dan el típico sabor dulce de los helados, muy valorado por los consumidores, aumentan el contenido de sólidos, bajando el punto de congelación, permitiendo un mayor tiempo de almacenaje y distribución.
- b) Grasas.** - La grasa sólida se denomina manteca o sebo y las líquidas son los aceites, independientemente de su origen vegetal o animal, las grasas neutras son las utilizadas en la fabricación de los helados, ya sean de origen animal (grasa de leche), o de origen vegetal (aceite de coco, palma, etc.). Las grasas se oxidan muy fácilmente en presencia de oxígeno. En este proceso se forman ácidos grasos que

son fuertemente olorosos y volátiles. Esto da lugar al “enranciamiento”, fenómeno que puede evitarse fácilmente conservando los helados a bajas temperaturas y en atmósfera libre de oxígeno.

c) **Valor Nutritivo.** - La composición y valor nutritivo de los helados pueden presentar los siguientes valores promedios en la tabla 2.3:

Tabla 2.3

Valor nutritivo de los helados

Sales minerales	Cantidad	Vitaminas	Cantidad
Calcio	80-138mg/100g	A	0,02 – 0,13 mg/100 g
Fosforo	45-150mg/100g	B1	0,02 – 0,07 mg/100 g
Magnesio	10-20g/100g	B2	0,17 – 0,23 mg/100 g
Hierro	0,05 – 2 mg/100 g	B3	0,05 – 0,1 mg/100 g
Cloro	30 – 205 mg/100 g	C	0,9 - 18,0 mg/100 g
Sodio	50 – 180 mg/100 g	D	0,0001 – 0,0005 mg/100 g
Potasio	60 – 175 mg/100 g	E	0,05 – 0,7 mg/100 g

Fuente: Di Bartolo, 2005

2.8 Aplicaciones de los helados

Los helados tienen las siguientes aplicaciones:

2.8.1 Aplicaciones de los helados en una dieta equilibrada

Las personas a las que no les gusta la leche y los derivados lácteos, especialmente en etapas de la vida con un mayor requerimiento del mineral, como niños, jóvenes y mujeres embarazadas o lactantes, pueden beneficiarse de un aporte de calcio fácilmente asimilable a través de un consumo razonable de helados. Los helados de base láctea pueden formar parte de una dieta variada y equilibrada, nunca como picoteo, sino formando parte de las 5 ingestas recomendadas por los expertos. Esto es especialmente importante porque los helados suelen formar parte de los alimentos extra que toman las personas con problemas de sobrepeso, las cuales tendrían que reducir su consumo. Por su composición, se asemejan a los postres lácteos y, aunque la fruta siempre será el postre de primera elección, pueden tomarse como postre, alternándolos con fruta, y tomarlos cuando esa comida ha sido moderadamente calórica y rica en vegetales.

Aunque los expertos suelen recomendar tanto un tentempié a media mañana como una pequeña merienda, son los niños, adolescentes y ancianos quienes suelen tomar merienda. Idealmente, la merienda debería contener un 15% de las calorías diarias. Cualquier helado de base láctea complementado con algo de fruta conseguiría este objetivo. (Gonzales, 2007)

2.9 Materia prima para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

La materia prima que se utilizó en la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano es la siguiente:

2.9.1 Leche

La leche es una secreción nutritiva de color blanquecino opaco producida por las glándulas mamarias de las hembras (raras veces, patológicamente, también por los machos) de los mamíferos, esta capacidad es una de las características que definen a los mamíferos, la principal función de la leche es la de nutrir a las crías hasta que son capaces de digerir otros alimentos. La leche de algunos de los mamíferos domésticos (de vaca, principalmente, pero también de búfala, oveja, cabra, yegua, camella, alce, cerda y otros) forma parte de la alimentación humana corriente en algunas culturas, en las que los adultos son capaces de asimilar la lactosa. (Hernandez & Macias, 2015)

La leche de vaca contiene un 87% de agua. El resto se compone de grasa (4%), proteínas (3,5%), lactosa (4,8%) y pequeñas cantidades de sales, en particular calcio y fosfato (0,29%). La composición exacta de la leche depende de la raza de la vaca, la dieta y la temporada. Los componentes de la leche distintos de la grasa y el agua son colectivamente conocidos como sólidos lácteos no grasos, ya que son suministrados juntos en leche entera o leche desnatada en polvo. La leche contiene dos tipos principales de proteínas: caseína (80%) y proteínas de suero. Las proteínas de caseína y suero se distinguen por su solubilidad, pH 4,6 (a una temperatura de 20 °C): las caseínas son insolubles, mientras que las proteínas del suero son solubles. (Clark, 2004)

2.9.1.1 Leche descremada

La leche baja en grasa también se llama leche light o leche reducida en grasa. Contiene menos del 1,5% de grasa a menos que se especifique lo contrario. Tiene los mismos grandes beneficios para la salud y contiene los mismos nutrientes que la leche entera. La leche ligera contiene todos los mismos nutrientes que la leche normal y se elabora eliminando parte de la grasa de la leche normal. Para el mismo volumen de leche, la leche light o baja en grasa contiene un poco más de calcio que la leche entera, ya que cuando se elimina la grasa, el porcentaje de calcio aumenta proporcionalmente. (Brayant, 2021). En la tabla 2.4, se muestra la información nutricional por 240 ml de leche light.

Tabla 2.4

Composición nutricional de leche light

Composición	Cantidad	Unidades
Contenido energético	87	kcal
Carbohidratos disponibles	11,5	g
Azúcares	11,5	g
Fibra dietética	0	g
Proteínas	7,44	g
Grasas	1,2	g
Calcio	264	mg
Sodio	120	mg
Vitamina A	144	µg
Vitamina D	1,5	µg

Fuente: Alpura, 2021

2.9.2 Grasas y aceites

La distinción entre grasas y aceites es que las primeras son sólidas en temperatura ambiente, y estos últimos son líquidos. Por lo general, el helado tiene en grasa un contenido de 8-10% en peso. La grasa desempeña varias funciones en el helado: ayuda a estabilizar la espuma, es en gran parte responsable de la textura cremosa, ralentiza la velocidad a la que se derrite el helado y es necesario para entregar moléculas de sabor que son solubles en grasa pero no en agua. Las principales fuentes de grasa utilizadas

en la producción industrial de helados son grasa de mantequilla, nata y grasa vegetal. (Clark, 2004)

2.9.2.1 Crema vegetal

La nata vegetal, crema vegetal o mix vegetal como su nombre indica es una nata cuyas grasas son de origen vegetal. Este producto es un gran aliado en repostería ya que tiene una mejor consistencia que la nata tradicional de origen animal y se mantiene más tiempo firme y estable. El sabor de la nata vegetal es suave, dulce (pero no empalagoso) y ligeramente avainillado. (Karamelly, 2021)

La crema vegetal es una emulsión de aceite y agua similar a la nata, si se desea, sin ningún componente de la leche. Además de las ventajas fisiológico-nutricionales, existen también argumentos económicos y de técnica de procesamiento fundamentales a favor de la crema vegetal. La crema vegetal se usa: para batir para tartas, frutas, postres y helados, preparar salsas calientes, sopas y suflés, etc. (Vega, 2012). En la tabla 2.5, se muestra la información nutricional por 100 g de crema vegetal.

Tabla 2.5

Composición nutricional de crema vegetal

Composición	Cantidad (g)
Kcalorías	136
Carbohidratos	11,4
Proteínas	1
Grasas	10
Minerales	Cantidad (mg)
Sodio	79
Calcio	9
Fósforo	64
Potasio	191

Fuente: Vega, 2022

2.9.3 Arándano



Fuente: Macia, 2019

Figura 2.2 Arándano

El arándano es un arbusto que varía en su tamaño dependiendo de la especie de que se trate, posee raíces fibrosas y superficiales que se benefician en gran manera de la asociación con micorrizas. El fruto es una baya cilíndrica de 0,5 a 1,5 centímetros de diámetro de color azul a negro cubierto por una capa cerosa; su atractivo comercial está dado por sus propiedades organolépticas y nutritivas. (Intagri, 2017)

Los arándanos azules son frutas comestibles de la planta *Vaccinium angustifolium*, son unas pequeñas bayas de color azul oscuro o rojo, y sabor dulzón con un toque ácido, pertenecen a la familia de los frutos del bosque y son una de las frutas más saludables del planeta. Lo son porque tienen un alto contenido en antioxidantes los cuales, entre otros beneficios, combaten el envejecimiento prematuro neutralizando los radicales libres, combaten inflamaciones, son buenos para el corazón, la vista, la memoria y en dietas de pérdida de peso. (Penelo, 2019)

Estudios realizados en la Universidad de Clemson y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos califican al arándano como el alimento de mayor poder antioxidante entre 40 vegetales analizados. Este poder antioxidante es debido a la acción combinada de sus ácidos orgánicos y las 15 antocianinas que les confieren su peculiar color (entre las que destacan la mirtilina, la cianidina, la definidina, la malvidina, la peonidina, etc). (Penelo, 2019)

Además, contienen flavonoides y taninos, y una amplia diversidad de minerales esenciales como el manganeso, vitamina C y varias vitaminas del grupo B, según el

Food and Drug Administration (FDA), el arándano es un alimento libre de grasas y sodio. (Penelo, 2019). En la tabla 2.6, se muestra la información nutricional por 100g de arándano.

Tabla 2.6

Composición nutricional de arándano

Composición	Cantidad (g)
Kcalorías	74,22
Carbohidratos	6.05
Proteínas	0,63
Fibra	4,9
Grasas	0,6
Minerales	Cantidad (mg)
Sodio	1
Calcio	0,1
Hierro	0,74
Magnesio	0
Fósforo	13
Potasio	78
Vitaminas	Cantidad (mg)
Vitamina A	0,01
Vitamina B1	0,02
Vitamina B2	0,02
Vitamina B3	0,09
Vitamina B12	0
Vitamina C	22

Fuente: Vega, 2022

2.10 Insumos para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Se caracterizan los insumos que se utilizaron en la elaboración de helados a continuación:

2.10.1 Glucosa en polvo

Glucosa o Dextrosa, es una forma de azúcar encontrada en las frutas y en la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la fructosa pero con diferente

estructura. Todas las frutas naturales tienen cierta cantidad de glucosa (a menudo con fructosa), que puede ser extraída y concentrada para hacer un azúcar alternativo. A nivel industrial, tanto la glucosa líquida (o jarabe de glucosa) como la glucosa en polvo (o dextrosa), se obtienen a partir de hidrólisis enzimática del almidón de cereales como el trigo, arroz y especialmente maíz, por lo que mayormente se conoce como azúcar de maíz. (Quintero, 2018)

La glucosa en polvo entre los muchos y variados usos en la industria alimentaria se emplea como: edulcorante, potenciador de sabor, mejorador de consistencia, anti-deseicante (evita la deshidratación de productos congelados), conservante (alarga la vida y aspecto de muchos alimentos). (Quintero, 2018)

2.10.2 Goma xantana

La goma xantana es un polisacárido procedente del maíz y uno de los principales polímeros de la industria alimentaria. Este aditivo natural deriva de la bacteria *Xanthomonas campestris*, la misma que se encuentra detrás de ese color verde oscuro que aparece en las verduras de hoja cuando llevan demasiado tiempo confinadas en la despensa. La goma xantana es completamente soluble en agua caliente o fría, se hidrata rápidamente una vez dispersa y facilita la retención de agua produciendo soluciones altamente viscosas a baja concentración. Además, sus soluciones tienen viscosidades uniformes en rangos de temperatura desde la congelación a cerca del punto de ebullición, con una estabilidad térmica excelente. (Mollejo, 2021)

La goma xantana cuando se agrega al helado, le da una textura más suave porque evita la formación de grandes cristales de hielo. El helado que se hace con goma de xantana sabe mucho a grasa, pero no requiere crema de leche. Este producto completamente natural resulta de la fermentación de los azúcares del almidón de maíz, lo que hace que sea ideal para las personas alérgicas o intolerantes al gluten o al trigo. Añadir goma xantana al helado o a una receta con sorbete para crear un helado cremoso, incluso con poca grasa o ingredientes vegetarianos. (Hessong, 2021)

2.10.3 Ácido cítrico

El ácido cítrico se concentra naturalmente en una variedad de frutas y verduras y, en particular, concentrado en limones y limas. Al igual que con la mayoría de los ácidos orgánicos, el ácido cítrico es un ácido débil, con un nivel de pH entre 3 y 6. Comúnmente utilizado como aditivo alimentario como saborizante natural y conservador, el ácido cítrico también se utiliza en cosméticos, con fines médicos, como antioxidante y en productos de limpieza. (ChemicalSafetyFacts, 2021)

El ácido cítrico se puede agregar a bebidas y alimentos procesados y envasados, como helados, sorbetes, refrescos, vino y alimentos enlatados y en frascos, como un conservador, agente emulsionante y saborizante amargo. Se agrega ácido cítrico a muchos alimentos enlatados y en frascos para prevenir el botulismo. Los antioxidantes, que derivan del ácido cítrico, pueden ayudar a mantener los alimentos comestibles durante más tiempo. (ChemicalSafetyFacts, 2021)

2.10.4 Lactulosa

La lactulosa es un disacárido sintético considerado el prebiótico más sencillo que se obtiene en medio básico mediante isomerización de la lactosa presente en el permeado del suero de quesería. Otro método es mediante síntesis enzimática a partir de la lactosa y fructosa y β -galactosidasas. Lo más característico que presenta y que la diferencia del resto de prebióticos es su uso, pues se utiliza en la nutrición y como medicamento para el tratamiento del estreñimiento crónico gracias a las propiedades que posee, produciéndose un efecto osmótico y una disminución del pH por la formación de ácidos grasos de cadena corta que se producen mediante su fermentación. (Corzo et al., 2015). Como resultado de casi un siglo de investigación, los científicos descubrieron que la lactulosa tiene una gama de propiedades que son beneficiosas para los humanos (Confelti, 2019):

- Mejora la absorción de minerales. La recepción de lactulosa promueve una absorción más activa de calcio.

- Se usa para tratar el estreñimiento. La lactulosa tiene muchas propiedades que evitan el estreñimiento como resultado.
- Afecta la formación de ácidos biliares. En personas sanas que consumen lactulosa, hay una disminución en la producción de ácidos biliares secundarios en el intestino.

2.10.5 Sacarosa

La sacarosa o azúcar común es un disacárido formado por alfa-glucosa y beta-fructosa. Su fórmula química es: $(C_{12}H_{22}O_{11})$. En la naturaleza se encuentra en un 20% del peso en la caña de azúcar y en un 15% del peso de la remolacha azucarera, de la que se obtiene el azúcar de mesa. (Lumitos, 2022). La sacarosa es el azúcar más utilizado en los helados, llegando a representar el 80% del total de azúcares de la mezcla. No es conveniente pasar de esta proporción debido a que le daría un excesivo sabor dulce al producto. (Di Bartolo, 2005)

2.10.6 Leche en polvo

La leche en polvo es la leche totalmente deshidratada, cuyo contenido en agua es igual o inferior a un 5% en peso del producto final. Se obtiene mediante la deshidratación de la leche natural entera, total o parcialmente desnatada. Para reconstituir este tipo de leche, se añaden 9 partes de agua a una parte de leche en polvo, así se obtiene, la leche de composición normal. (Fenil, 2022). La leche entera en polvo puede contener entre el 26 % y el 42 % de grasa láctea, y el nivel de proteínas puede ajustarse a un mínimo del 34 % en los sólidos no grasos de la leche. Se usa para productos de panificación, confitados, productos lácteos, mezclas preparadas; como una fuente económica de sólidos lácteos, incluida la grasa láctea, como una forma conveniente de leche nutritiva que no requiere refrigeración y se reconstituye fácilmente y como un ingrediente lácteo que se transporta y almacena fácilmente. (Dairy, 2017)

2.10.7 Saborizante de frutos rojos

Según el MERCOSUR (2022) los saborizantes las sustancias o mezclas de sustancias con propiedades aromáticas y/o sápidas capaces de conferir o reforzar el aroma y/o el sabor de los alimentos. El tono intenso y el sabor vibrante del saborizante de frutos rojos equilibran los sabores combinados de los arándanos, las moras y las frambuesas. Complementa los sabores de vainilla y chocolate, y agrega un sabor audaz a una variedad de bebidas. (Monin, 2022)

2.10.8 Saborizante sabor leche condensada

El saborizante de leche condensada se utiliza en la industria alimentaria, productos para la salud, cosméticos, productos farmacéuticos, etc. El sabor de la leche condensada está en forma líquida y en polvo y es de grado alimenticio, se puede utilizar para hornear, helados, leche condensada, dulces, nueces tostadas, bebidas, galletas y otros productos alimenticios. (Aafud, 2022)

2.11 Operaciones en el proceso de elaboración de helado tipo paleta

A continuación se describe los pasos a seguir para la elaboración de helado:

a) Dosificación y mezcla

El primer paso en la fabricación de helado es la preparación de la mezcla. El proceso de mezcla está diseñado para mezclar, dispersar e hidratar (disolver) los ingredientes en el mínimo tiempo con un óptimo uso de energía. Los ingredientes deben dosificarse en cantidades precisas en un orden particular para lograr una calidad de mezcla óptima y consistente y máxima utilización de los ingredientes. (Clark, 2004)

b) Homogenización

El propósito de esta etapa es obtener una emulsión más estable, así como un tamaño y distribución uniforme de los glóbulos de grasa y de las partículas sólidas del resto de los componentes, logrando un producto que se bate más

fácilmente y posee mejores propiedades organolépticas (sabor, color, aroma, textura, etc). (Arévalo et al., 2013)

c) Pasteurización

Consiste en elevar la temperatura y reducirla rápidamente. Se realiza para eliminar los gérmenes patógenos asegurando la inocuidad y conservando las propiedades organolépticas del alimento. Este proceso puede realizarse en forma discontinua (o Batch), o en forma continua (intercambiador a placas), en el cual el producto se trata a temperaturas elevadas (83 a 85°C) durante un período corto de tiempo (15 a 30 segundos). (Arévalo et al., 2013)

d) Enfriamiento

Según el Ministerio De La Protección Social (2010) la mezcla para elaborar los helados, bases o mezclas de crema y leche o grasa vegetal después de la pasteurización debe ser enfriada bruscamente a una temperatura de 4 °C.

Desde el punto de vista microbiológico, esta fase tiene gran importancia ya que si no se hace correctamente puede permitir la multiplicación de los gérmenes supervivientes al tratamiento de pasteurización. El enfriamiento debe efectuarse lo más rápido posible, hasta niveles de igual o inferior a 6°C, lo cual permite reducir el "período crítico ", es decir, existen unos rangos de temperatura (variables según el tipo de germen) en donde la multiplicación es rápida. Si se consigue superar esta fase rápidamente, el riesgo de obtener un producto contaminado es menor. (Corvitto, 2005)

e) Reposo o maduración de la mezcla

La maduración de la mezcla consiste simplemente en introducir nuestra mezcla en el frigorífico y dejarla reposar entre 6 y 12 horas. Es un proceso necesario para que la lecitina o el estabilizante utilizado en nuestro helado vaya

cumpliendo poco a poco su función, dejando la mezcla lista para su correcta aireación en la heladera. (Mancebo, 2014)

Las principales finalidades que se logran con la maduración son: la hidratación de las proteínas y otros sólidos contenidos en la mezcla así como del estabilizante-emulsionante. De esta forma, toda el agua libre queda retenida, evitando la formación de cristales de agua durante la fase de congelación. Se produce una microcristalización de los glóbulos de grasa y con la ayuda del estabilizante-emulsionante se realiza la perfecta unión (emulsión) de las fases agua-grasa; integrándose a la misma, si lo hubiere, el aroma correspondiente (frutos secos, chocolate etc.). (Corvitto, 2005)

f) Moldeado

Divida la mezcla en partes iguales en los moldes de paletas, asegurándose de dejar al menos una pulgada de espacio en la parte superior. Asegure la parte superior del molde de paletas, o cubra moldes con papel aluminio e inserte un palito de paleta en el centro. (Smith, 2012)

g) Finalización en el congelador

Lo ideal es que el proceso de congelación final de la masa que sacamos de la heladera se lleve a cabo en el menor tiempo posible, ya que su principal objetivo es “estabilizar” la estructura del helado, manteniendo atrapado el aire incorporado durante la mantecación e inhibiendo el crecimiento de cristales de hielo que restarían cremosidad a nuestro helado. A nivel industrial se utilizan lo que se denomina como “abatidores de temperatura”, congeladores de elevado poder frigorífico que alcanzan temperaturas literalmente antárticas (de hasta -40°C) y que permiten que el núcleo de la mezcla alcance la temperatura objetivo de (-18°C) en el menor tiempo posible (sí, incluso las heladerías que venden sus helados a -11°C , los almacenan a (-18°C) para estabilizar su estructura). (Mancebo, 2014)

2.12 Congelación de alimentos

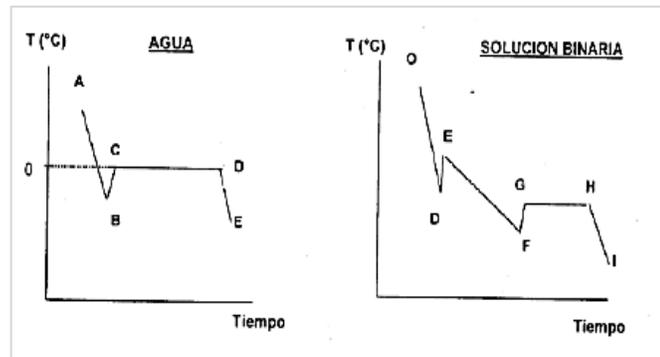
Según Bernard (2022) La congelación de alimentos es la solidificación de agua contenida en los alimentos a una temperatura por debajo del punto de fusión (0°C) donde la proporción de agua se convierte en hielo. La conservación de alimentos mediante congelación se produce debido a diferentes mecanismos. La reducción de la temperatura del producto a niveles por debajo de 0°C produce un descenso significativo en la velocidad de crecimiento de microorganismos y, por lo tanto, en el deterioro del producto debido a la actividad microbiana (Singh & Heldman, 2009)

La congelación representa para muchos alimentos el mejor método de conservación a largo plazo, pues asocia los efectos favorables de las bajas temperaturas a los de transformación de agua líquida en agua sólida, actúan conjuntamente la disminución de la temperatura y la disminución de la actividad acuosa (A_w). (De Michelis, 2005)

La congelación de la mezcla es una de las operaciones más importantes en la elaboración del helado, ya que la calidad, la palatabilidad y el rendimiento del producto terminado dependen de una congelación adecuada. Por lo general, la congelación del helado se logra en dos pasos: congelación dinámica, donde la mezcla se congela rápidamente mientras se agita para incorporar aire y limitar el tamaño de los cristales de hielo formados; y congelación estática, donde el parcialmente congelado el producto se endurece sin agitación en un entorno especial a baja temperatura diseñado para eliminar el calor rápidamente. (Goff & Hartel, 2013)

2.12.1 Curvas de congelación

Las curvas de congelación proporcionan información útil acerca de proceso de congelación relacionando temperaturas del producto con el calor extraído o tiempo de congelación. Si se representan las variaciones que sufren durante la congelación, las temperaturas del agua y de una solución binaria, se obtienen curvas como las de la figura 2.3. (Lázaro & Salvador, 2014)



Fuente: Lázaro & Salvador, 2014
Figura 2.3 Curvas de congelación

OD: Extracción de calor sensible, desde el origen de la curva al punto D lo que producirá un descenso uniforme de la temperatura.

D: Punto de sobre - enfriamiento necesario para la nucleación

DE: Calentamiento producido por la liberación de calor del núcleo lo cual contribuye al crecimiento de cristales EF Cambio de estado (líquido a sólido) No se realiza a temperatura constante debido a que conforme se va cristalizando el agua, la concentración de la solución va incrementándose con el consiguiente decrecimiento del punto de congelación.

F: La fase líquida se satura con el soluto y empieza la nucleación de la solución sobresaturada

FG: Calentamiento producido por la liberación de calor por cristalización del soluto

G: Temperatura eutéctica. Se define el punto eutéctico como la temperatura más alta a la que una máxima cristalización de agua y soluto puede ocurrir, en un sistema acuoso. El término criohídrico se aplica solo cuando el solvente es agua, siendo el término más general el de eutéctico, que es aplicable a cualquier solvente.

GH: Cambio de estado de la solución sobresaturada en donde la cristalización de agua y soluto es proporcional por lo que la concentración no variara siendo por lo tanto un

proceso a temperatura constante. Se realiza la concentración correspondiente al punto eutéctico.

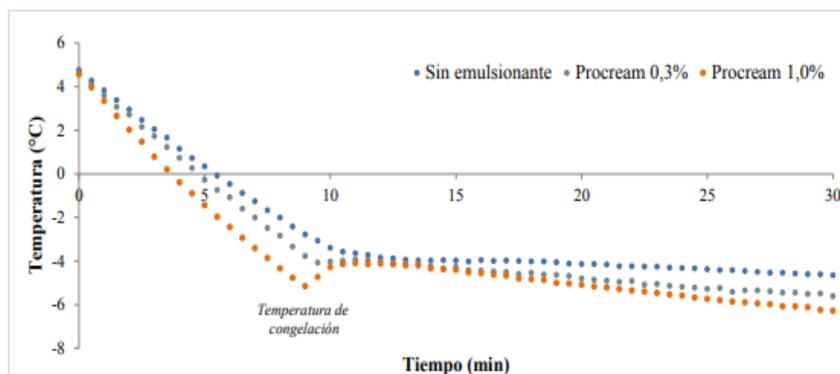
H: La cristalización de la solución sobresaturada es completa

HI: Al ser todo sólido, y seguir extrayendo calor, solo se producirá una disminución de la temperatura, por liberación de calor sensible

En el caso del agua pura, después de la sobrefusión (S) ocurre la formación de los cristales de hielo y liberación de calor, la temperatura sube a 0°C (punto crioscópico) y permanece constante durante toda la cristalización. Cuando toda el agua se transformó en hielo se inicia el descenso de la temperatura a una marcha más rápida porque el calor específico del hielo es inferior al del agua. Se define al punto crioscópico como el punto en el cual el agua de un alimento comienza a cambiar de estado. (Lázaro & Salvador, 2014)

Lógicamente la forma exacta de las curvas de congelación en una solución mezclada estará influenciada por las cantidades de los diversos componentes, sus solubilidades en presencia de los otros y sus efectos sobre el punto de congelación. El punto eutéctico final es alcanzado solo cuando la última de las sustancias disueltas alcanza su punto de saturación y en mezcla de soluciones la porción sin congelar en ese punto, también estará saturada con respecto a todos los otros componentes. Por lo tanto, el punto eutéctico de la mezcla deberá ser menor al del componente de más bajo punto eutéctico. A medida que la velocidad de congelación aumenta las diferentes etapas que constituyen la congelación van siendo menos aparentes, hasta que al llegar a las velocidades más altas de extracción de calor donde ellas no se distinguen. (Lázaro & Salvador, 2014)

En la figura 2.4 se presentan las curvas experimentales de congelación de tres muestras de helado (30 min, -50°C), en ellas se observa el efecto de la adición de diferentes concentraciones (0%, 0,3% y 1%) de emulsionante sobre el punto de congelación.



Fuente: Velásquez & Vargas, 2015

Figura 2.4 Curva experimental de congelación de helado

Se observa que las muestras tuvieron un descenso en su punto de congelación. Esto se debe al incremento de solutos. Este efecto puede presentarse cuando la grasa se cristaliza en gotas de emulsión dispersas. También se observa que los solutos de la solución están iniciando el proceso de congelación, generando una vibración de sus moléculas causando una variación en la temperatura, lo que se evidencia como un cambio brusco en la pendiente de la curva. Mientras el hielo tiene un punto de congelación nominal de 0°C , los cristales de hielo más pequeños tienen un punto de congelación ligeramente deprimido en comparación con cristales más grandes. (Ramírez, 2015)

2.12.2 Características de la congelación

Las características principales del método son: Prácticamente, ningún microorganismo puede desarrollarse a temperaturas inferiores a (-10°C) , por lo tanto el usual almacenamiento de los productos congelados a (-18°C) o (-25°C) impide toda actividad microbiana. Esto no significa que los microorganismos mueren, sino que no pueden alimentarse y desarrollarse; la velocidad de la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida. La única que evoluciona más rápidamente es la de oxidación de grasas o lípidos; la formación de cristales de hielo y su aumento de volumen tiene el inconveniente de originar un deterioro mecánico de la estructura del tejido con pérdida de textura, jugos, etc. (De Michelis, 2005). En la tabla 2.7, se muestra las características de pasteurización y congelación en helados.

Tabla 2.7

Características de pasteurización y congelación en helados

Tipo	Temperatura (°C)	Tiempo	Eficiencia sobre los microorganismos
Pasteurización			
Baja	62-65	30 minutos	95%
Alta	80-85	1 a 2 minutos	99,9%
Ultra pasteurización	135-150	2 a 8 segundos	99,9%
Congelación			
Velocidad baja (congelador doméstico)	-18	El frío penetra en menos de 1 cm de la superficie durante 1 hora	Baja
Velocidad media (Túnel 20m/h)	-40	1 hora el frío penetra entre 1-5 cm de la superficie durante 1h	Alta
Ultra congelación Inmersión nitrógeno	-196	El frío penetra en más de 5 cm de la superficie durante una hora	Alta

Fuente: Vilbo, 2009

2.12.3 Etapas de congelación

La congelación, se dividen en las siguientes etapas:

2.12.3.1 Sub-enfriamiento

Se debe de pasar una barrera energética antes de que ocurra el proceso de cristalización como punto inicial de congelación. El proceso de sub-enfriamiento se observa cuando se retira calor sensible por debajo de 0 °C sin cambio de fase, resultando en un estado termodinámico inestable que inicia la formación de agregados submicroscópicos de agua llegando a una interface conveniente que es necesaria para la transformación de líquido a sólido. El grado de subenfriamiento esta dictaminado por el inicio de la nucleación. Sin embargo, cuando no hay una interface estable, no se inicia la separación de fases ya que las moléculas de líquido no son capaces de alinearse por sí mismas. (Ceron, 2014)

2.12.3.2 Nucleación

La nucleación se define como el agrupamiento de átomos en fase líquida en un núcleo estable pequeño. De manera termodinámica, la agrupación de partículas a temperaturas por debajo del punto de fusión inicial no es favorable debido a que la relación entre la superficie y el volumen de los núcleos es muy grande y por lo tanto la energía interfacial con el líquido se vuelve una barrera. (Ceron, 2014)

2.12.3.3 Propagación de cristales de hielo

Una vez que se inicia la nucleación y el crecimiento de cristales, las moléculas de agua se mueven rápidamente para alcanzar la estabilidad termodinámica como hielo hexagonal, el cual es el arreglo estructural favorecido energéticamente. El crecimiento de los cristales ocurre cuando el número de moléculas de agua se difunden a través de la interfase y la orientación hacia un sitio de crecimiento es mayor que el número de moléculas desviadas. El mecanismo y la velocidad de crecimiento de cristales dependen de la concentración y de la morfología de la superficie. (Ceron, 2014)

2.12.3.4 Velocidad de congelación

Cuando se habla de velocidad de congelación, es referirse a la velocidad de eliminación de calor o a la velocidad de desplazamiento del frente de congelación, o al tiempo necesario para traspasar un intervalo de temperatura determinado. Se puede aconsejar la siguiente relación como medida de la velocidad de congelación: la distancia mínima entre la superficie y el centro crítico (punto que se enfría más lentamente) entre el tiempo que transcurre desde el momento que la temperatura es (0 °C) en el centro crítico y cuando la temperatura alcanza (-18 °C), en ese mismo punto. (Álvarez 2022)

2.12.4 Tipos de congelación

Existen tres tipos de congelación dependiendo del equipo y velocidad con los que los productos son congelados:

2.12.4.1 Congelación lenta

Se utiliza cuando productos de gran tamaño son almacenados en amplios almacenes o cuando se requieren cámaras de gran capacidad para alojar grandes cantidades. Mantiene la calidad y no altera el sabor ni el olor. El tiempo de congelación es largo. Es el más común para cámaras de congelación en productos como corderos, bovino, porcino, etc. (Bernad, 2022)

2.12.4.2 Congelación media

Según Bernad (2022), se realiza a una velocidad de congelación de 1-5cm/h en túneles de aire frío a 20km/h y (-40°C).

2.12.4.3 Congelación rápida

Se utiliza en cocinas profesionales y en la industria alimentaria para congelar rápidamente y detener la proliferación de bacterias tras el congelado o descongelado. Consiste en un enfriamiento brusco donde se pretende alcanzar la máxima cristalización en un tiempo inferior a cuatro horas. El proceso concluye tras lograr la estabilización térmica a (-18°C), entonces, el producto deberá mantenerse en cámaras a bajas temperaturas. (Bernad, 2022)

Este tipo de congelación es la que se realiza en las cocinas y en la industria alimentaria para congelar de forma rápida. Se trata de un enfriamiento brusco y se suelen congelar los productos alimenticios en menos de 4 horas. (Apolo, 2022)

2.12.5 Métodos para la congelación de helados

Según Bernad (2022) las técnicas que se llevan a cabo para la congelación de alimentos pueden ser:

2.12.5.1 Por contacto

Una superficie fría que extrae el calor está en contacto con el producto. Se usan congeladores de placas con láminas de metales termoconductores. El marisco y el pescado se suele congelar de esta forma.

2.12.5.2 Métodos criogénicos

Se utilizan fluidos criogénicos como el famoso Nitrógeno líquido de Master Chef o Dióxido de Carbono y Freón, que sustituyen al aire frío para conseguir el efecto congelador. El alimento se introduce directamente en estas sustancias, que al evaporarse se llevan el calor consigo. Este proceso también se denomina ultracongelación ya que no se requieren más de dos horas. El inconveniente es su elevado costo.

2.12.5.3 Por aire

Una corriente de aire frío extrae el calor del producto hasta llegar a la temperatura final. El uso de ráfagas de aire a bajas temperaturas y altas velocidades en un espacio controlado consigue una congelación rápida. Se suele utilizar en productos de tamaño reducido.

2.12.5.4 Congelación por inmersión en líquidos incongelables

En estos sistemas se consideran todos aquellos fluidos que se utilizan en la industria frigorífica basándose en el concepto de calor sensible; es decir, son fluidos que al eliminar el calor de un producto incrementan su temperatura. El uso de un líquido como un medio de congelación tiene la ventaja de sus altos coeficientes de transmisión de calor por convección. Es un método de congelación menos usado que el aire, pues el producto debe ser compatible con el líquido o tener una envoltura especial que evite el contacto directo. Generalmente se utiliza la congelación por inmersión en una salmuera de cloruro de sodio, teniendo como limitante la temperatura de congelación, no menor a $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, en consecuencia, los tiempos de congelación oscilan entre 4 y 8 horas aproximadamente; aplicable generalmente a productos pesqueros y aves. También se utilizan soluciones de cloruro de calcio, de propilenglicol, etc. Otra de las desventajas del método es la de provocar altos niveles de corrosión en los recipientes que contienen estas soluciones. (Álvarez 2022)

2.12.6 Tiempo de congelación

Tiempo de congelación un paso clave en el diseño de un proceso de congelación es la determinación del tiempo de congelación. Cuando un alimento está siendo congelado se pueden distinguir tres periodos distintos: precongelación, cambio de fase y postcongelación. (...). El tiempo de congelación es el factor más importante en la selección de un sistema de congelación para asegurar una calidad óptima del producto. Los requerimientos de tiempo de congelación ayudan a establecer la capacidad del sistema. (Singh & Heldman, 2009)

CAPÍTULO III
METODOLOGIA
EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del trabajo de investigación "Elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano", se realizó en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LCIA), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Tipo de metodología aplicada

El presente trabajo de investigación considera la metodología para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, utilizando la metodología experimental de laboratorio con el propósito de obtener un producto por lo cual se toma en cuenta los siguientes métodos:

- ✚ Método de análisis fisicoquímico de la leche, arándano y crema vegetal
- ✚ Método de análisis de micronutrientes de la leche y arándano
- ✚ Método de análisis microbiológico de la leche, arándano y crema vegetal
- ✚ Método de análisis organoléptico para obtener el producto final
- ✚ Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación
- ✚ Método de análisis fisicoquímico del producto final
- ✚ Método de análisis microbiológico del producto final

3.3 Estructura epistemológica y metodológica de la investigación

En la presente investigación se toma en cuenta la siguiente estructura:

3.3.1 Paradigma de la investigación

El término paradigma se le atribuye a Thomas Kuhn (1970), quien en la obra la «estructura de las revoluciones científicas» expresa que un paradigma es un compromiso implícito, no formulado ni difundido, de una comunidad de estudiosos con determinado marco conceptual. Así mismo, afirma que en una ciencia experimentada sólo puede sobresalir un paradigma a la vez, compartiéndolo con esa comunidad, y sirve para determinar las maneras correctas de formular las preguntas,

aquellos rompecabezas comunes que se definen como las tareas de investigación en la ciencia normal. (Ricoy, 2006)

3.3.2 Paradigma positivista

Su aparición se sitúa en el siglo XIX y principios del XX. Se basa en la teoría positivista del conocimiento. En el paradigma positivista, los propósitos científicos están por encima de los valores que los sujetos expresen y de su contexto, centrándose en el mundo de forma neutral para garantizar explicaciones universales generalizables. (Ricoy, 2006)

Según Herrera (2018) el paradigma positivista también llamado (cuantitativo, empírico-analítico, racionalista) busca explicar, predecir, controlar los fenómenos, verificar teorías y leyes para regular los fenómenos; identificar causas reales, temporalmente precedentes o simultaneas.

3.3.3 Enfoque de la investigación

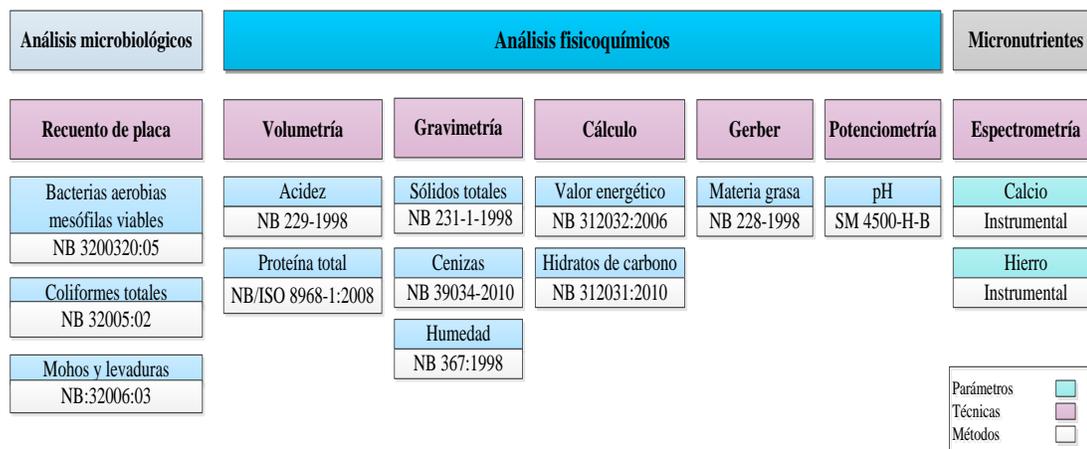
El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acostándose y una vez delimitada, se derivan los objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco teórico. (Hernández et al., 2014)

3.4 Métodos, técnicas e instrumentos

El método científico es un rasgo característico de la ciencia, tanto de la pura como de la aplicada. Pero no es un método en el sentido de un procedimiento formal, ni tampoco es una receta infalible para los descubrimientos, sino más bien una actitud y una filosofía que proporcionan una orientación según la cual se pueden deducir, con confianza, conceptos generales de las impresiones que desde el mundo exterior entran a raudales en los sentidos del hombre y que permiten encontrar soluciones más acertadas a los problemas planteados por la sociedad. (Gutiérrez ,1998)

3.4.1 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche light

En la figura 3.1, se muestran los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche light, las técnicas-normas utilizadas para su determinación.

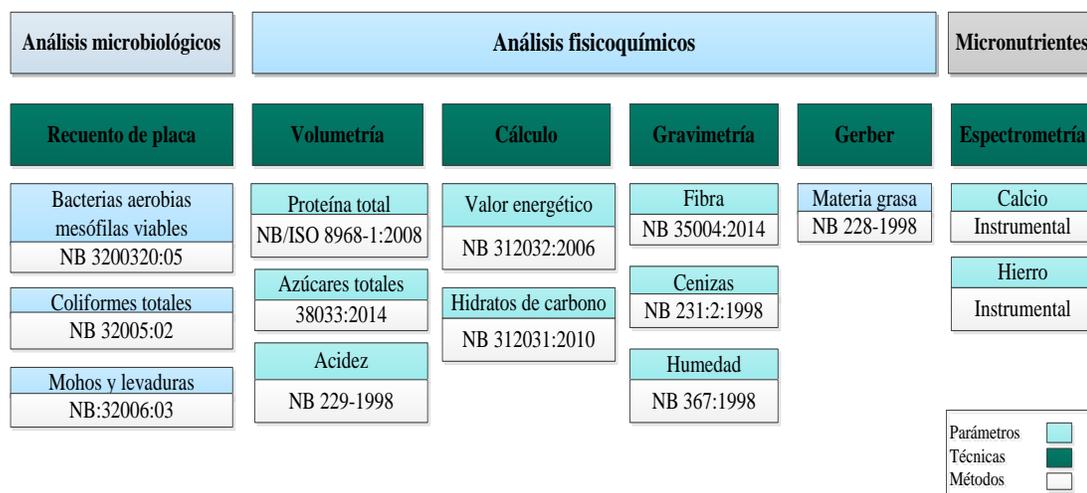


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.1 Análisis físico-químicos y microbiológicos en la leche light

3.4.2 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del arándano

En la figura 3.2, se muestran los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del arándano.

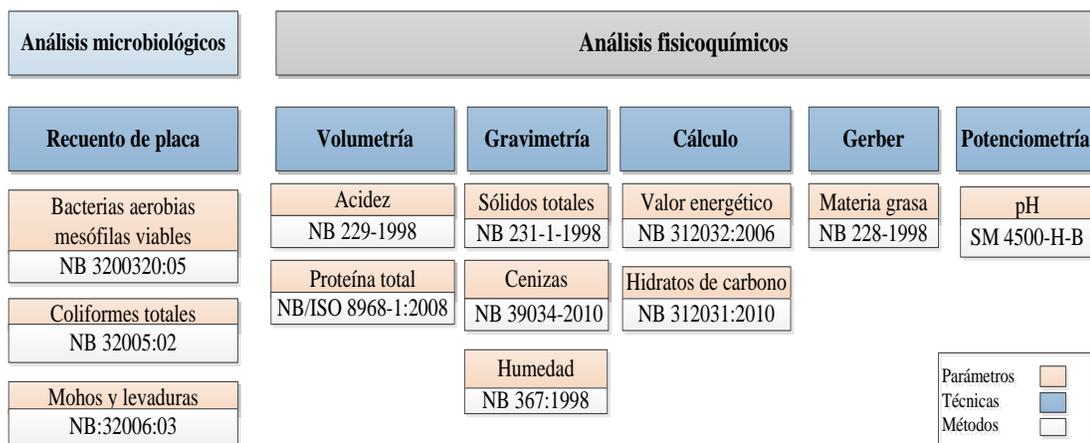


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.2 Análisis físico-químicos y microbiológicos del arándano

3.4.3 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la crema vegetal

En la figura 3.3, se muestran los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la crema vegetal.

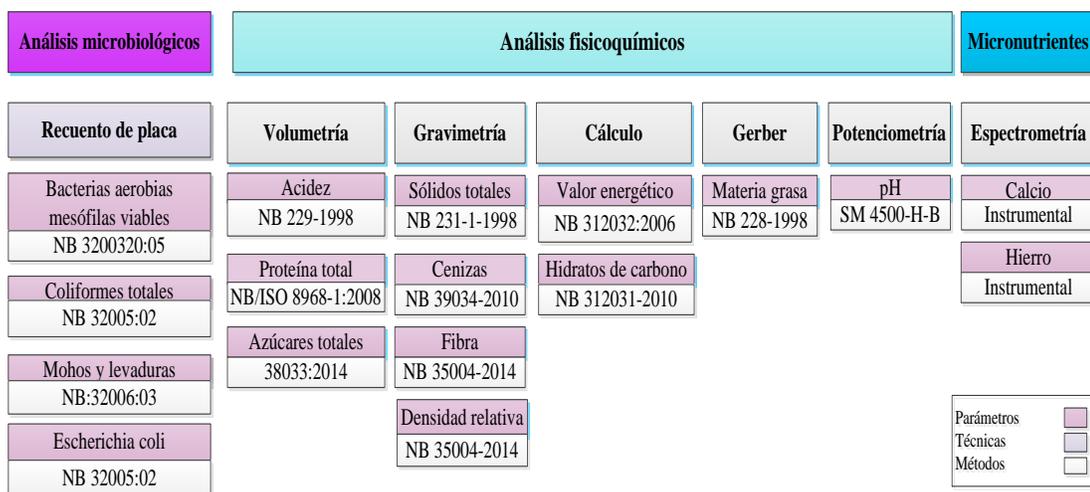


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.3 Análisis físico-químicos y microbiológicos del arándano

3.4.4 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del producto final

En la figura 3.4, se muestran los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del producto final.



Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.4 Análisis físico-químicos y microbiológicos del producto final

3.5 Descripción de equipos, instrumentos de laboratorio, materiales de laboratorio, utensilios de cocina y reactivos químicos de laboratorio

A continuación se detallan los materiales y equipos de laboratorio que se utilizó en la elaboración de paletas de helado de crema vegetal sabor arándano, con funcionalidad prebiótica, las figuras se muestran en el (Anexo G).

3.5.1 Equipos

Los equipos que se utilizaron para la elaboración de paletas de helado se detallan a continuación e la figura 3.5, las figuras de los equipos se muestran en el (Anexo G).

Congelador	Cocina industrial	Freezer	Licadora	Mixer
Marca: Labcold Industria: Reino Unido Capacidad: 10 litros Color: Blanco Tipo: ULF130 Dimensión: 920x720x650 cm	Marca: Todo inox S.R.L Industria: Bolivia Capacidad: Dos hornallas Material: Acero inoxidable Dimensión: 127x304mm	Marca: Artic King Industria: Estados Unidos Capacidad: 200 litros Peso: 73 kg Color: Blanco Dimensión: 81x55x83 cm	Marca: Oster Industria: México Modelo: BRLY07-Z00- 051 Potencia: 600 W capacidad: 1,5 litros	Marca: Magefesa Industria: España Modelo: MESCOLARE PLUS 800 Potencia: 750 W capacidad: 0,6 litros Color: Blanco Dimensiones: 13.8 x23.6x24.6 cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5 Equipos utilizados en la elaboración del producto

3.5.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizó para la elaboración de paletas de helado se detallan a continuación en la figura 3.6, las figuras de los instrumentos de laboratorio se muestran en el (Anexo G).

Balanza de precisión	Balanza digital	ph-metro	Refractómetro	Bureta digital	Termómetro inalámbrico	Termómetro de alcohol
Marca: RADWAG Industria: Polonia Capacidad: (0,5-310) g Precisión:0,1 g Dimensión: 195x195mm	Marca: Kern Industria: China Capacidad: Max 30 kg; Modelo: FCB 30K-3 Dimensión: 150-170mm	Marca: Horiba Industria: Japón Pantalla: LCD Rango de pH: 2.00-19.99 Precisión: (±0,003) dimensión: 170x174x73 mm	Marca: KRUSS Industria: Alemania Rango de escala: 0-95 °Brix Peso:900 g Dimensión: 180x100x60 mm	Marca: VWR Industria: Francia Capacidad:50ml Precisión: (±0,2)% Dimensión: 99 mmx34 mm	Marca: BarBCheck Industria:China Temperatura: -50°C-300°C Material: Plástico Dimensión: 110x90x60mm	Escala:0-200°C División de escala:1°C Carga de liquido termosensible: Alcohol rojo Medidas externas: 25cm; diámetro 5mm

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 Instrumentos de laboratorio utilizados en la elaboración del producto

3.5.3 Materiales de laboratorio

Los materiales necesarios para el presente trabajo de investigación son los que se detallan a continuación.

- **Piseta:** capacidad-500 ml, material-plástico
- **Matraz erlemeyer:** capacidad-250ml, material-vidrio
- **Vaso precipitado:** capacidad-100ml, material-vidrio
- **Pipeta:** capacidad-10ml, material-vidrio
- **Vidrio reloj:** capacidad-pequeño, material-vidrio
- **Probeta:** capacidad-250ml, tipo de material-plástico

3.5.4 Utensilios de cocina

Para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se utilizó los utensilios de cocina que se detallan a continuación:

- △ **Moldes para paletas:** capacidad-mediano, material-acero inoxidable
- △ **Cuchara:** capacidad-mediana, material-acero inoxidable
- △ **Cucharilla:** capacidad-pequeña, tipo de material-acero inoxidable
- △ **Espátula:** capacidad- mediana, material-goma
- △ **Fuente:** capacidad-mediana, material-acero inoxidable
- △ **Fuente:** capacidad-mediana, material-plástico

- Δ **Cuchara:** capacidad-mediana, material-madera
- Δ **Jarra graduada:** capacidad-500ml, material-plástico
- Δ **Jarra graduada:** capacidad-1000ml, material-plástico

3.5.5 Reactivos de laboratorio

Los reactivos químicos de Laboratorio para el control de los parámetros para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano se detallan a continuación:

- ♣ Hidróxido de sodio: cantidad-500ml, concentración-0,1N
- ♣ Fenolftaleína: cantidad-100ml, concentración-1,00%
- ♣ Agua destilada: cantidad-500ml
- ♣ Alcohol etílico: cantidad-500ml, concentración-70%
- ♣ Vinagre de alcohol: cantidad-500ml, concentración-50%

3.6 Materia prima e insumos alimentarios

La materia prima e insumos que se necesitó para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano son los siguientes:

3.6.1 Materia prima

La materia prima para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano. Sus características se describen a continuación:

- **Leche light:** procedencia-Tarija, marca-PIL Tarija
- **Arándano:** procedencia-Tarija
- **Crema vegetal:** procedencia-La Paz, marca-masscream

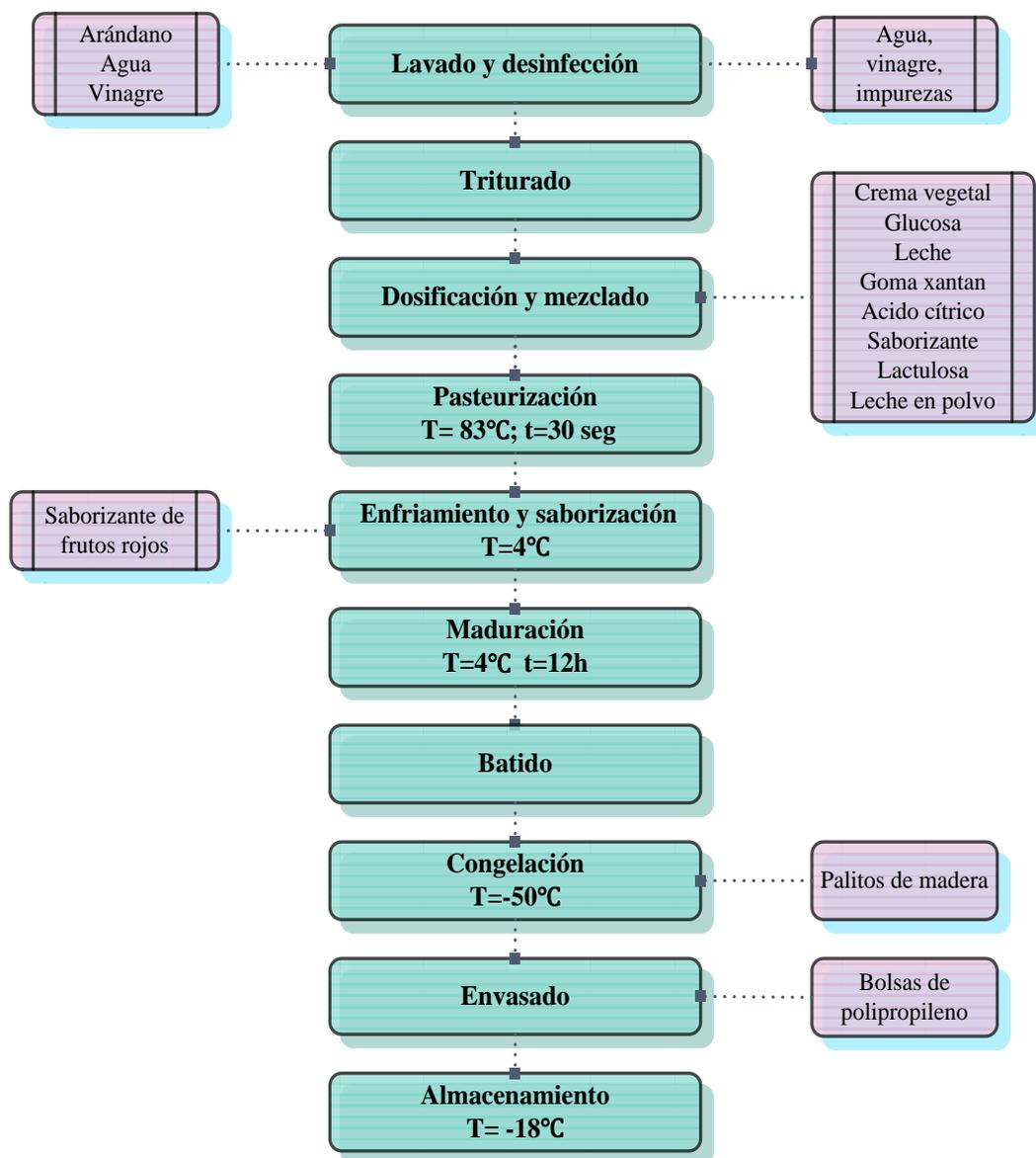
3.6.2 Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios que se utilizó para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se describen a continuación:

- **Glucosa en polvo:** procedencia-Santa Cruz, marca-maprial
- **Lactulosa:** procedencia-La Paz, marca-farmacal
- **Goma xantan:** procedencia: procedencia-Tarija, marca-esencial
- **Ácido cítrico:** procedencia-Santa Cruz, marca-Telchi
- **Esencia de frutos rojos:** procedencia-Santa Cruz, marca-maprial

3.7 Proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal sabor arándano

En la figura 3.7, se muestra el diagrama de flujo de la elaboración de paletas de helado de crema vegetal sabor arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Diagrama de flujo de la elaboración de paletas de helado

3.8 Desarrollo del proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal sabor arándano

El proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal sabor arándano es el siguiente:



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.8 Lavado

3.8.1 Lavado y desinfección

Este proceso se realizó utilizando agua potable y vinagre, se lava los arándanos con agua y se deja reposando con agua y vinagre por 10 minutos, luego se vuelve a lavar, con la finalidad de eliminar tierra y otros residuos adheridos en la superficie de la cáscara de los arándanos, luego se colocó en papel servilleta para secar.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.9 Triturado

3.8.2 Triturado

Se realizó este proceso con los arándanos, se colocaron en el mixer por un tiempo de dos minutos y treinta segundos hasta que los arándanos estén muy bien triturados.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.10 Mezclado

3.8.3 Dosificación y mezclado

Se preparó las materias primas e insumos, pesando en función a la cantidad que se desea realizar, se colocaron en la licuadora por dos minutos y treinta segundos para que se mezclen bien.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.11 *Pasteurización*

3.8.4 Pasteurización

Se procedió a realizar la pasteurización de la mezcla a una temperatura de 83°C, durante un tiempo de treinta segundos.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.12 *Enfriamiento*

3.8.5 Enfriamiento y saborización

Luego de la pasteurización, se realizó el enfriamiento de la mezcla con hielo a una temperatura aproximada de 4-5°C y se agrega saborizante.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.13 *Maduración*

3.8.6 Maduración

La maduración de la mezcla se realizó a una temperatura de 4°C durante un tiempo de 12 horas aproximadamente.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.14 Batido

3.8.7 Batido

Después del proceso de maduración, se realizó un batido con el mixer durante 30 segundos.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.15 Congelación

3.8.8 Congelación

Luego se colocó la mezcla en los moldes a una temperatura de -50°C aproximadamente, después de una media hora se colocan los palitos de madera a las paletas. El helado se congela en setenta a ochenta minutos aproximadamente.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.16 Envasado

3.8.9 Envasado

Con mucho cuidado se sacan las paletas de los moldes y se realizó el envasado en bolsas de polipropileno de un tamaño adecuado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.17 Almacenamiento

3.8.10 Almacenamiento

Las paletas de helado se almacenaron en el congelador a una temperatura aproximada de (-18°C).

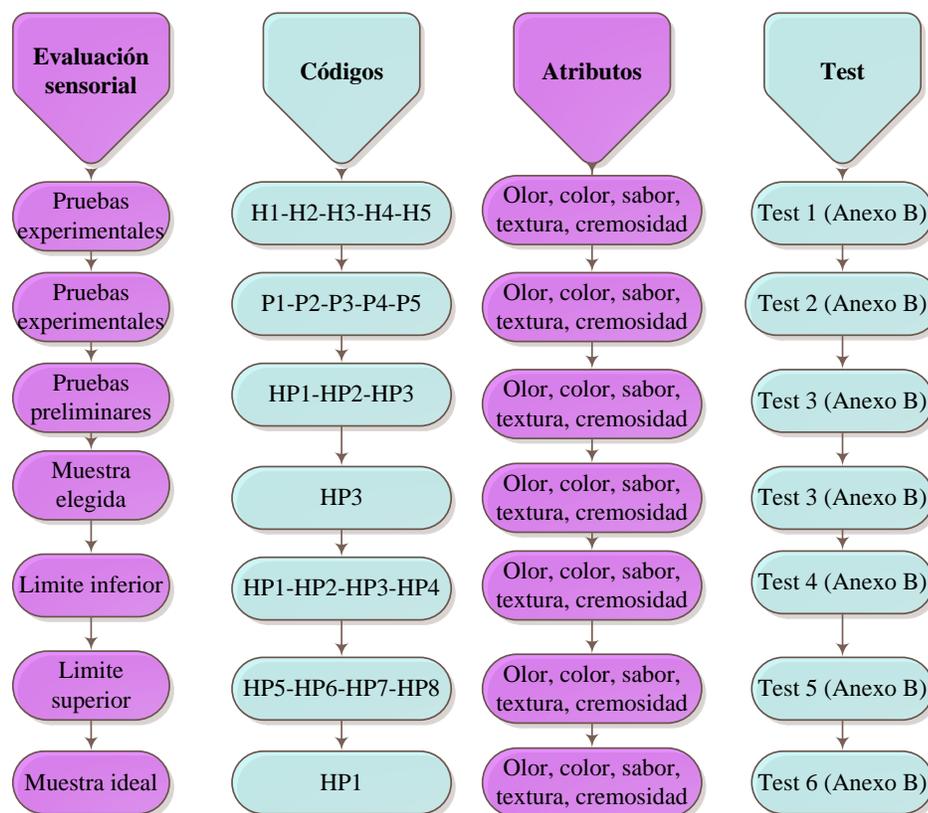
3.9 Análisis sensorial

La evaluación sensorial, como su nombre indica, utiliza uno o más de los cinco sentidos para evaluar a los alimentos. Los paneles de cata, formados por un grupo de personas que prueban muestras específicas de alimentos bajo condiciones controladas y las evalúan de diferentes maneras, dependiendo de la prueba sensorial concreta que se realice. Este es el único tipo de pruebas que pueden medir la preferencia y aceptabilidad de los consumidores. Cuando se trata de conocer la opinión pública sobre un producto, no hay sustituto para la evaluación por consumidores individuales. (Vaclavik, 2002)

Además de la evaluación por paneles de cata, se pueden establecer pruebas objetivas que se correlacionen con pruebas sensoriales, y por tanto den una indicación de la aceptabilidad de los consumidores, pero esto puede no ser siempre suficiente. En el desarrollo de nuevos alimentos, o cuando se cambia uno ya existente, es necesario determinar la aceptación de los consumidores directamente, y las pruebas objetivas no son suficientes, aunque pueden ser una indicación objetiva fiable de la calidad del alimento. (Vaclavik, 2002). En la figura 3.18, se detallan las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo de investigación.

3.9.1 Aplicación de la evaluación sensorial para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En la figura 3.18, se muestran las evaluaciones sensoriales realizadas para la caracterización de las propiedades organolépticas durante el presente trabajo de investigación en la elaboración paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18 Evaluaciones sensoriales de paletas de helado de crema vegetal

3.10 Diseño experimental

Los métodos de diseño experimental han encontrado una amplia aplicación en muchas disciplinas. Podemos ver la experimentación como parte del proceso científico y como una de las formas en que aprendemos acerca de cómo funcionan los sistemas o procesos. Por lo general, aprendemos a través de una serie de actividades en las que hacemos conjeturas sobre un proceso, realizamos experimentos para generar datos del

proceso y luego usar la información del experimento para establecer nuevas conjeturas, que conducen a nuevos experimentos, etc. (Montgomery, 2013)

El diseño experimental es una herramienta críticamente importante en la ciencia y el mundo de la ingeniería para mejorar el proceso de realización del producto. Los componentes críticos de estas actividades están en el diseño y desarrollo de nuevos procesos de fabricación, y en la gestión de procesos. (Montgomery, 2013)

3.10.1 Diseño factorial

Muchos experimentos implican el estudio de los efectos de dos o más factores. En general, los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimento. Mediante un diseño factorial, significa que en cada ensayo completo o réplica del experimento todas las combinaciones posibles, se investigan los niveles de los factores. Por ejemplo, si hay niveles de factor A y b niveles de factor B, cada réplica contiene todas las combinaciones de tratamiento ab. El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor. (Montgomery, 2013)

3.11 Diseño factorial 2^3

Con el diseño factorial 2^3 se estudian 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 2^2 . La región experimental ahora es un cubo regular centrado en el origen (0, 0, 0), cuyos vértices son los ocho tratamientos. La matriz de diseño se construye fácilmente alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos más en la segunda columna, y cuatro menos y cuatro más en la tercera; el diseño resulta acomodado en el orden estándar o de Yates. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

Con este diseño se pueden estudiar los $2^3 - 1 = 7$ efectos: tres efectos principales A, B, C; tres interacciones dobles AB, AC, BC y una interacción triple ABC. Por lo general, el interés se enfoca en estudiar los efectos principales y las interacciones dobles. (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

3.11.1 Diseño de 2^3 factores para la dosificación del proceso de elaboración de paletas de helado

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el diseño factorial de 2^3 durante el proceso de dosificación, donde su ecuación básica es la siguiente expresión matemática:

$$2^3 \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Dónde:

2 = número de niveles

3 = número de variables

Para realizar el diseño experimental, se aplica la ecuación 3.1, cuyo diseño experimental corresponde a la ecuación 3.2

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ tratamientos diferentes} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Los factores tomados en cuenta en el diseño experimental, se muestran en la tabla 3.1

Tabla 3.1

Niveles de variación de los factores aplicado en la etapa de dosificación

Factores	Nivel inferior	Nivel superior
Arándano (A)	14% (-)	16% (+)
Leche (B)	51% (-)	53% (+)
Crema vegetal (C)	17% (-)	19% (+)

Fuente: Elaboración propia

La matriz de variables del diseño factorial para el proceso de dosificación de paletas de helado de crema vegetal se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

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:

Y₁= acidez %

Y₂= materia grasa %

Y₃= pH

3.12 Operacionalización de las variables en el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

La operacionalización de las variables es un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general a lo más específico; es decir que estas variables se dividen (si son complejas) en dimensiones, áreas, aspectos, indicadores, índices, subíndices, ítems; mientras si son concretas solamente en indicadores, índices e ítems. (Moreno, 2013)

En el cuadro 3.1, se muestra la Operacionalización de variables en la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Cuadro 3.1

Operacionalización de variables en la elaboración de paletas de helado

Hipótesis	Variabes	Definición	Procesos Parámetros	Indicadores	Escala
El proceso de congelación a nivel experimental al ser aplicado para elaborar paletas de helado de crema vegetal sabor arándano, permitirá obtener un producto de calidad que tenga una cremosidad adecuada.	Independiente Proceso de congelación	La congelación de alimentos es la solidificación de agua contenida en los alimentos a una temperatura por debajo del punto de fusión (0°C) donde la proporción de agua se convierte en hielo.	Trituración	Tiempo	Minutos
			Dosificación	Leche	%
				Arándano	%
				Crema vegetal	%
			Pasteurización	Temperatura	°C
				Tiempo	Minutos
			Enfriamiento	Temperatura	°C
			Maduración	Temperatura	°C
				Tiempo	Horas
			Congelación	Temperatura	°C
	Tiempo	Horas			
	Dependiente Paletas de helado	La paleta, polo, helado de agua, pico helado o paleta de agua es un helado hecho a base de agua, colorante, saborizante y azúcar, de forma alargada	Fisicoquímicos	Proteína	%
				Materia grasa	%
				Carbohidratos	%
				Fibra	%
				Cenizas	%
				Valor energético	kcal
				Acidez	%
				pH	
				Calcio	mg/100g
Hierro				mg/100g	
Organolépticos	Sabor	Hedónica			
	Color	Hedónica			
	Olor	Hedónica			
	Textura	Hedónica			
Microbiológicos	Cremosidad	Hedónica			
	Coliformes totales	UFC/g			
	Bacterias mesófilas	UFC/g			
	Escherichia coli	UFC/g			
Mohos y levaduras	UFC/g				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

4.1 Caracterización de la leche light, arándano y crema vegetal

Para la caracterización la materia prima del presente trabajo, se tomaron en cuenta los resultados de los análisis de macronutrientes y microbiológicos de leche, arándano, crema vegetal, realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

4.1.1 Análisis de parámetros fisicoquímicos de la leche light

En la tabla 4.1, se detallan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la leche light de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.1

Parámetros fisicoquímicos de la leche light

Parámetros	Unidad	Resultados
Acidez	%	0,12
Ceniza	%	0,80
Materia grasa	%	0,40
Hidratos de carbono	%	5,63
Humedad	%	90,09
Proteína total (Nx6.38)	%	3,08
pH (20°C)	-	6,84
Sólidos totales	%	9,91
Valor energético	Kcal/100g	38,44

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.1, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la leche light presenta: acidez 0,12%, ceniza 0,80%, materia grasa 0,40%, hidratos de carbono 5,63%, humedad 90,09%, proteína total 3,08%, pH 6,84, sólidos totales 9,915% y valor energético 38,44 kcal/100g.

4.1.1.1 Análisis de micronutrientes en la leche light

En la tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes de la leche light de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.2*Análisis de los micronutrientes de la leche light*

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	131
Hierro	mg/100g	0,06

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.2, se puede observar los resultados del análisis de micronutrientes de la leche light presenta: calcio 131 mg/100 y hierro 0,06 mg/100g.

4.1.1.2 Análisis microbiológico de la leche light

En la tabla 4.3, se detallan los resultados del análisis microbiológico de la leche light de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.3*Parámetros microbiológicos de la leche light*

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$
Coliformes totales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.3, se observa que la leche light: bacterias aerobias mesófilas $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml.

4.1.2 Análisis de parámetros fisicoquímicos del arándano

En la tabla 4.4, se detallan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del arándano de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.4*Parámetros fisicoquímicos del arándano*

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez	%	0,56
Azúcares totales	%	9,16
Ceniza	%	0,19
Fibra	%	0,68
Materia grasa	%	0,11
Hidratos de carbono	%	12,86
Humedad	%	85,55
Proteína total (Nx6.38)	%	0,61
Valor energético	Kcal/100g	54,87

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.4, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico del arándano presenta: acidez 0,56%, azucars totales 9,16%, ceniza 0,19%, fibra 0,68%, materia grasa 0,11%, hidratos de carbono 12,86%, humedad 85,55%, proteína total 0,61% y valor energético 54,87 kcal/100g.

4.1.2.1 Análisis de micronutrientes del arándano

En la tabla 4.5, se muestran los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes del arándano de datos extraídos del (Anexo A)

Tabla 4.5*Análisis de los micronutrientes del arándano*

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	40
Hierro	mg/100g	1,3

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.5, se puede observar los resultados del análisis de micronutrientes del arándano presenta: calcio 40 mg/100 y hierro 1,3 mg/100g.

4.1.2.2 Análisis microbiológico del arándano

En la tabla 4.6, se detallan los resultados del análisis microbiológico del arándano de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.6

Parámetros microbiológicos del arándano

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/ml	$1,8 \times 10^2$
Coliformes totales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/ml	$8,3 \times 10^2$

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.6, se observa que el arándano presenta: bacterias aerobias mesófilas $1,8 \times 10^2$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $8,3 \times 10^2$ UFC/ml.

4.1.3 Análisis de parámetros fisicoquímicos de la crema vegetal

En la tabla 4.7, se detallan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la crema vegetal de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.7

Parámetros fisicoquímicos de la crema vegetal

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez	%	0,36
Ceniza	%	0,29
Materia grasa	%	24,91
Hidratos de carbono	%	34,54
Humedad	%	39,63
Proteína total (Nx6.38)	%	0,63
pH (20°C)		6,64
Sólidos totales	%	60,37
Valor energético	Kcal/100g	364,87

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.7, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la crema vegetal, presenta: acidez 0,36%, ceniza 0,29%, materia grasa 24,91%, hidratos de carbono 34,54, humedad 39,63%, proteína total 0,63%, pH 6,64, sólidos totales 60,37% y valor energético 364,87 kcal/100g.

4.1.3.1 Análisis microbiológico de la crema vegetal

En la tabla 4.8, se detallan los resultados del análisis microbiológico de la crema vegetal de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.8

Parámetros microbiológicos de la crema vegetal

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$
Coliformes totales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.8, se observa que la crema vegetal presenta: bacterias aerobias mesófilas $1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml.

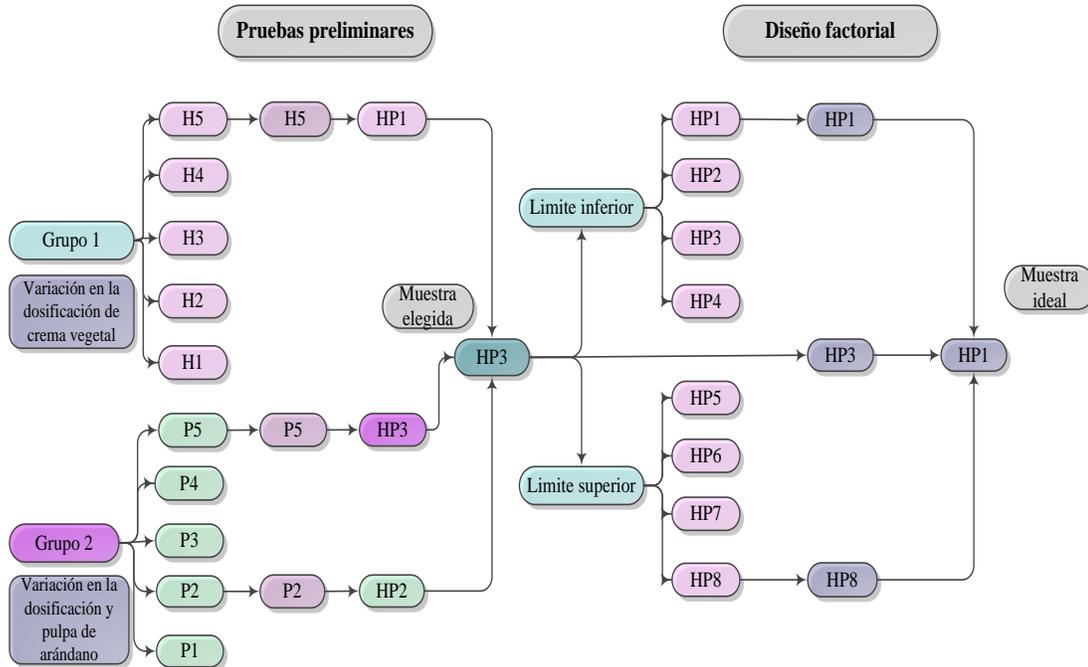
4.2 Caracterización de las variables del proceso de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para la caracterización de las variables del proceso de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se tomaron en cuenta las siguientes pruebas preliminares con el fin de obtener la metodología que permita su elaboración.

4.2.1 Pruebas preliminares para la obtención de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo (figura 4.1), se realizaron inicialmente diez pruebas; con cinco muestras (H1, H2, H3, H4, H5) para el grupo 1 y cinco muestras (P1, P2, P3, P4, P5) para el grupo 2, variando los porcentajes

de materia prima (leche light, pulpa de arándano y crema vegetal) e insumos (ácido cítrico, goma xantán, etc), para las muestras que fueron elegidas del grupo 1 y el grupo 2 (HP1, HP2, HP3) se realizó una evaluación sensorial con la finalidad de obtener una muestra elegida para la obtención de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1 Pruebas preliminares para la obtención de paletas de helado

4.2.2 Variación en la dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano para el grupo 1

Para la dosificación de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano se consideró la tabla 4.9 extraída de distintos autores.

Tabla 4.9*Dosificación de paletas de helado*

Materia prima/insumos	Rango	Unidad	Autores
Leche	55-60	%	Ochoa, 2020
Frutas	10-25	%	Dibartolo, 2005
Crema de leche	20-25	%	Ochoa, 2020
Ácido cítrico	0,05-0,2	%	Quintero, 2019
Azúcares	5-20	%	Dibartolo, 2005
Goma xantan	0,01	%	Hessong, 2021

Fuente: Elaboración propia

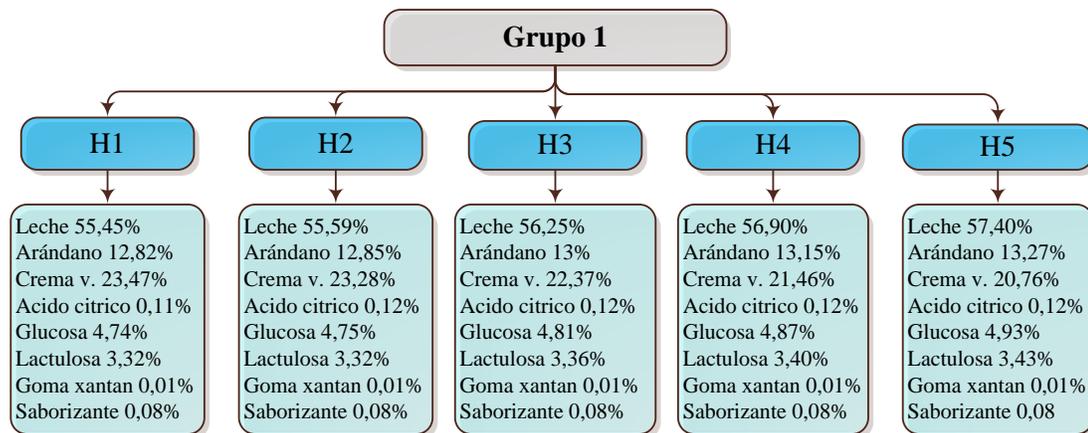
En la tabla 4.10, se presenta la variación en la dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, para el grupo 1.

Tabla 4.10*Variación de la dosificación de crema vegetal para las pruebas experimentales*

Materia prima/insumos	Rango	Unidad
Leche light	55,45-57,40	%
Arándano	12,82-13,27	%
Crema vegetal	20,76-23,27	%
Ácido cítrico	0,11-0,12	%
Glucosa	4,74-4,93	%
Lactulosa	3,32-3,43	%
Goma xantan	0,01	%
Saborizante de frutos rojos	0,08	%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2, se muestra los rangos de dosificación de las cinco muestras elaboradas de paletas de helado de crema con pulpa de arándano para el grupo 1.



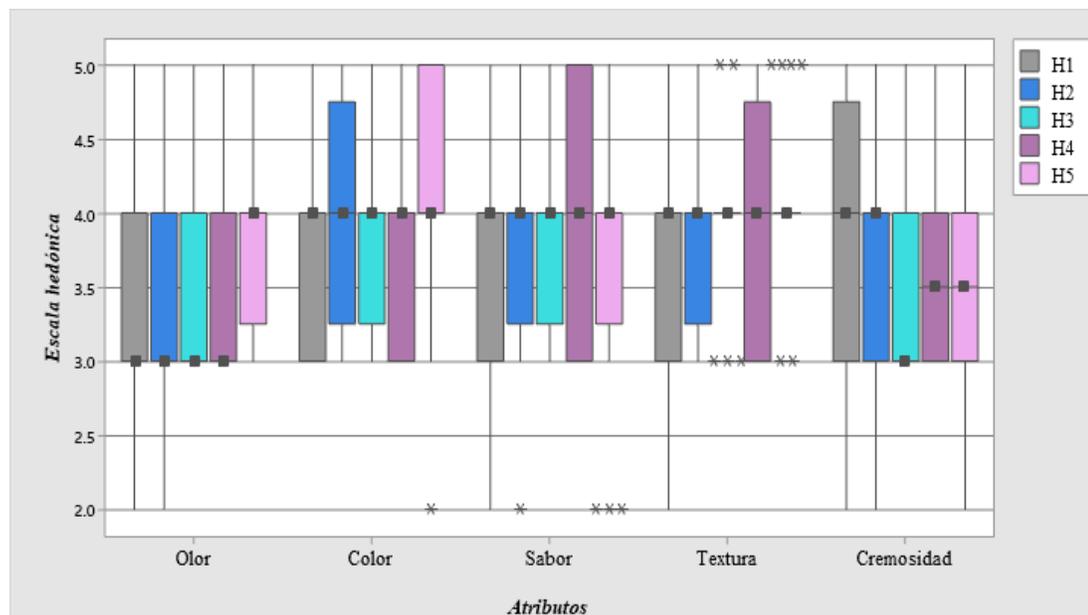
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Dosificación de las paletas de helado de crema vegetal

Las cinco pruebas del grupo 1 fueron evaluadas en el Laboratorio Taller de alimentos y los resultados se muestran en la figura 4.1

4.2.3 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano para el grupo 1

Según la figura 4.3, se puede observar caja y bigote del grupo 1 para los atributos: olor, color, sabor, textura, cremosidad para las pruebas de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Caja y bigote en la variación de la dosificación de crema vegetal

Como se puede observar en la figura 4.3, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo olor la muestra más relevante fue: la muestra H5 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 4; lo cual indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos, en lo que se refiere a la elección de la muestra de paletas de helado de crema vegetal.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de las tablas; tabla C2, tabla C6, tabla C9, tabla C12, tabla C15 (olor, color, sabor, textura y cremosidad) 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 $\alpha=0,05$.

Se observa en el análisis estadístico que el atributo olor y el atributo cremosidad en la muestras (HP1, HP2, HP3, HP4) tienen medianas entre 3-4.

4.2.3.1 Dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano para el grupo 2

Para la dosificación del grupo 2 se tomó en cuenta la dosificación del grupo 1, para la obtención de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se realizaron cinco muestras para el grupo 2, con una variación porcentual de leche, crema vegetal, pulpa de arándano, ácido cítrico, goma xantan, glucosa en polvo, lactulosa, leche en polvo y pulpa, como se muestra en la en la tabla 4.11.

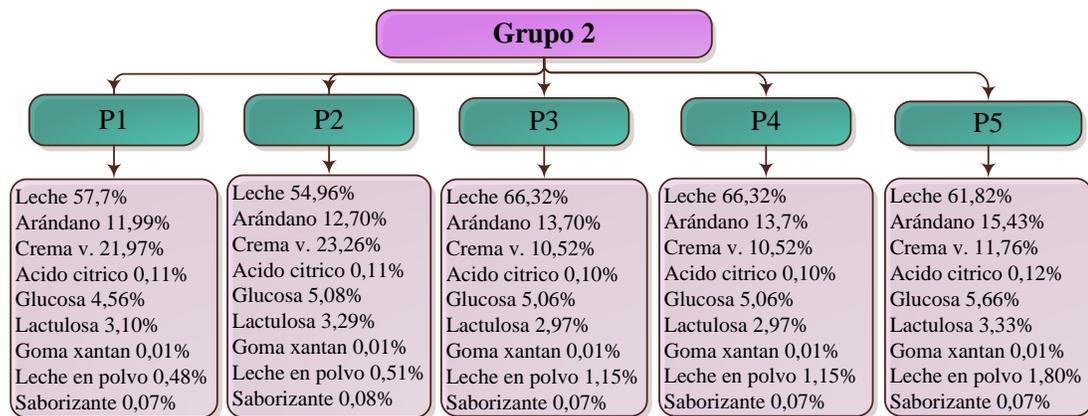
Tabla 4.11

. Variación de la dosificación para las pruebas experimentales

Materia prima/insumos	Rango	Unidad
Leche	57,7-66,32	%
Arándano	11,99-15,43	%
Crema vegetal	10,52-23,26	%
Ácido cítrico	0,10-0,12	%
Glucosa	4,56-5,66	%
Lactulosa	2,97-3,33	%
Goma xantan	0,01	%
Leche en polvo	0,48-1,80	%
Saborizante de frutos rojos	0,07-0,08	%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se muestra las cinco pruebas elaboradas de paletas de helado de crema con pulpa de arándano (grupo 2) en las que se hizo una variación en la dosificación y pulpa en diferentes presentaciones de acuerdo a los rangos de dosificación de la tabla 4.10.

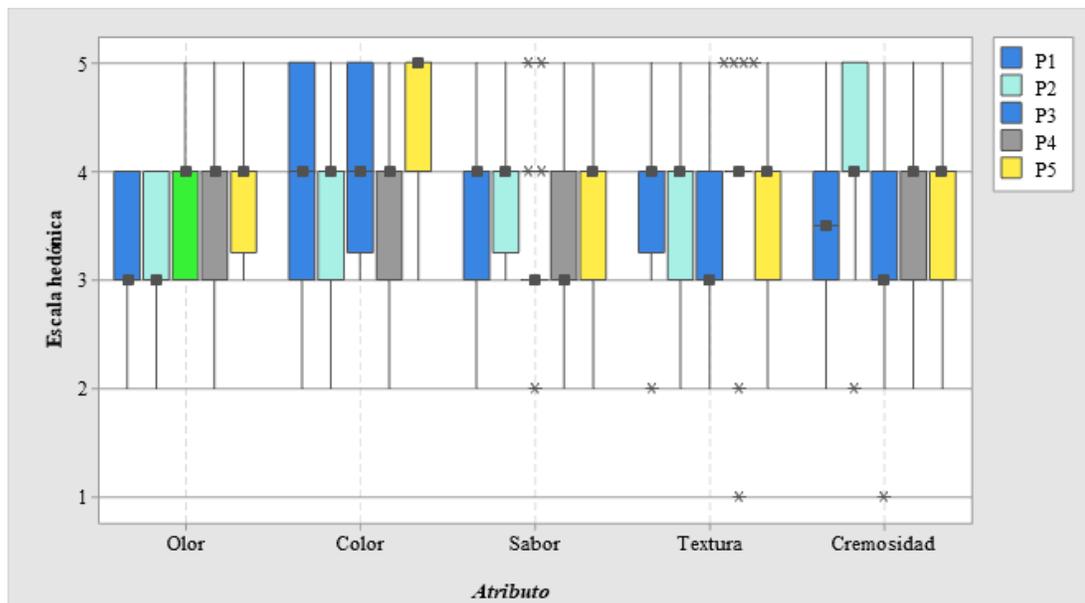


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Variación porcentual de la dosificación en las muestras

4.2.3.2 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano para el grupo 2

Según la figura 4.5, se puede observar caja y bigote para el grupo 2 para los atributos: olor, color, sabor, textura, cremosidad para las pruebas de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Caja y bigote en la variación de la dosificación y pulpa

Como se puede observar en la figura 4.5, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo color la muestra más relevante fue: la muestra P5 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 5; lo cual indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5 o menos; seguida de la muestra P2 del mismo atributo con una mediana de 4, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos, en cuanto a lo que se refiere a la elección de las muestras de paletas de helado de crema vegetal.

4.2.3.3 Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección de prueba preliminar de paletas de helado

En la tabla 4.12, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo olor de datos de la tabla C.20 extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.12

Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección de pruebas experimentales

Muestras	N	Media	Agrupación	
P5	20	3,900	A	
P3	20	3,650	A	B
P4	20	3,500	A	B
P1	20	3,350	A	B
P2	20	3,300		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se puede observar que existe diferencia estadística entre las muestras P5-P2. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.2.3.4 Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de prueba preliminar de paletas de helado

En la tabla 4.13, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo color de datos de la tabla C.24 extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.13

Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de pruebas experimentales

Muestras	N	Media	Agrupación	
P5	20	4,650	A	
P3	20	4,100	A	B
P1	20	3,900		B
P2	20	3,700		B
P4	20	3,500		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos P5-P4. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$

4.2.3.5 Estadístico de Tukey del atributo textura para la selección de prueba preliminar de paletas de helado

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo textura de datos de la tabla C.31 extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico de Tukey del atributo textura para la selección de pruebas experimentales

Muestras	N	Media	Agrupación	
P4	20	3,950	A	
P5	20	3,750	A	B
P2	20	3,750	A	B
P1	20	3,750	A	B
P3	20	3,250		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos P3-P4. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.2.3.6 Estadístico de Tukey del atributo cremosidad para la selección de prueba preliminar de paletas de helado

En la tabla 4.15, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo cremosidad de datos de la tabla C.35 extraídos del (Anexo C)

Tabla 4.15

Estadístico de Tukey del atributo cremosidad para la selección de pruebas preliminares de paletas de helado

Muestras	N	Media	Agrupación	
P2	20	4,100	A	
P5	20	3,800	A	B
P4	20	3,700	A	B
P1	20	3,600	A	B
P3	20	3,100		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos P2-P3. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$

4.2.4 Selección de la muestra ideal de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para seleccionar la muestra ideal de helado, se tomó en cuenta las muestras (H5, P2, P5) que fueron seleccionadas del grupo 1 y grupo 2 por evaluaciones sensoriales, se recodificaron como (HP1, HP2, HP3). Se tomó en cuenta la dosificación haciendo algunas modificaciones de materia prima e insumos (tabla 4.8). De esta manera se realizó la evaluación sensorial en escala hedónica de cinco puntos en la que se valoró los atributos: olor, color, sabor, textura y cremosidad. En la tabla 4.16 se detalla la variación de la dosificación para las muestras preliminares.

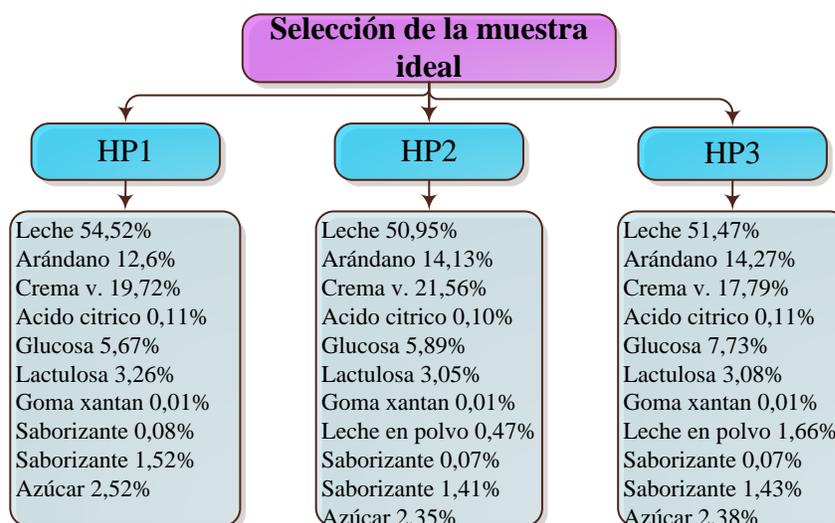
Tabla 4.16

Variación de la dosificación para elegir la muestra ideal

Materia prima/insumos	Rango	Unidad
Leche	50,95-54,52	%
Arándano	12,6-14,27	%
Crema vegetal	17,79-21,56	%
Ácido cítrico	0,10-0,11	%
Glucosa	5,67-7,73	%
Lactulosa	3,05-3,26	%
Goma xantán	0,01	%
Leche en polvo	0-1,66	%
Azúcar	2,35-2,52	%
Saborizante de frutos rojos	0,07-0,08	%
Saborizante de leche condensada	1,43-1,51	%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se muestra las tres muestras de paletas de helado de crema con pulpa de arándano en las que se hizo una variación en la dosificación de acuerdo a los rangos de dosificación de la tabla 4.16.

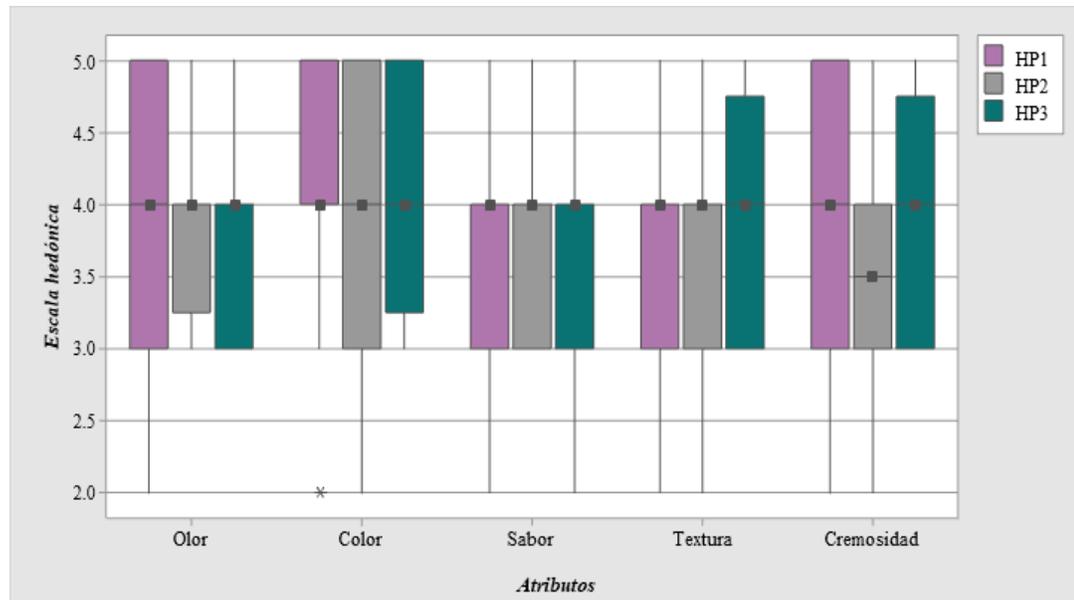


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Dosificación en las muestras de paletas de helado

4.2.4.1 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación para la selección de la muestra ideal

En la figura 4.7, se puede observar caja y bigote para las tres muestras, para los atributos: olor, color, sabor, textura, cremosidad para las pruebas de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Caja y bigote en la variación de la dosificación

Como se puede observar en la figura 4.7, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo olor la muestra más relevante fue: la muestra HP3 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 4; lo cual indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos, en lo que se refiere a la elección de la muestra de paletas de helado de crema vegetal.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de las tablas C37, C40, C43, C46, C49 (olor, color, sabor, textura y cremosidad) 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 $\alpha=0,05$.

4.3 Diseño factorial 2³ de las variables en la etapa de dosificación de paletas de helado

En la tabla 4.17, se muestra la dosificación de la muestra ideal (HP3), para realizar el diseño factorial 2³ en la etapa de dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano; a partir de la cual se realizaron ocho muestras a nivel experimental en base a la variación de tres factores detallados en la (tabla 3.1) y según la matriz de variables detallados en la (tabla 3.2), para las variables respuesta; acidez, pH y materia grasa.

Tabla 4.17

Dosificación de la muestra ideal de paletas de helado

Materia prima/insumos	Unidad
Leche	51%
Arándano	14%
Crema vegetal	17%
Ácido cítrico	0,11%
Glucosa	7,73%
Lactulosa	3,08%
Goma xantan	0,01%
Leche en polvo	1,66%
Azúcar	3,91%
Saborizante de frutos rojos	0,07%
Saborizante de leche condensada	1,43%

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Diseño factorial de la variable respuesta (acidez) en la etapa de dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para aplicar el diseño experimental, se tomaron en cuenta como variables independientes: el porcentaje de arándano (A), leche light (B) y crema vegetal (C), y como variable respuesta la acidez de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (tabla 4.18) en el programa estadístico

Statgraphics (Centurion XVII) para Windows 10, los resultados obtenidos se detallan en la tabla D.1 extraído del (Anexo D).

Tabla 4.18

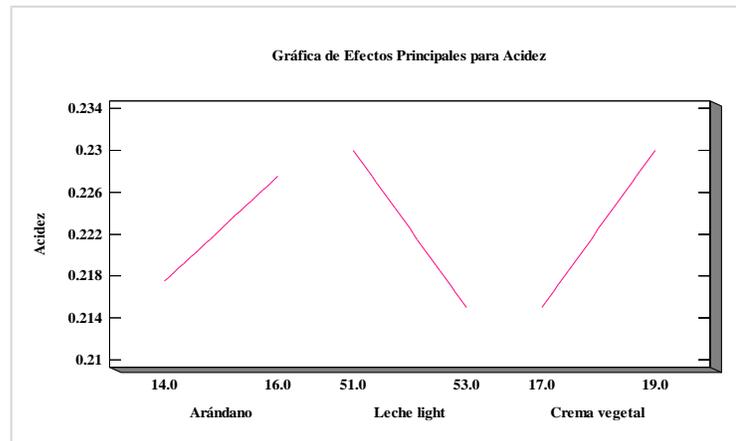
Análisis de varianza de la variable respuesta acidez en la etapa de dosificación para la elaboración de paletas de helado

Fuente de variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A:Arándano	0,0004	1	0,0004	1,60	5,32
B:Leche light	0,0009	1	0,0009	3,60	5,32
C:Crema vegetal	0,0009	1	0,0009	3,60	5,32
AB	0,000	1	0,000	0,00	5,32
AC	0,000	1	0,000	0,00	5,32
BC	0,000	1	0,000	0,00	5,32
ABC	0,0009	1	0,0009	3,60	5,32
Error total	0,002	8	0,00025		
Total (corr.)	0,0051	15			

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.18), se observa que en los factores: arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C), e interacciones (AB, AC, BC, ABC); no existe significativa en la variación de los factores analizados en la etapa de dosificación en función de la variable acidez.

En la figura 4.8 se muestra los efectos principales para la acidez de los factores: arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C) en relación a la etapa de dosificación para la elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.

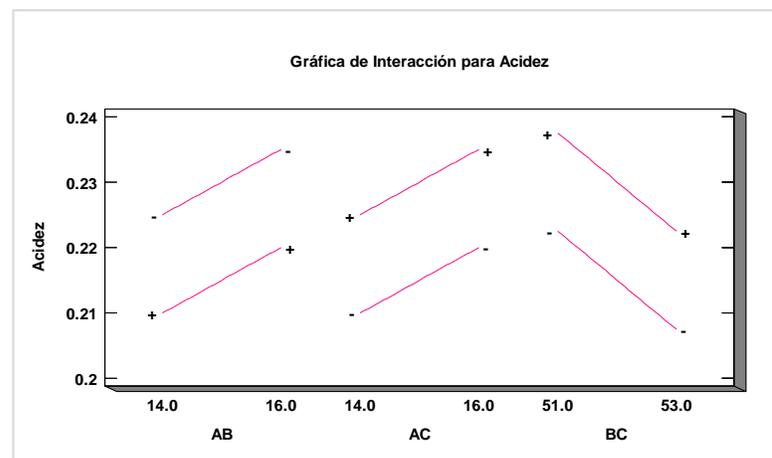


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8 Efectos principales para acidez

Según la figura 4.8, se puede observar que los factores: leche light (51-53) % y crema vegetal (17-19) %, inciden significativamente en la variable respuesta acidez cuando se encuentran en su nivel alto y bajo; mientras que el factor arándano (14-16) % no incide significativamente en la acidez ya que se mantiene constante en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.9 se muestra las interacciones arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC), para la variable respuesta acidez.

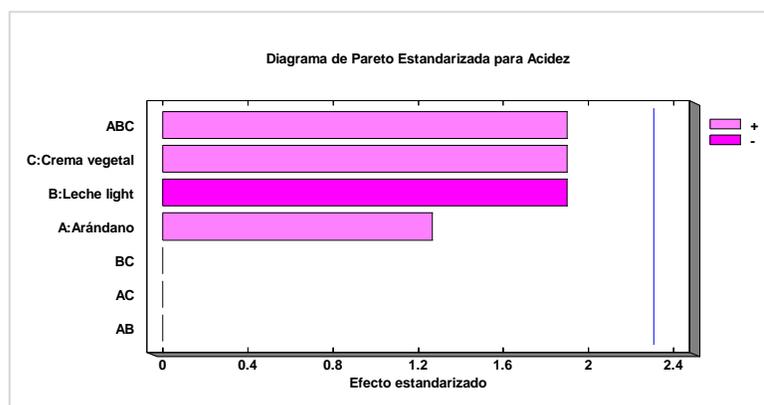


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9 Interacción para acidez

En la figura 4.9, se puede observar que las interacciones: arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC), estando en su nivel alto y bajo no son significativas, ya que los factores de las variables no interactúan entre sí.

En la figura 4.10, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con el valor de 2,25, de tal manera si las barras exceden la línea de referencia indican que son significativas, datos extraídos del anexo D.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 Diagrama de Pareto estandarizado para acidez

En la figura 4.10, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C), y las interacciones arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC), no son estadísticamente significativas, debido a que los factores e interacciones no sobrepasan la línea vertical de referencia.

4.3.2 Diseño factorial de la variable respuesta (pH) en la etapa de dosificación de paletas de helado

Para aplicar el diseño experimental se tomaron en cuenta como variables independientes; el porcentaje de arándano (A), leche light (B) y crema vegetal (C) y

como variable respuesta pH de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta pH (tabla 4.19) en el programa estadístico Statgraphics para Windows y los resultados obtenidos se detallan en la tabla D.2 extraído del (Anexo D)

Tabla 4.19

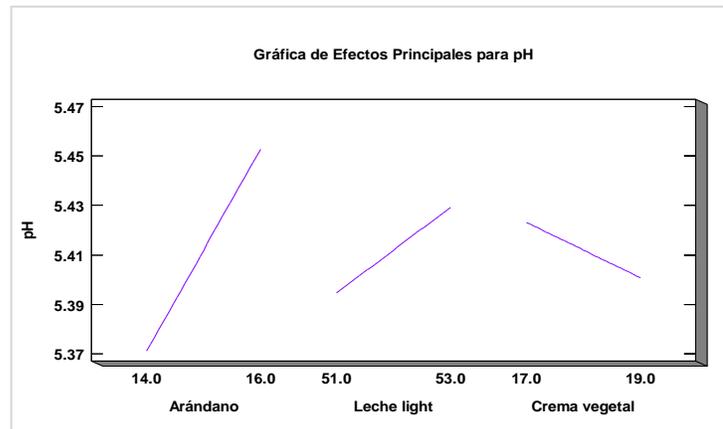
Análisis de varianza de la variable respuesta pH en la etapa de dosificación para la elaboración de paletas de helado

Fuente de variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A:Arándano	0,0268141	1	0,0268141	1,51	5,32
B:Leche light	0,00479556	1	0,00479556	0,27	5,32
C:Crema vegetal	0,00200256	1	0,00200256	0,11	5,32
AB	0,0129391	1	0,0129391	0,73	5,32
AC	0,00581406	1	0,00581406	0,33	5,32
BC	0,000742562	1	0,000742562	0,04	5,32
ABC	0,00726756	1	0,00726756	0,41	5,32
Error total	0,142235	8	0,0177794		
Total (corr.)	0,202611	15			

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.18), se puede observar que para los factores (A, B, C) e interacciones (AB, AC, BC y ABC), no existe diferencia significativa debido a que el valor de p es mayor a $\alpha=0,05$.

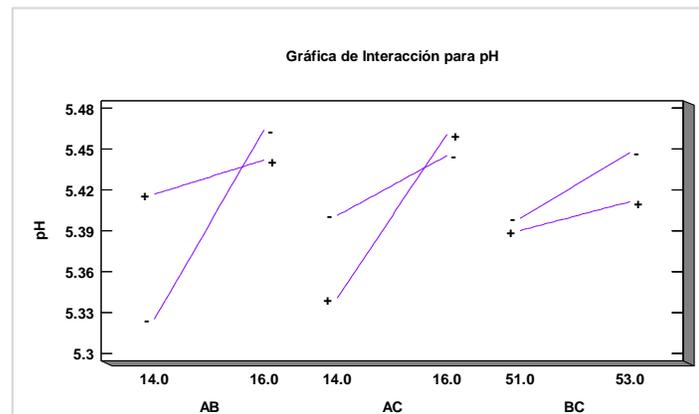
En la figura 4.11, se muestra los efectos principales para los factores; arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C) con relación a la variable respuesta pH



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.11 Efectos principales para pH

Según la figura 4.11, se puede observar que los factores: leche light (51-53) % y crema vegetal (17-19) % no inciden significativamente en el pH cuando se encuentran en su nivel alto y bajo, mientras que el factor arándano (14-16) % incide significativamente en el pH cuando se encuentra en su nivel alto y bajo.

En la figura 4.12, se muestra las interacciones arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC), para la variable respuesta pH.

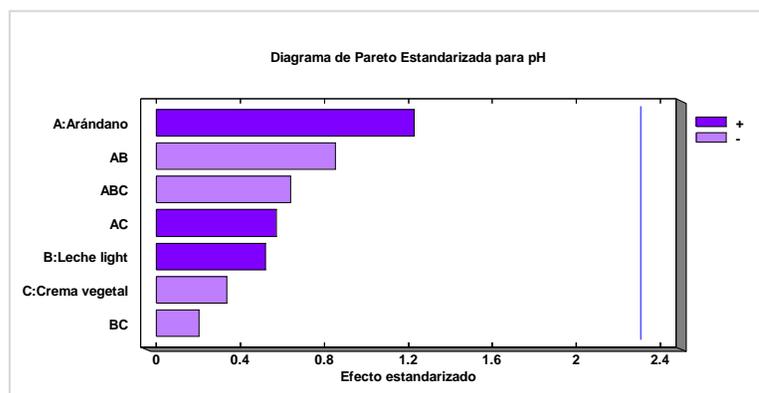


Fuente: Elaboración propia
Figura 4.12 Interacción para pH

En la figura 4.12, se puede observar que las interacciones: arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), son significativas, ya que los factores de las variables

interaccionan entre sí, mientras que la interacción leche light-crema vegetal (BC) no es significativa.

En la figura 4.13, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con el valor de 2,3, de tal manera si las barras graficadas exceden la línea de referencia indican que son significativas, datos extraídos del anexo D.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13 Diagrama de Pareto estandarizado para pH

En la figura 4.13, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C), y las interacciones arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC) no son estadísticamente significativos debido a que ninguna de las barras de los factores sobrepasa la línea vertical de referencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.3.3 Diseño factorial de la variable respuesta materia grasa en la etapa de dosificación de paletas de helado

Para aplicar el diseño experimental se tomaron en cuenta como variables independientes; el porcentaje de arándano (A), leche light (B) y crema vegetal (C) y

como variable respuesta materia grasa de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta materia grasa (tabla 4.20) en el programa estadístico Statgraphics para Windows 10 y los resultados obtenidos se detallan en la tabla D.3 extraído del (Anexo D)

Tabla 4.20

Análisis de varianza de la variable respuesta materia grasa en la etapa de dosificación para la elaboración de paletas de helado

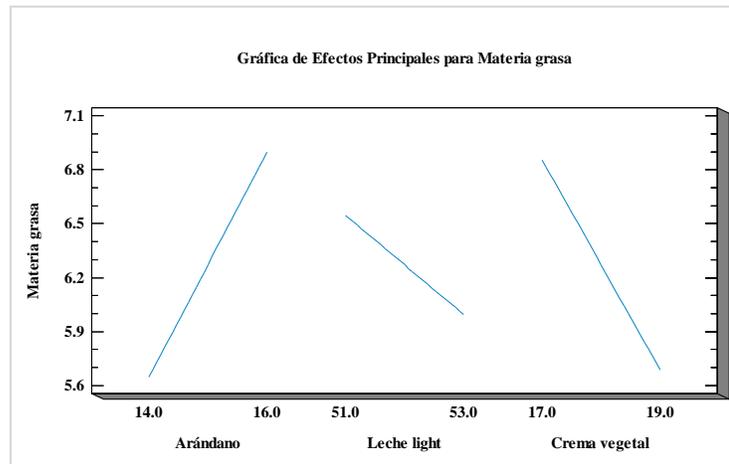
Fuente de variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Ftab
A:Arándano	6,25	1	6,25	9,63	*5,32
B:Leche light	1,21	1	1,21	1,86	5,32
C:Crema vegetal	5,45223	1	5,45223	8,40	*5,32
AB	0,255025	1	0,255025	0,39	5,32
AC	0,1296	1	0,1296	0,20	5,32
BC	0,0729	1	0,0729	0,11	5,32
ABC	0,555025	1	0,555025	0,86	5,32
Error total	5,192	8	0,649		
Total (corr.)	19,1168	15			

Fuente: Elaboración propia

(*Significativo)

Según el análisis de varianza (tabla 4.20), se puede observar que para los factores: leche light (B) e interacciones, arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC) y arándano-leche light-crema vegetal (ABC), no existe diferencia significativa, sin embargo, en el factor arándano (A), crema vegetal (C), existe una diferencia significativa $\alpha=0,05$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

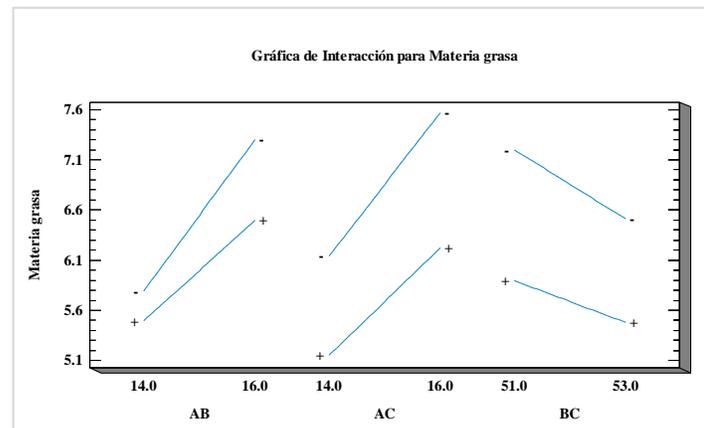
En la figura 4.14, se muestra los efectos principales para los factores; arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C) con relación a la variable respuesta materia grasa



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.14 Efectos principales para materia grasa

Según la figura 4.14, se puede observar que los factores arándano (14-16) %, crema vegetal (17-19) %, inciden significativamente en la materia grasa cuando se encuentran en su nivel alto y bajo, mientras que el factor leche light (51-53) % no incide significativamente en la variable respuesta materia grasa.

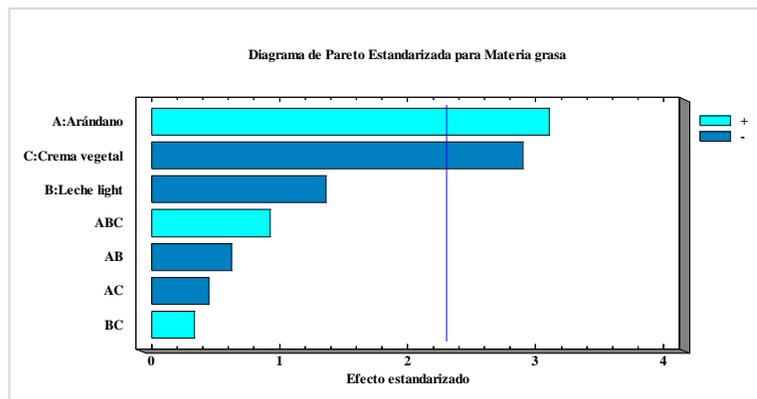
En la figura 4.15, se muestra las interacciones arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC), para la variable respuesta materia grasa.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.15 Interacción para materia grasa

En la figura 4.15, se puede observar que las interacciones: arándano-leche light (AB), arándano-crema vegetal (AC), leche light-crema vegetal (BC), estando en su nivel alto y bajo no son significativas, ya que los factores de las variables no interaccionan entre sí.

En la figura 4.16 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con el valor de 2,3, de tal manera si las barras graficadas exceden la línea de referencia indican que son significativas para un nivel de confianza $\alpha=0,05$, datos extraídos del anexo D



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Diagrama de Pareto estandarizado para materia grasa

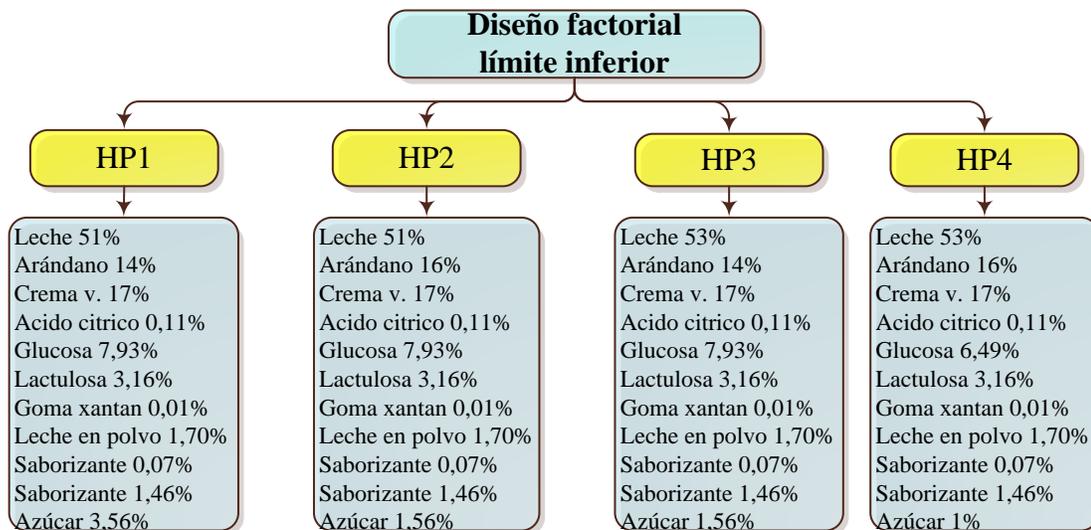
En la figura 4.16, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde el factor arándano (A) y el factor crema vegetal (C) son estadísticamente significativos debido a que estos factores sobrepasan la línea vertical de referencia, mientras que el factor; leche light (B), y las interacciones arándano-leche light (AB), leche light-crema vegetal (BC), arándano-crema vegetal (AC), no son estadísticamente significativas.

4.4 Evaluaciones sensoriales del diseño factorial 2^3 de paletas de helado

Se realizó dos evaluaciones sensoriales del diseño factorial 2^3 de paletas de helado de crema vegetal con culpa de arándano, del límite inferior de las muestras (HP1, HP2, HP3, HP4) y del límite superior de las muestras (HP5, HP6, HP7, HP8).

4.4.1 Evaluación sensorial del diseño factorial 2^3 de paletas de helado

En la figura 4.17, se muestra los rangos de dosificación de las cuatro muestras elaboradas de paletas de helado de crema con pulpa de arándano para el diseño factorial límite inferior.

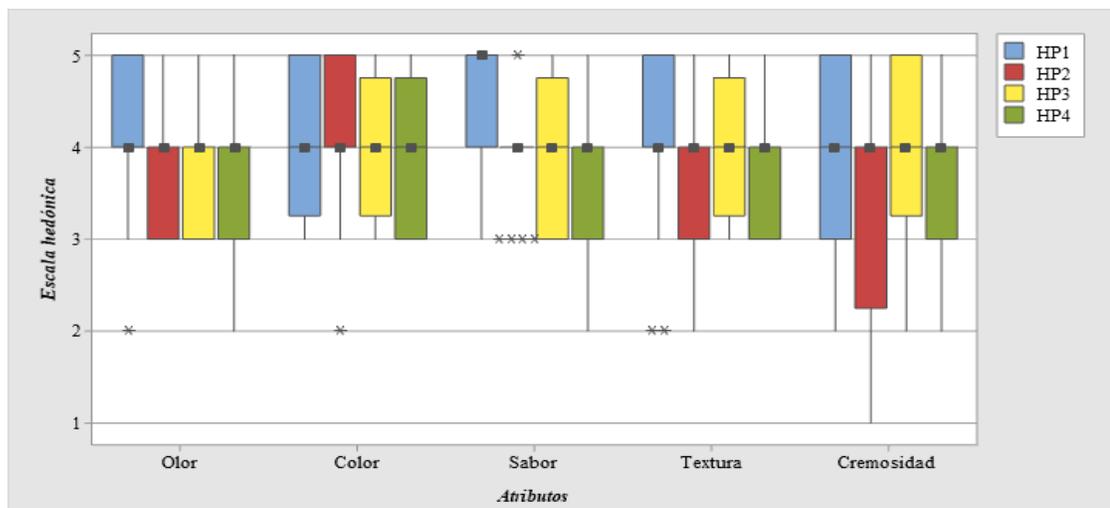


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17 Dosificación en las muestras de paletas de helado

4.4.2 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación de paletas de helado

En la figura 4.18, se puede observar caja y bigote para las cuatro muestras, para los atributos: olor, color, sabor, textura, cremosidad para las pruebas de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18 Caja y bigote en el diseño factorial límite inferior

Como se puede observar en la figura 4.18, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo sabor la muestra más relevante fue: la muestra HP1 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 5; lo cual indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5 o menos, en lo que se refiere a la elección de la muestra de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.

4.4.3 Estadístico de Tukey del atributo sabor de paletas de helado de crema para el diseño factorial

En la tabla 4.21, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo cremosidad de datos de la tabla C.60 extraídos del (Anexo C)

Tabla 4.21

Estadístico de Tukey del atributo sabor para el diseño factorial

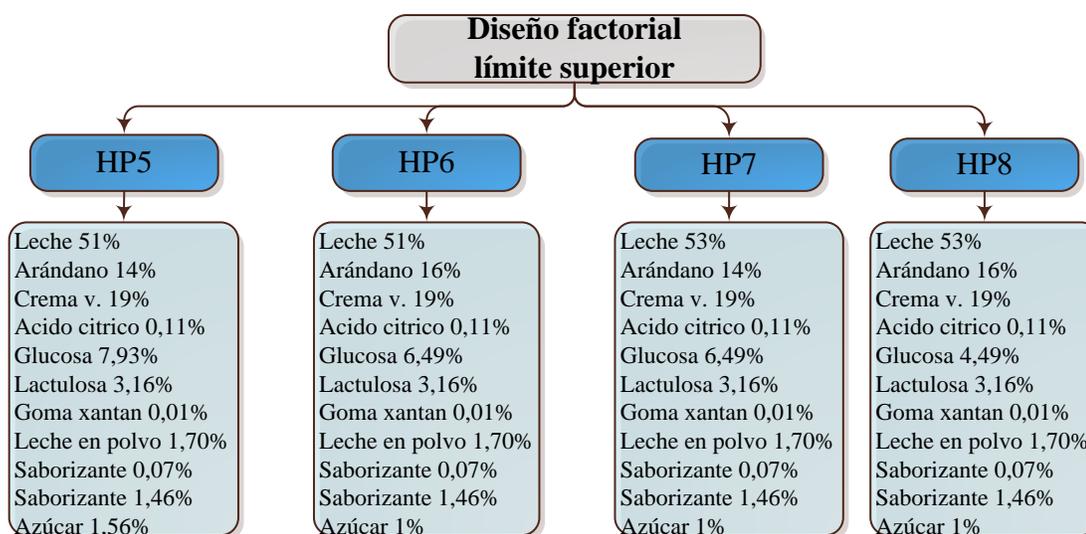
Muestras	N	Media	Agrupación
HP1	20	4,600	A
HP3	20	3,950	B
HP2	20	3,850	B
HP4	20	3,650	B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.21, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos HP1-HP3, HP1-HP2, HP1-HP4. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.4.4 Evaluación sensorial del diseño factorial 2^3 de paletas de helado

En la figura 4.19, se muestra los rangos de dosificación de las cuatro muestras elaboradas de paletas de helado de crema con pulpa de arándano para el diseño factorial límite superior.

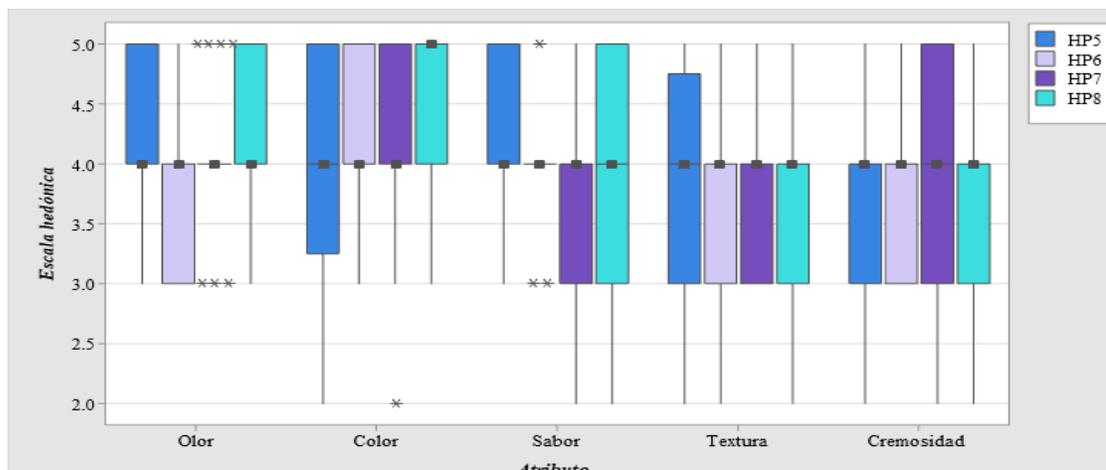


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19 Dosificación en las muestras de paletas de helado

4.4.5 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación de paletas de helado

En la figura 4.20, se puede observar caja y bigote para las cuatro muestras, para los atributos: olor, color, sabor, textura, cremosidad para las pruebas de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



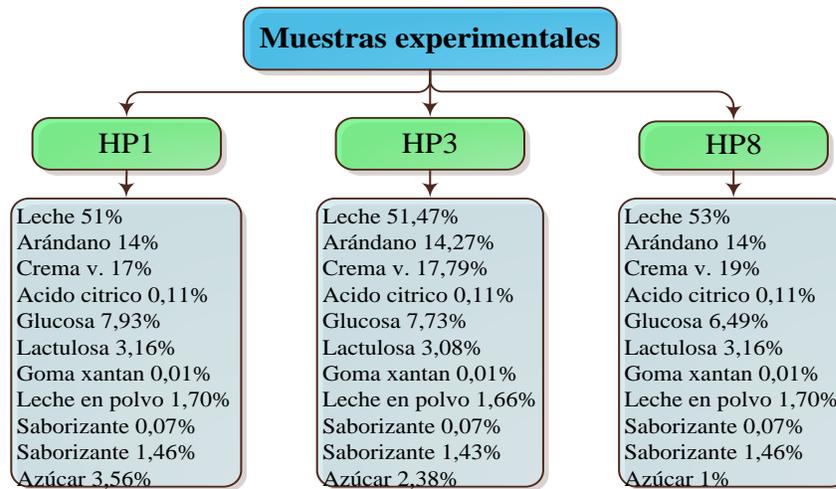
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20 Caja y bigote en el diseño factorial límite superior

Como se puede observar en la figura 4.20, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo color la muestra más relevante fue: la muestra HP8 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 5; lo cual indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5 o menos, en lo que se refiere a la elección de la muestra de paletas de helado de crema vegetal.

4.5 Selección de muestra experimental final de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En base a los resultados de las evaluaciones sensoriales del diseño factorial 2^3 , se realizó evaluación sensorial de las muestras experimentales HP1, HP8 y la muestra elegida anteriormente para realizar el diseño la muestra HP3. En la figura 4.21, se muestra los rangos de dosificación de las tres muestras elaboradas de paletas de helado de crema con pulpa de arándano.

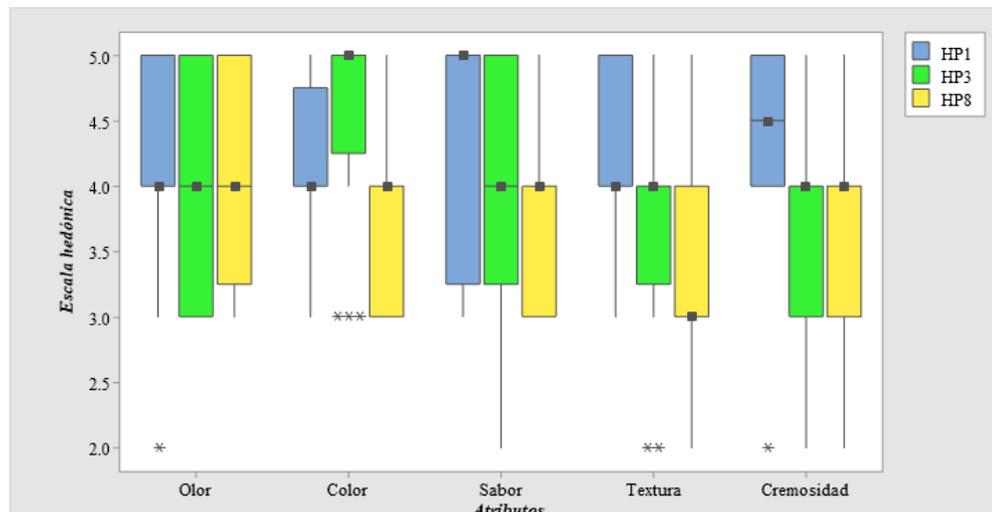


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21 Dosificación en las muestras de paletas de helado

4.5.1 Estadístico de caja de bigote en la variación de la dosificación de paletas de helado de crema vegetal para la prueba ideal final

En la figura 4.22, se puede observar caja y bigote para las cuatro muestras, para los atributos: olor, color, sabor, textura, cremosidad para las pruebas de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22 Caja y bigote para la prueba ideal final

Como se puede observar en la figura 4.22, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo sabor la muestra más relevante fue: la muestra HP1 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 5; lo cual indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5 o menos, en lo que se refiere a la elección de la muestra de paletas de helado de crema vegetal. Los jueces tienen una preferencia por la muestra HP1, seguida por la muestra HP3 y por último la muestra HP8.

4.5.2 Estadístico de Tukey del atributo color de paletas de helado de crema para la prueba ideal final

En la tabla 4.22, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo color de datos de la tabla C.88 extraídos del (Anexo C)

Tabla 4.22

Estadístico de Tukey del atributo color para la prueba final

Muestras	N	Media	Agrupación	
HP3	20	4,600	A	
HP1	20	4,100	A	B
HP8	20	3,750		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.22, se puede observar que existe diferencia estadística entre las muestras HP3-HP8. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.5.3 Estadístico de Tukey del atributo sabor de paletas de helado de crema para la prueba ideal final

En la tabla 4.23, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de datos de la tabla C.92 extraídos del (Anexo C)

Tabla 4.23*Estadístico de Tukey del atributo sabor para la prueba final*

Muestras	N	Media	Agrupación	
HP1	20	4,300	A	
HP3	20	4,000	A	B
HP8	20	3,700		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se puede observar que existe diferencia estadística entre las muestras HP1-HP8. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.5.4 Estadístico de Tukey del atributo textura de paletas de helado de crema para la prueba ideal final

En la tabla 4.24, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo textura de datos de la tabla C.96 extraídos del (Anexo C)

Tabla 4.24*Estadístico de Tukey del atributo textura para la prueba final*

Muestras	N	Media	Agrupación	
HP1	20	4,300	A	
HP3	20	3,800	A	B
HP8	20	3,550		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.24, se puede observar que existe diferencia estadística entre las muestras HP1-HP8. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.5.5 Estadístico de Tukey del atributo cremosidad de paletas de helado de crema para la prueba ideal final

En la tabla 4.25, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo cremosidad de datos de la tabla C.100 extraídos del (Anexo C)

Tabla 4.25

Estadístico de Tukey del atributo cremosidad para la prueba final

Muestras	N	Media	Agrupación
HP1	20	4,400	A
HP3	20	3,650	B
HP8	20	3,600	B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.25, se puede observar que existe diferencia estadística entre las muestras HP1-HP3, HP1-HP8. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.6 Determinación del tiempo de congelación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para determinar el tiempo de congelamiento de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano se tomó en cuenta 3 muestras (HP1, HP3, HP8), insertando el termómetro lateralmente hasta el centro de las paletas de helado, se controló la temperatura cada cinco minutos, observando los cambios en la textura. En la tabla 4.26, se muestran los datos obtenidos durante la determinación del tiempo de congelamiento de paletas de helado.

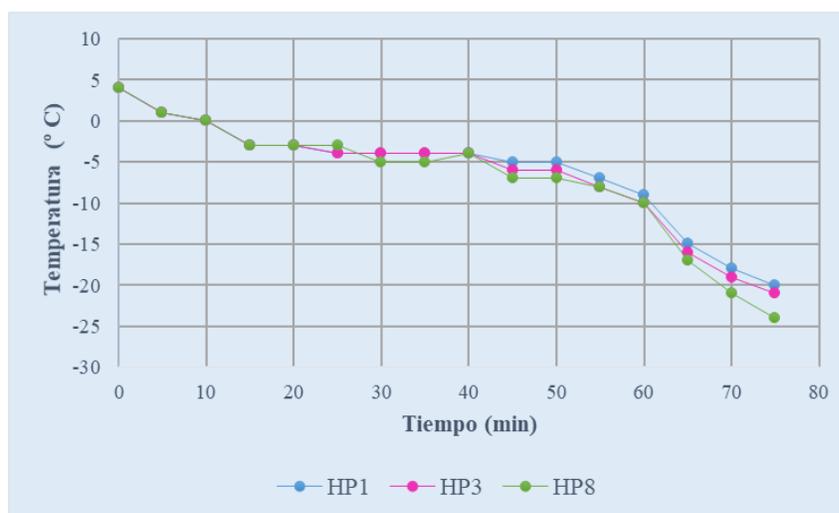
Tabla 4.26

Determinación del tiempo de congelamiento

Número de ensayo	Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
		HP1	HP3	HP8
1	0	4	4	4
2	5	1	1	1
3	10	0	0	0
4	15	-3	-3	-3
5	20	-3	-3	-3
6	25	-4	-4	-4
7	30	-4	-4	-5
8	35	-4	-4	-5
9	40	-4	-4	-4
10	45	-5	-6	-7
11	50	-5	-6	-7
12	55	-7	-8	-8
13	60	-9	-10	-10
14	65	-15	-16	-17
15	70	-18	-19	-21
16	75	-20	-21	-24
17	80	-25	-26	-28

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23 se muestra la curva de congelamiento de acuerdo a los datos establecidos en la tabla 4.26



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23 Curva de congelamiento de paletas de helado

Como se puede observar en la figura 4.23 la curva de congelación, para las muestras de paletas de helado (HP1, HP3, HP8), donde las muestras inicialmente tienen una temperatura de 4 °C, se enfrían por debajo de su punto de congelación inferior a 0°C, al que corresponde la fase de pre enfriamiento, una temperatura inferior al punto de congelación, el agua permanece en estado líquido, pues al formarse los cristales de hielo se libera el calor latente de congelación a una velocidad superior a la que éste se extrae de las paletas de helado, el calor se elimina, eliminándose el calor latente con la formación de hielo, permaneciendo la temperatura prácticamente constante, a una temperatura de -3°C en un tiempo de 15 minutos. El incremento de la concentración de solutos en la fracción de agua no congelada provoca el descenso del punto de congelación, por lo que la temperatura disminuye ligeramente. En esta fase es en la que se forma la mayor parte del hielo, uno de los solutos alcanza la sobresaturación y cristaliza, la temperatura desciende a -28°C entre 15-80 minutos de tiempo.

Se puede observar que la muestra HP8 se congela un poco más rápido que las muestras HP3 y HP1 en un tiempo de 70 minutos, esto se debe a la composición de las muestras, la muestra HP8 contiene menor cantidad de azúcar, seguida de la muestra HP3 que congelo en un tiempo de 75 minutos y por último la muestra HP1 que contiene un mayor porcentaje de azúcar, que congelo en un tiempo de 80 minutos, el azúcar hace que la temperatura de congelación disminuya y el proceso tarde más tiempo, el azúcar reemplaza algunas moléculas, provocando que los enlaces que no se cristalizan no se unan tan fácilmente.

4.7 Caracterización del producto final paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para la caracterización del producto final paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se tomó en cuenta los resultados del análisis fisicoquímico, análisis de micronutrientes y análisis microbiológico, los cuales se detallan a continuación:

4.7.1 Análisis fisicoquímico de final paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En la tabla 4.27, se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano de datos extraídos del anexo A.

Tabla 4.27

Análisis fisicoquímicos de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Parámetros	Unidad	Resultado
Acidez (como ac. oleico)	%	0,25
Azúcares totales	%	16,14
Ceniza	%	0,65
Densidad (20/20°C)	g/ml	1,1119
Fibra	%	0,38
Materia grasa	%	1,80
Hidratos de carbono	%	28,78
Humedad	%	0,26
Proteína total (Nx6,25)	%	2,18
pH		5,31
Sólidos totales	%	33,79
Valor energético	Kcal/100g	140,40

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.27, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano presenta: acidez 0,25%, azúcares totales 16,14%, ceniza 0,65%, densidad 1,1119 g/ml, fibra 0,38%, materia grasa 1,80%, hidratos de carbono 28,78%, humedad 0,26%, proteína total 2,18%, pH 5,31, sólidos totales 33,79% y valor energético 140,40 kcal/100g.

4.7.2 Análisis de micronutrientes de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En la tabla 4.28, se muestran los resultados obtenidos de los análisis de micronutrientes de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano de datos extraídos del anexo A.

Tabla 4.28*Análisis de micronutrientes de paletas de helado de crema vegetal*

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	87,00
Hierro total	mg/100g	0,26

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.28, se puede observar los resultados del análisis de micronutrientes de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano presenta: calcio 87,00 mg/100g y hierro total 0,26 mg/100g.

4.7.3 Análisis de microbiológico de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En la tabla 4.29, se muestran los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano de datos extraídos del anexo A.

Tabla 4.29*Parámetros microbiológicos de paletas de helado de crema vegetal*

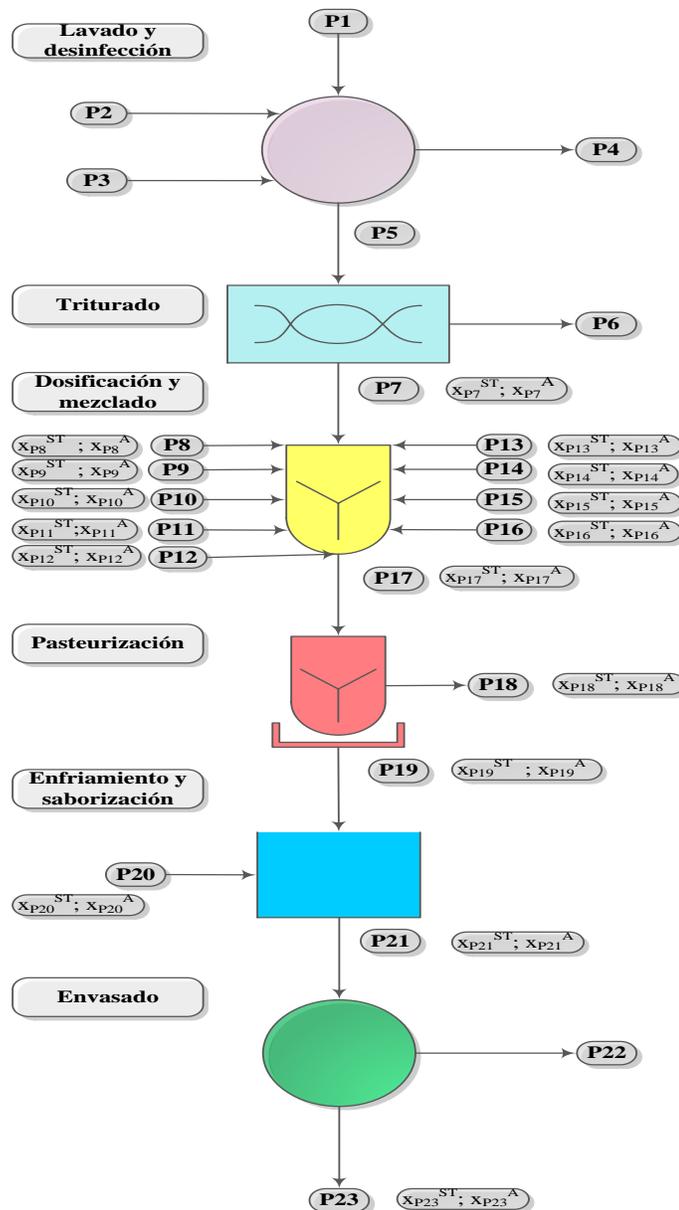
Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/ml	$4,0 \times 10^2$
Coliformes totales	UFC/ml	$7,5 \times 10^1$
Escherichia coli	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$
Mohos y levaduras	UFC/ml	$5,5 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.29, se puede observar los resultados del análisis microbiológico de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano presenta: bacterias aerobias mesofilas $4,0 \times 10^2$ UFC/ml, coliformes totales $7,5 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $5,5 \times 10^1$ UFC/ml.

4.8 Balance de materia en el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En la figura 4.24, se detallan las etapas donde se realizaron los balances de materia en el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, para el procesamiento de 1145,22g de helado tipo paleta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24 Balance de materia en el proceso de elaboración de paletas de helado

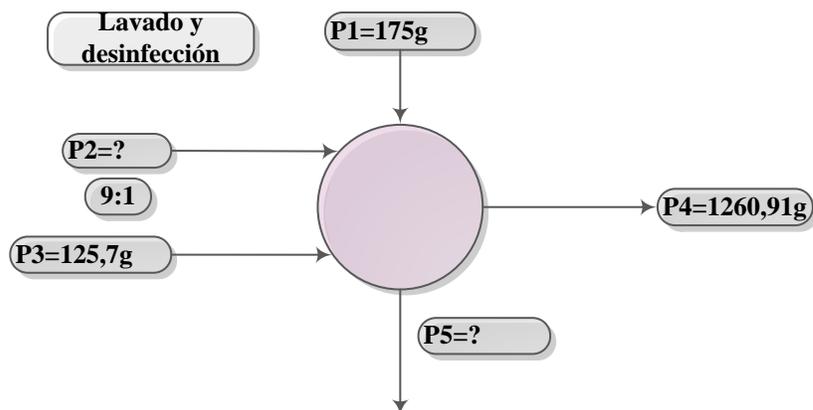
Donde:

P_1 =Arándano (g)	x_{P9}^A =fracción líquida crema vegetal
P_2 =Agua (g)	x_{P10}^{ST} = fracción de sólidos ácido cítrico
P_3 =Vinagre (g)	x_{P10}^A =fracción líquida ácido cítrico
P_4 =Agua+ vinagre+ impurezas (g)	x_{P11}^{ST} = fracción de sólidos glucosa
P_5 =Arándano lavado (g)	x_{P11}^A =fracción líquida glucosa
P_6 =Pérdidas (g)	x_{P12}^{ST} = fracción de sólidos lactulosa
P_7 =Arándano triturado (g)	x_{P12}^A =fracción líquida lactulosa
P_8 =Leche light (g)	x_{P13}^{ST} = fracción de sólidos goma xantan
P_9 =Crema vegetal (g)	x_{P13}^A =fracción líquida goma xantan
P_{10} =Ácido cítrico (g)	x_{P14}^{ST} =fracción de sólidos leche en polvo
P_{11} =Glucosa en polvo (g)	x_{P14}^A =fracción líquida leche en polvo
P_{12} =Lactulosa (g)	x_{P15}^{ST} =fracción de sólidos saborizante
P_{13} = Goma xantan (g)	x_{P15}^A =fracción líquida saborizante
P_{14} =Leche en polvo entera (g)	x_{P16}^{ST} =fracción de sólidos azúcar
P_{15} =Saborizante leche condensada (g)	x_{P16}^A =fracción líquida azúcar
P_{16} =Azúcar (g)	x_{P17}^{ST} =fracción de sólidos mezcla
P_{17} =Mezcla de helado (g)	x_{P17}^A =fracción líquida mezcla
P_{18} =Agua evaporada (g)	x_{P18}^{ST} =fracción sólidos agua evaporada
P_{19} = Mezcla pasteurizada (g)	x_{18}^A =fracción líquida agua evaporada

P_{20} = Saborizante de frutos rojos (g)	x_{19}^{ST} =fracción de sólidos mezcla p.
P_{21} = Mezcla de helado enfriada	x_{19}^A =fracción líquida mezcla p.
P_{22} = Pérdidas	x_{20}^{ST} =fracción de sólidos saborizante
P_{23} = Paletas de helado	x_{20}^A =fracción líquida saborizante
x_{P1}^{ST} =fracción de sólidos arándano	x_{21}^{ST} =fracción de sólidos mezcla e.
x_{P1}^A =fracción líquida de arándano	x_{21}^A =fracción líquida mezcla e.
x_{P8}^{ST} =fracción de sólidos leche light	x_{23}^{ST} =fracción de sólidos paletas de h.
x_{P8}^A =fracción líquida leche light	x_{23}^A =fracción líquida paletas de h.
x_{P9}^{ST} =fracción de sólidos crema vegetal	

4.8.1 Balance de materia en la etapa de lavado y desinfección

En la figura 4.25, se muestra el balance de materia en la etapa de lavado y desinfección.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Balance de materia en la etapa de lavado y desinfección

Balance de materia general en la etapa de lavado y desinfección

$$P_1 + P_2 + P_3 = P_4 + P_5 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Cálculo del agua que ingresa en el lavado en relación: agua: vinagre (9:1)

$$P_2 = 9(P_3)$$

$$P_2 = 9(125,7\text{g})$$

$$P_2 = 1131,3\text{g agua potable}$$

Despejando P_5 en (ecuación 4.1)

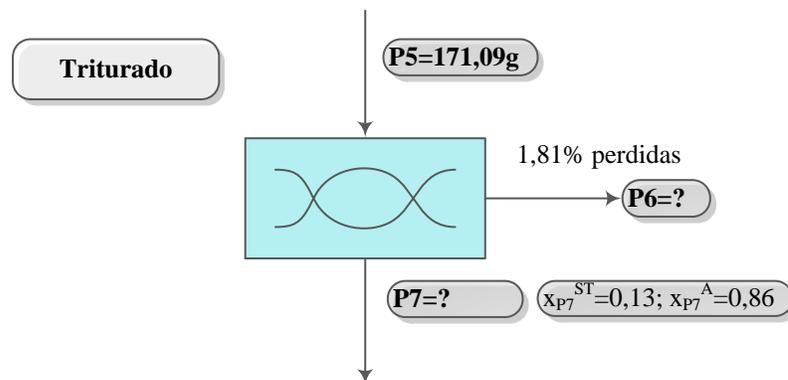
$$P_1 + P_2 + P_3 - P_4 = P_5 \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

$$P_5 = 175\text{g} + 1131,3\text{g} + 125,7\text{g} - 1260,91\text{g}$$

$$P_5 = 171,09\text{g arándano lavado}$$

4.8.2 Balance de materia en la etapa de triturado

En la figura 4.26, se muestra el balance de materia en la etapa de triturado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26: Balance de materia en la etapa de despulpado

Balance de materia general en la etapa de despulpado

$$P_5 = P_6 + P_7 \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Pérdidas en el despulpado 1,81%

$$P_6 = P_5 (0,018)$$

$$P_6 = 171,09\text{g} (0,018)$$

$$P_6 = 3,09\text{g pérdidas}$$

Despejando P_7 en la (Ecuación 4.3)

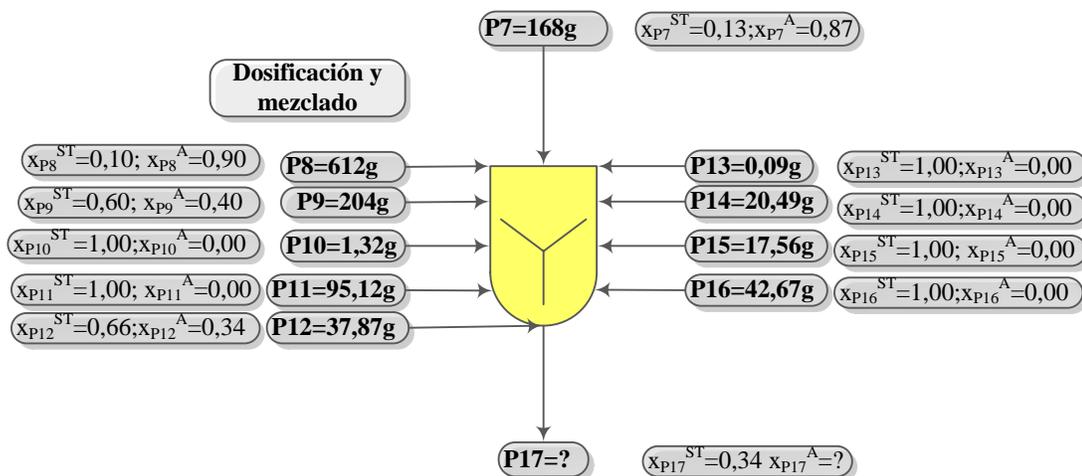
$$P_5 - P_6 = P_7 \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

$$P_7 = 171,09\text{g} - 3,09\text{g}$$

$$P_7 = 168\text{g de arándano}$$

4.8.3 Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado

En la figura 4.27, se muestra el balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado

Balance de materia global en la etapa de dosificación y mezclado

$$P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16} = P_{17} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Balance de materia parcial de sólidos en la etapa de dosificación y mezclado

$$P_7(x_{P7}^{ST}) + P_8(x_{P8}^{ST}) + P_9(x_{P9}^{ST}) + P_{10}(x_{P10}^{ST}) + P_{11}(x_{P11}^{ST}) + P_{12}(x_{P12}^{ST}) + P_{13}(x_{P13}^{ST}) + P_{14}(x_{P14}^{ST}) + P_{15}(x_{P15}^{ST}) + P_{16}(x_{P16}^{ST}) = P_{17}(x_{P17}^{ST}) \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Despejando P_{17}

$$P_{17} = \frac{P_7 (x_{P7}^{ST}) + P_8 (x_{P8}^{ST}) + P_9 (x_{P9}^{ST}) + P_{10} (x_{P10}^{ST}) + P_{11} (x_{P11}^{ST}) + P_{12} (x_{P12}^{ST}) +$$

$$\frac{P_{13} (x_{P13}^{ST}) + P_{14} (x_{P14}^{ST}) + P_{15} (x_{P15}^{ST}) + P_{16} (x_{P16}^{ST})}{X_{P17}^{ST}}$$

$$P_{17} = \frac{168g (0,13) + 612g (0,10) + 204g (0,60) + 1,32g(1) + 95,12g(1) + 37,87g (0,66) +$$

$$\frac{0,09g (1) + 20,49g (1) + 17,56g (1) + 1,32g (1) + 42,67g (1)}{0,34}$$

$P_{17} = 1199,12$ g de mezcla de helado

Balance de materia parcial de agua en la etapa de dosificación y mezclado

$$P_7 (x_{P7}^A) + P_8 (x_8^A) + P_9 (x_9^A) + P_{12} (x_{12}^A) = P_{17} (x_{17}^A) \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

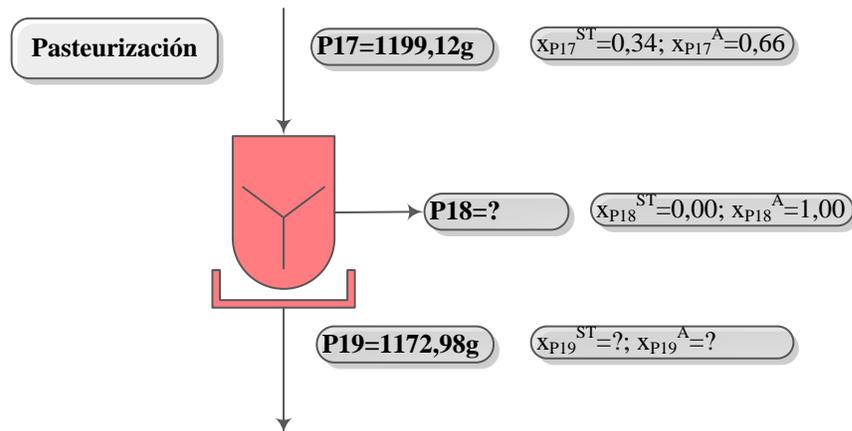
$$X_{P17}^A = \frac{P_7 (x_7^A) + P_8 (x_8^A) + P_9 (x_9^A) + P_{12} (x_{12}^A)}{P_{17}}$$

$$X_{P17}^A = \frac{168g (0,87) + 612g (0,90) + 204g (0,40) + 37,87g (0,34)}{1199,12g}$$

$X_{P17}^A = 0,66$ fracción de agua de la mezcla

4.8.4 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.28, se muestra el balance de materia en la etapa de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Balance de materia en la etapa de pasteurización

Balance de materia global en la etapa de pasteurización

$$P_{17} = P_{18} + P_{19} \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Balance de materia parcial de sólidos en la etapa de pasteurización

$$P_{17}(x_{P_{17}}^{ST}) = P_{19}(x_{P_{19}}^{ST}) \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

$$x_{19}^{ST} = \frac{P_{17}(x_{17}^{ST})}{P_{19}}$$

$$x_{19}^{ST} = \frac{1199,12\text{g}(0,34)}{1172,98\text{g}}$$

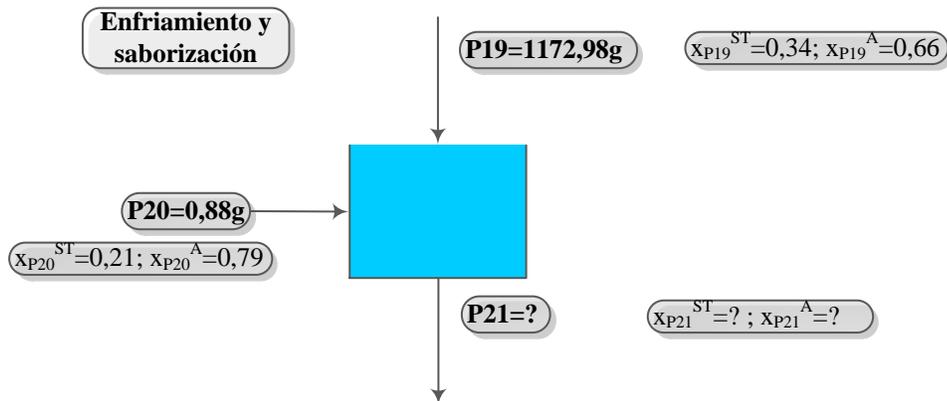
$x_{19}^{ST} = 0,34$ fracción de sólidos de la mezcla pasteurizada

$$P_{18} = 1199,12\text{g} - 1172,98\text{g}$$

$P_{18} = 26,14\text{g}$ de agua evaporada

4.8.5 Balance de materia en la etapa de enfriamiento y saborización

En la figura 4.29, se muestra el balance de materia en la etapa de enfriamiento y saborización



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Balance de materia en la etapa de enfriamiento

Balance de materia global en la etapa de enfriamiento y saborización

$$P_{19} + P_{20} = P_{21} \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

$$P_{21} = 1172,98\text{g} + 0,88\text{g}$$

$$P_{21} = 1173,86\text{g mezcla de helado enfriada}$$

Balance de materia parcial de sólidos en la etapa de enfriamiento y saborización

$$P_{19} (x_{19}^{ST}) + P_{20} (x_{20}^{ST}) = P_{21} (x_{21}^{ST}) \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

$$x_{21}^{ST} = \frac{P_{19} (x_{19}^{ST}) + P_{20} (x_{20}^{ST})}{P_{21}}$$

$$x_{21}^{ST} = \frac{1172,98\text{g} (0,34) + 0,88\text{g} (0,21)}{1173,86\text{g}}$$

$$x_{21}^{ST} = 0,34 \text{ fracción de sólidos de la mezcla enfriada}$$

Balance de materia parcial de agua en la etapa de enfriamiento y saborización

$$P_{19}(x_{19}^A) + P_{20}(x_{20}^A) = P_{15}(x_{14}^A) \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

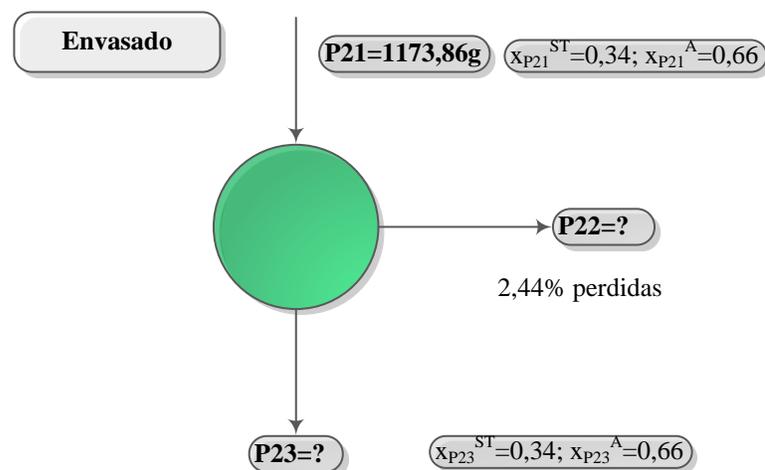
$$X_{20}^A = \frac{P_{19}(x_{19}^A) + P_{20}(x_{20}^A)}{P_{21}}$$

$$X_{21}^{ST} = \frac{1172,98\text{g}(0,66) + 0,88\text{g}(0,79)}{1173,86\text{g}}$$

$X_{21}^{ST} = 0,66$ fracción de agua de la mezcla enfriada

4.8.6 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.30, se muestra el balance de materia en la etapa de envasado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Balance de materia en la etapa de envasado

Balance de materia global en la etapa de envasado

$$P_{15} = P_{16} + P_{17} \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

Perdidas en el despulpado 2,44%

$$P_{22} = P_{21} (0,0244)$$

$$P_{22} = 1173,86 (0,0244)$$

$$P_{22} = 28,64\text{g pérdidas}$$

Reemplazando P_{22} en la (Ecuación 13)

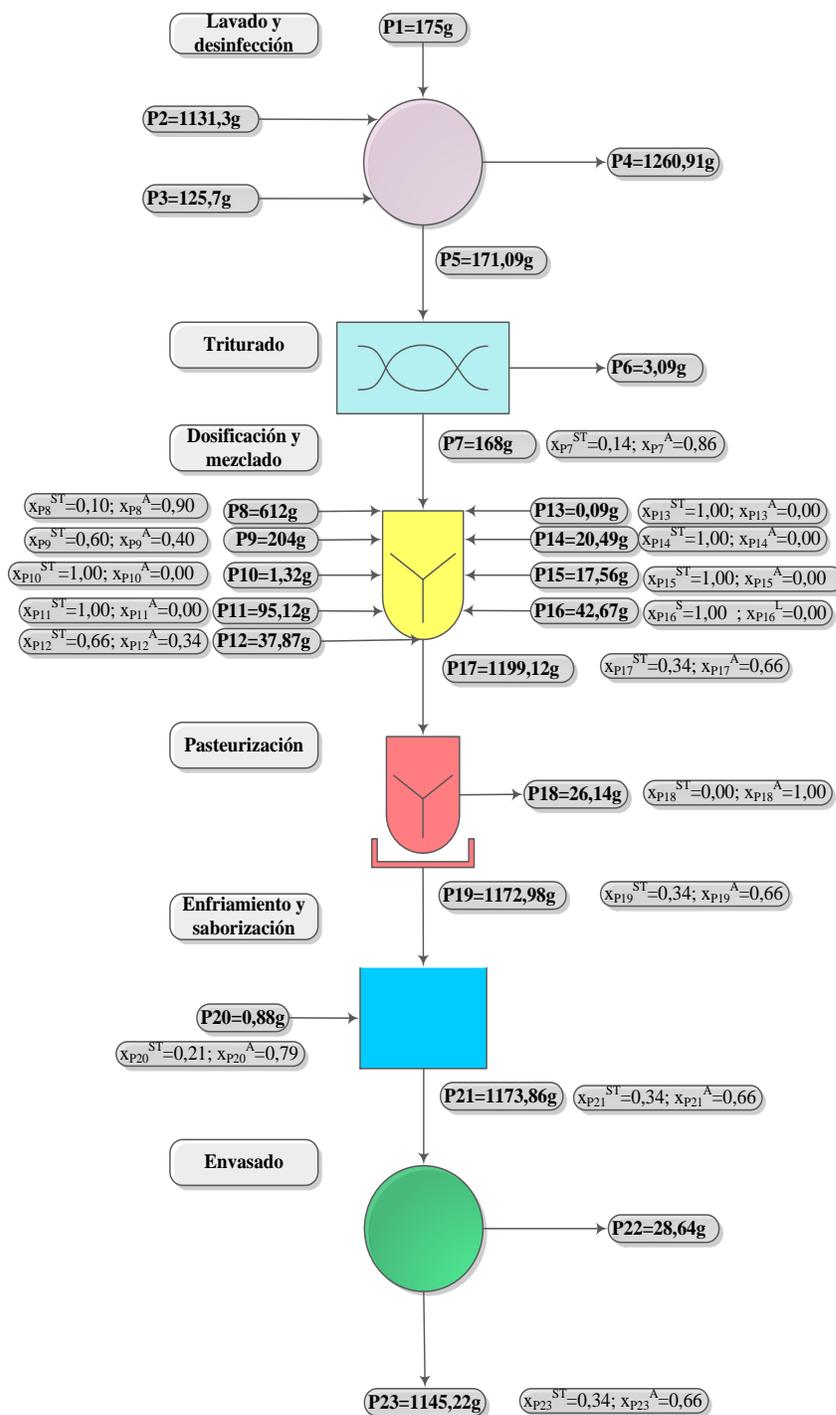
$$P_{23} = P_{21} - P_{22}$$

$$P_{23} = 1173,86 - 28,64\text{g}$$

$$P_{23} = 1145,22\text{g paletas de helado}$$

4.8.7 Resumen general del balance de materia de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

En la figura 4.31, se muestra el resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.31: Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de paletas de helado

4.8.8 Rendimiento del proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para el cálculo de rendimiento en el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se tomó en cuenta la siguiente ecuación 4.13, citada por Barros (2019):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{Flujo másico de entrada}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_{23}}{P_1 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16} + P_{20}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1145,22\text{g}}{1207\text{g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 94,88\%$$

4.9 Balance de energía para el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano

Para realizar el balance de energía para el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, se consideró la etapa de pasteurización y congelación.

4.9.1 Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización

Para realizar el balance de energía, se considera los siguientes conceptos y ecuaciones: Según Lewis (1994) un antiguo principio, conocido como principio de conservación de la energía, establece que la energía no puede ser creada ni destruida, pero si transformada en una u otra forma (Pág. 207).

Según Cedeño (2018), para la resolución de intercambiadores de calor, se realiza el balance de energía entre los fluidos inmersos en el sistema la ecuación demuestra el principio:

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

$$(\Delta H \times m)_{\text{perdido}} = (\Delta H \times m)_{\text{ganado}} \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{perdido}} + Q_{\text{ganado}} \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Según Valiente (1994) 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.

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

$$Q_s = m \times c_p (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

Donde c_p es la capacidad calorífica a presión constante, que se define como la cantidad de calor requerido 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 Valiente (1994):

$$Q_l = \Delta H \times m \quad (\text{Ecuación 4.18})$$

$$Q_l = m \times \lambda \quad (\text{Ecuación 4.19})$$

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

$$c = m_a c_a + m_c c_c + m_p c_p + m_g c_g + m_z c_z \quad (\text{Ecuación 4.20})$$

Donde:

m_a = fracción de masa de agua

c_a =calor específico de agua

m_c = fracción de masa de carbohidratos

c_c =calor específico de carbohidratos

m_p = fracción de masa de proteína

c_p =calor específico de proteína

m_g = fracción de masa de grasa

c_g =calor específico de grasa

m_z = fracción de masa de cenizas

c_z =calor específico de ceniza

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

Tabla 4.30

Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos

Calor específico	Valor 1 Kj/kg°C	Valor 2 Kj/kg°C
C_W Agua	4,18	4,18
C_C Carbohidratos	1,40	1,22
C_P Proteína	1,60	1,90
C_F Grasa	1,70	1,90
C_A Ceniza	0,80	-
	Para productos lácteos	Para alimentos

Fuente: Lewis, 1993

En la tabla 4.31, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la leche light, datos extraídos del anexo A.

Tabla 4.31

Composición fisicoquímica de la leche light

Composición	Unidad	Cantidad
Cenizas	%	0,80
Materia grasa	%	0,40
Humedad	%	90,09
Proteína total	%	3,08
Hidratos de carbono	%	5,53

Fuente: CEANID, 2022

Calculando el cp de la leche light

1 kJ = 0,239006 kcal (Lewis, 1993)

$$C_{pL} = m_{WCW} + m_{CCC} + m_{PCP} + m_{FCF} + m_{ACA}$$

$$C_{pL} = 0,90(0,9990 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,0563(0,3346 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,0308(0,3824 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,004(0,4063 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,008(0,1912 \text{kcal/kg}^\circ\text{C})$$

$$C_{pL} = 0,93 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.32, se observa los resultados de la composición fisicoquímica del arándano, datos extraídos del anexo A.

Tabla 4.32

Composición fisicoquímica de arándano

Composición	Unidad	Cantidad
Cenizas	%	0,19
Materia grasa	%	0,11
Humedad	%	85,55
Proteína total	%	0,61
Hidratos de carbono	%	12,86

Fuente: CEANID, 2022

Calculando el cp del arándano

$$C_{pA} = m_{WCW} + m_{CCC} + m_{PCc} + m_{FCF} + m_{ACA}$$

$$C_{pA} = 0,8555(0,9990 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,1286(0,2916 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,0061(0,4541 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,0011(0,4541 \text{kcal/kg}^\circ\text{C})$$

$$C_{pA} = 0,89 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.33, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de crema vegetal, datos extraídos del anexo A.

Tabla 4.33

Composición fisicoquímica de crema vegetal

Composición	Unidad	Cantidad
Cenizas	%	0,29
Materia grasa	%	24,91
Humedad	%	39,63
Proteína total	%	0,63
Hidratos de carbono	%	34,54

Fuente: CEANID, 2022

Calculando el cp de la crema vegetal

$$C_{pc} = m_{WCW} + m_{CCC} + m_{PCP} + m_{FCF} + m_{ACA}$$

$$C_{pc} = 0,39(0,9990 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,3454(0,2916 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,0063(0,4541 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,2491(0,4541 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})$$

$$C_{pc} = 0,61 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.34, se observa la composición fisicoquímica de glucosa en polvo.

Tabla 4.34

Composición fisicoquímica de glucosa en polvo

Composición	Unidad	Cantidad
Humedad	%	2
Proteína total	%	0,01
Hidratos de carbono	%	97,5

Fuente: Ocampo, 2022

Calculando el cp de la glucosa en polvo

$$C_{pG} = m_{WCW} + m_{CCC} + C_{PCP}$$

$$C_{pG} = 0,02(0,9990 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,975(0,2916 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) + 0,01(0,4541 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})$$

$$C_{pG} = 0,30 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.35, se observa la composición fisicoquímicos de lactulosa

Tabla 4.35

Composición fisicoquímica de lactulosa

Composición	Unidad	Cantidad
Humedad	%	33,7
Hidratos de carbono	%	66,3

Fuente: Orozco, 2022

Calculando el cp de lactulosa

$$Cp_{LA} = m_{WCW} + m_{CCC}$$

$$Cp_{LA} = 0,337(0,9990\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}) + 0,663(0,2916\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C})$$

$$Cp_{LA} = 0,53 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

En la tabla 4.35, se observa la composición fisicoquímicos de goma xantan.

Tabla 4.36

Composición fisicoquímica de goma xantan

Composición	Unidad	Cantidad
Humedad	%	11
Proteína total	%	7
Hidratos de carbono	%	73

Fuente: Ocampo, 2022

Calculando el cp de goma xantan

$$Cp_{GX} = m_{WCW} + m_{CCC} + m_{PCP}$$

$$Cp_{GX} = 0,11(0,9990\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}) + 0,73(0,2916\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}) + 0,07(0,4541\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C})$$

$$Cp_{GX} = 0,351 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

En la tabla 4.37, se observa la composición fisicoquímicos de ácido cítrico.

Tabla 4.37

Composición fisicoquímica de ácido cítrico

Composición	Unidad	Cantidad
Humedad	%	0,5

Fuente: Ocampo, 2022

Calculando el cp de ácido cítrico

$$Cp_{AC} = m_w c_w$$

$$Cp_{AC} = 0,005(0,9990 \text{kcal/kg}^\circ\text{C})$$

$$Cp_{AC} = 0,005 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.38, se puede ver la capacidad calorífica de la leche en polvo entera, azúcar, acero inoxidable.

Tabla 4.38

Capacidades caloríficas

Capacidad calorífica	Unidad	Valor
Leche en polvo entera	Kcal/kg ^{°C}	0,23
Azúcar	Kcal/kg ^{°C}	0,35
Acero inoxidable	Kcal/kg ^{°C}	0,12

Fuente: Ocampo, 2022

$$Cp_M = Cp_c + Cp_G + Cp_{LA} + Cp_{GX} + Cp_{AC} + Cp_L + Cp_A + Cp_{LP} + Cp_{AZ} \quad (\text{Ecuación 4.21})$$

Donde:

Cp_c=capacidad calorífica de crema vegetalCp_G=capacidad calorífica de glucosa en polvoCp_{LA}= capacidad calorífica de lactulosaCp_{GX}= capacidad calorífica de goma xantanCp_{AC}= capacidad calorífica de ácido cítricoCp_L= capacidad calorífica de leche lightCp_A= capacidad calorífica de arándano

C_{pLP} = capacidad calorífica de leche en polvo entera

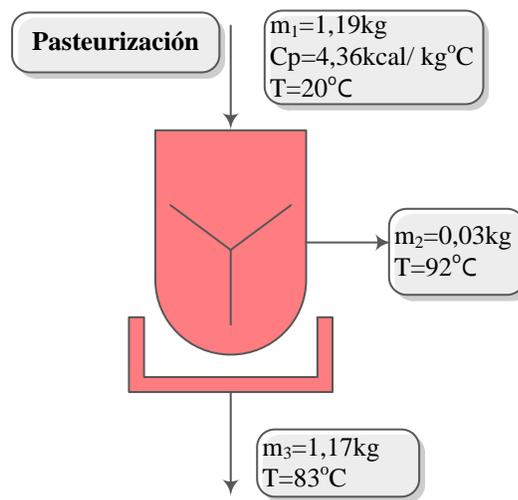
C_{pAZ} = capacidad calorífica de azúcar

$C_{pM} = (0,61+0,30+0,53+0,351+0,05+0,89+0,93+0,23+0,35+0,12)$ kcal/kg°C

$C_{pM} = 4,36$ kcal/ kg°C

4.9.2 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la mezcla de helado

En la figura 4.32, se muestra la etapa de pasteurización de la mezcla de helado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Balance de energía en la etapa de pasteurización

Energía para calentar el recipiente que contiene la mezcla de helado

$$Q = m_{\text{recipiente}} \times c_{p\text{recipiente}} \times (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuación 4.22})$$

Donde:

$m_{\text{recipiente}} = 1,090$ kg

$c_{p\text{recipiente}} = 0,12$ kcal/ kg°C

$T_i = 20$ °C

$T_f = 83$ °C

$Q = 1,090 \text{kg} (0,12 \text{ kcal/ kg°C}) (83 - 20) \text{°C}$

$Q = 8,24$ kcal del recipiente

Energía para calentar el recipiente que contiene la mezcla de helado

$$Q_{\text{mezcla de helado}} = m_1 \times c_p \times \Delta T + m_2 \times \lambda \quad (\text{Ecuación 4.23})$$

Donde:

$$m_1 = 1,17 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,03 \text{ kg}$$

$$C_{p_{\text{mezcla}}} = 4,36 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

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

$$T_f = 83^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 554,88 \text{ kcal/kg (Laplace, 2013)}$$

$$Q_{\text{mezcla de helado}} = 1,17 \text{ kg} (4,36 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(83-20)^\circ\text{C} + 0,03 \text{ kg}(554,88 \text{ kcal/kg})$$

$$Q_{\text{mezcla de helado}} = 343,51 \text{ kcal}$$

Calor total para realizar la pasteurización

$$Q_T = Q_{\text{recipiente}} + Q_{\text{mezcla de helado}} \quad (\text{Ecuación 4.24})$$

Donde:

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

$$Q_{\text{recipiente}} = \text{calor del recipiente (kcal)}$$

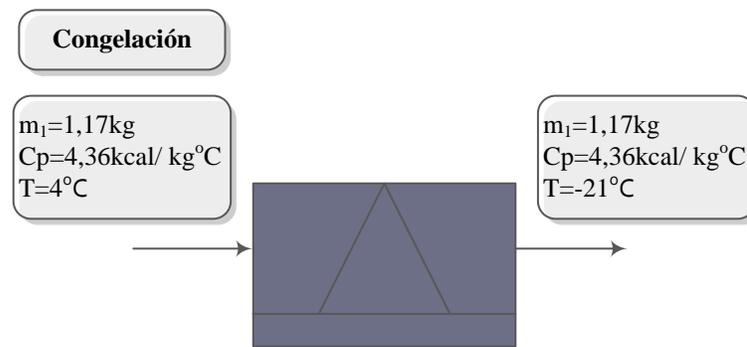
$$Q_{\text{mezcla de helado}} = \text{calor de la mezcla de helado (kcal)}$$

$$Q_T = 8,24 \text{ kcal} + 343,51 \text{ kcal}$$

$$Q_T = 351,75 \text{ kcal}$$

4.9.3 Balance de energía en la etapa de congelación

En la figura 4.33, se muestra la etapa de congelación de la mezcla de helado



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Balance de energía en la etapa de congelación

Calor que hay que extraer para llevar la mezcla a 0°C

$$Q_1 = m_{\text{mezcla de helado}} \times c_p_{\text{mezcla de helado}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \quad (\text{Ecuación 4.25})$$

Donde:

$$m_{\text{mezcla de helado}} = 1,17\text{kg}$$

$$c_p_{\text{mezcla de helado}} = 4,36\text{kcal/kg}$$

$$T_i = 4^\circ\text{C}$$

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

$$Q_1 = 1,17\text{kg} (4,36\text{kcal/kg}^\circ\text{C} - 4\text{kcal/kg}^\circ\text{C})(0 - 4)^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = -20,40\text{kcal}$$

Calor que hay que extraer para congelar

$$Q_2 = m \times \Delta_{hf} \quad (\text{Ecuación 4.26})$$

Donde:

$$m = 1,17\text{kg}$$

$$\Delta_{hf} = 79\text{kcal/kg} \quad (\text{Laplace, 2013})$$

$$Q_2 = 1,17\text{kg}(79\text{kcal/kg})$$

$$Q_2 = -92,43\text{kcal}$$

Calor que hay que extraer para llevar la mezcla a -21°C

$$Q_3 = m_{\text{mezcla de helado}} \times c_p_{\text{mezcla de helado}} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \quad (\text{Ecuación 4.27})$$

Donde:

$$m_{\text{mezcla de helado}} = 1,17\text{kg}$$

$$c_p_{\text{mezcla de helado}} = 4,36\text{kcal/kg}$$

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

$$T_f = -21^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 1,17\text{kg} (4,36\text{kcal/kg})(-21-0)^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = -155,65\text{kcal}$$

Cálculo del calor total

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (\text{Ecuación 4.28})$$

$$Q_T = -20,40\text{kcal} - 92,43\text{kcal} - 155,65\text{kcal}$$

$$Q_T = -228,48\text{kcal}$$

El calor requerido en la etapa de congelación es de -228,48kcal para 1,17kg de mezcla helado.

Cálculo de la energía eléctrica

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

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo}(\theta)} \quad (\text{Ecuación 4.29})$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de despulpado

$$E = P \times \theta$$

$$E = 750\text{w} \times \frac{1\text{kw}}{1000\text{w}} \times 0,04\text{h} = 0,03\text{kw/h}$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de mezclado

$$E = 600w \times \frac{1kw}{1000w} \times 0,04h = 0,02kw/h$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de pasteurización

$$E_C = \frac{C_G \times t_{EC}}{\rho_G} \quad (\text{Ecuación 4.30})$$

Donde:

E_C = energía que genera el gas consumido por la cocina

C_G =consumo de gas por la cocina=1800g/h (Selectra, 2022)

t_{EC} =tiempo de uso de la cocina

ρ_G =densidad del gas=0,753 kg/m³ (Selectra, 2022)

$$E_C = \frac{1,800 \text{ kg/h} \times 0,17h}{0,753 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1 \text{ pie}^3}{0,28317 \text{ m}^3} \times \frac{1086,65 \text{ kj}}{1 \text{ pie}^3} \times \frac{0,0002778 \text{ kwh}}{1 \text{ kj}}$$

$$E_C = 0,43 \text{ kw/h}$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de batido

$$E = 7500w \times \frac{1kw}{1000w} \times 0,008h = 0,006kw/h$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de maduración

$$E = 220w \times \frac{1kw}{1000w} \times 12h = 2,64kw/h$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de maduración

$$E = 435w \times \frac{1kw}{1000w} \times 1,7h = 0,52kw/h$$

$$E_T = (0,03+0,02+0,43+0,006+2,64+0,52) \text{ kw/h}$$

$$E_T = 3,65 \text{ kw/h}$$

1 kw=859,845 kcal (Hainke, 2005)

$$ET = 3,65 \text{ kw /h} \times \frac{858,845 \text{ kcal}}{1 \text{ kw}} = 3138,43 \text{ kcal/h}$$

La cantidad de energía total necesaria para el proceso de elaboración de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano es de 3138,43 kcal/h.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✚ De acuerdo al análisis fisicoquímico, la leche light tiene: acidez 0,12%, ceniza 0,80%, materia grasa 0,40%, hidratos de carbono 5,63%, humedad 90,09%, proteína total 3,08%, pH 6,84, sólidos totales 9,915% y valor energético 38,44 kcal/100g. Sobre la base del análisis de micronutrientes la leche light presenta: calcio 131 mg/100 y hierro 0,06 mg/100g. De acuerdo al análisis microbiológico la leche light presenta: bacterias aerobias mesófilas $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml.
- ✚ Sobre la base del análisis fisicoquímico el arándano presenta: acidez 0,56%, azúcares totales 9,16%, ceniza 0,19%, fibra 0,68%, materia grasa 0,11%, hidratos de carbono 12,86%, humedad 85,55%, proteína total 0,61% y valor energético 54,87 kcal/100g. De acuerdo al análisis de micronutrientes del arándano presenta: calcio 40 mg/100 y hierro 1,3 mg/100g. Según el análisis microbiológico del arándano presenta: bacterias aerobias mesófilas $1,8 \times 10^2$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $8,3 \times 10^2$ UFC/ml.
- ✚ De acuerdo al análisis fisicoquímico, la crema vegetal tiene: acidez 0,36%, ceniza 0,29%, materia grasa 24,91%, hidratos de carbono 34,54, humedad 39,63%, proteína total 0,63%, pH 6,64, sólidos totales 60,37% y valor energético 364,87 kcal/100g. Según la base del análisis microbiológico la crema vegetal presenta: bacterias aerobias mesófilas $1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml.
- ✚ En base a la evaluación sensorial para el grupo 1, la muestra H5 fue la más aceptada por los jueces, y en la evaluación sensorial para el grupo 2 las muestras P5 y P2 fueron las más aceptadas por los jueces. De acuerdo a estos resultados se realizó evaluación sensorial de las tres muestras (HP1, HP2, HP3), y la

muestra HP3 fue la más aceptada por los jueces de acuerdo a la gráfica caja y bigote, quedando como la muestra elegida.

- ✚ Se realizó el diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano para las variables respuestas acidez, pH, materia grasa, donde los factores: arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C), no son estadísticamente significativas para acidez, los factores arándano (A), leche light (B), crema vegetal (C), no son estadísticamente significativos para pH, y para materia grasa los factores arándano (A) y crema vegetal (C) son estadísticamente significativos.
- ✚ En base al diseño factorial 2^3 se realizó evaluación sensorial para el límite inferior, la muestra HP1 fue la más aceptada por los jueces; para el límite superior se realizó evaluación sensorial, la muestra HP8 fue la más aceptada por los jueces, según los resultados se llevó a cabo evaluación sensorial de las muestras HP1, HP8 elegidas por los jueces y la muestra elegida anteriormente HP3, la muestra seleccionada por los jueces fue la muestra HP1.
- ✚ Se determinó el tiempo de congelamiento de las paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano se tomó en cuenta 3 muestras (HP1, HP3, HP8), donde se pudo observar que la muestra HP8 se congeló en un tiempo de 70 minutos más rápido que las muestras HP3 y HP1, esto se debe a la composición de las muestras, la muestra HP8 contiene menor cantidad de azúcar, el azúcar hace que la temperatura de congelación disminuya y el proceso tarde más tiempo.
- ✚ De acuerdo al análisis fisicoquímico, la paleta de helado de crema vegetal con pulpa de arándano presenta: acidez 0,25%, azúcares totales 16,14%, ceniza 0,65%, densidad 1,1119 g/ml, fibra 0,38%, materia grasa 1,80%, hidratos de carbono 28,78%, humedad 0,26%, proteína total 2,18%, pH 5,31, sólidos totales 33,79% y valor energético 140,40 kcal/100g. Sobre la base del análisis

de micronutrientes la paleta de helado de crema vegetal con pulpa de arándano presenta: calcio 87,00 mg/100g y hierro total 0,26 mg/100g. Según la base del análisis microbiológico de paleta de helado de crema vegetal con pulpa de arándano presenta: bacterias aerobias mesofilas $4,0 \times 10^2$ UFC/ml, coliformes totales $7,5 \times 10^1$ UFC/ml, mohos y levaduras $5,5 \times 10^1$ UFC/ml.

- ✚ Según el balance de materia de paletas de helado de crema vegetal con pulpa de arándano, para 1200g de leche light, arándano, crema vegetal e insumos se obtuvo 1145,22g con un rendimiento de 94,88%. Sobre el balance de energía en la etapa de pasteurización, la cantidad de calor necesaria es 343,51 kcal y en la etapa de congelación la cantidad de calor que se debe extraer es de - 228,48kcal.

5.2 Recomendaciones

- ✚ Se recomienda implementar nuevos productos a base de arándano en el departamento de Tarija, para fomentar la producción local, y así poder ofrecer a la población productos saludables, ya que el arándano es una fruta que tiene muchos beneficios para la salud.
- ✚ Se recomienda hacer más investigaciones de nuevos productos que sean saludables y sean una buena alternativa para reemplazar el consumo de alimentos poco saludables.
- ✚ También se recomienda que en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos puedan utilizarse todos los equipos, y puedan contar con todos los reactivos necesarios para su uso.

