

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El brócoli es una hortaliza poco conocida en Bolivia, sin embargo, tiene características interesantes para su utilización como un ingrediente más en la dieta alimentaria, considerando que es un cultivo de buenas condiciones nutritivas y de fácil cosecha. Esta hortaliza es muy importante por sus características nutricionales, tiene un ciclo corto apenas 130 días como promedio, su manejo es simple y requiere de mano de obra reducida (Cutipa, 2005).

Según Servicio Departamental Agropecuario de Santa Cruz (2017), Santa Cruz es el mayor productor del cultivo de brócoli a nivel nacional con 396 toneladas que 6 equivalen a 80,000 unidades/año en una extensión de 35 has, aproximadamente 11314,29 kg, el precio por unidad fue entre 5 a 8 bs/unidad (Chura, 2017).

Al brócoli se le atribuye propiedades antioxidantes, Ecológicamente y se producen en los municipios de: Achocalla Calamarca, Patacamaya, Bustillos y Sica Sica (La Paz); Chayanta (Norte de Potosí); Samaipata (Santa Cruz), Uriondo y Padcaya (Tarija). Los cultivos productores rurales son producidos de manera tradicional en climas fríos, templados y cálidos (Ayala, 2016).

En Tarija, Bolivia, hay varias industrias de helado que producen y distribuyen una variedad de sabores y tipos de helados, Heladería La Valenciana, Heladería Pingüino, Heladería El Bosque, Heladería Italiana, Heladería San Lorenzo, Heladería La Vaca Loca, Heladería El Paraíso (Develop, 2023).

La primera heladería en Bolivia Bits & cream propuso los helados al mármol, en desarrollar productos diferentes a los tradicionales y en presentar campañas de promociones atractivas, en desarrollar productos diferentes a los tradicionales entre ellos las paletas de diferentes sabores (Develop, 2023).

El negocio del helado en Bolivia tiene a dos competidores que se disputan la preferencia de los consumidores: Delizia . concentra el 80% del mercado. Tiene una participación del 55%. Arcor, Cabrera, Panda y otras se reparten el restante 20% (Razón, 2016).

1.2 Justificación

- A nivel nacional la diabetes es una enfermedad masiva que padece la población por esta situación, se pretende elaborar helado para diabéticos un producto con calidad nutricional adecuada para introducir en el mercado local como una opción en la complementación de una dieta alimentaria sana e ideal.
- En efecto, ha surgido la necesidad de consumir alimentos con bajo contenido de hidratos de carbono y con mayor aporte de proteínas, minerales y vitaminas que mejora la calidad nutricional, proporcionando beneficios específicos a la salud de las personas. Dentro de estos se encuentra el brócoli, considerado un alimento altamente nutritivo.
- El brócoli a pesar de ser un alimento saludable, tiene la limitante de ser muy poco consumido, debido a la falta de difusión en el mercado nacional, por lo que se puede señalar que la falta de opciones competitivas como la producción permanente y manejo adecuado de los pequeños productores, son causas que aíslan al brócoli de los mercados.
- En el presente trabajo, debido a los beneficios que aporta se considera elaborar un producto para consumo humano con el brócoli como una alternativa de fuente de proteína y nutrientes de origen natural.

1.3 Objetivos

Para elaborar el proyecto de investigación, se tiene los siguientes objetivos.

1.3.1 Objetivo general

Aplicar la metodología a nivel experimental del proceso de congelación con la finalidad de obtener un helado tipo paleta para diabéticos innovador y de alta calidad nutricional para la provincia de Cercado del departamento de Tarija.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del brócoli crudo para conocer su calidad nutricional.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del brócoli escaldado con el fin de conocer su composición y calidad de la misma.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del helado para diabéticos con la finalidad de conocer su composición y garantizar que cumpla con los estándares nutricionales.
- Aplicar un diseño experimental en el proceso de congelación para la elaboración de helado para diabéticos.
- Evaluar la aceptabilidad del helado para diabéticos a través de paneles sensoriales de la muestra experimental e ideal para obtener una muestra adecuada, para introducir en el mercado local de la provincia Cercado del departamento de Tarija.
- Realizar el balance de materia y energía con la finalidad de determinar el rendimiento, las pérdidas y la energía consumida en las distintas etapas del proceso.

1.4 Objeto de estudio

Aplicación del método de congelación a nivel experimental, con la finalidad de obtener helado tipo paleta para diabéticos para la provincia Cercado.

1.5 Campo de acción

Para llevar a cabo el trabajo de investigación planteado, se determinó los siguientes campos de acción:

- **Espacial**

El campo espacial donde se efectuó el presente trabajo de investigación fue en la provincia Cercado del departamento de Tarija.

- **Temporal**

El campo temporal en el cual se pudo desarrollar el trabajo de investigación, se llevó a cabo entre las gestiones 2022-2023.

- **Institución**

La institución en donde se realizó la metodología experimental del trabajo de investigación fue en: el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la UAJMS, en la provincia Cercado del departamento de Tarija.

1.6 Planteamiento del problema

En la provincia Cercado del departamento de Tarija, se ha observado un aumento en la demanda de helados con bajo contenido de azúcar. Sin embargo, hasta el momento, no se ha encontrado en el mercado local una opción de helado tipo paleta que cumpla con estas necesidades específicas de los consumidores, por esta razón el helado tipo paleta para diabéticos se presenta como un producto innovador y con bajo contenido de grasa y azúcar.

1.7 Formulación del problema

¿Cuál será la metodología experimental del proceso de congelación, que permita elaborar helado tipo paleta para diabéticos con brócoli que sea innovador y de calidad nutricional para la provincia de Cercado del departamento de Tarija?

1.8 Hipótesis

La aplicación de la metodología experimental en el proceso de congelación, resultará en la obtención de un innovador helado tipo paleta diseñado específicamente para personas con diabetes. Este enfoque tiene como objetivo la creación de un producto que cumpla con estándares elevados de calidad nutricional, al mismo tiempo que busca garantizar su aceptación por parte de la población en la provincia Cercado, ubicada en el departamento de Tarija.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del helado

El helado tiene una historia fascinante que se remonta a varias civilizaciones antiguas. Se cree que los orígenes del helado se encuentran en China, donde se producían mezclas de leche y arroz con hielo hace milenios. La primera descripción registrada de una mezcla similar al helado se atribuye al emperador chino Tang, quien disfrutaba de una mezcla de nieve, leche y frutas. Viajeros italianos como Marco Polo y Francesco Carletti probaron versiones del postre helado en China y quedaron encantados, introduciendo estas delicias heladas en Europa (Vargas, 2014).

Un italiano llamado Francesco Procopio dei Coltelli es considerado pionero en la creación del helado. Inventó una máquina que mezclaba hielo, frutas y azúcar, resultando en una pasta similar al helado moderno. Abrió el Café Procope en París, donde además de café, ofrecía este producto, lo que se considera la primera heladería. Los italianos contribuyeron a popularizar y difundir el consumo de helado en toda Europa, y en algún momento, el helado comenzó a aparecer en libros de cocina. Posteriormente, con la colonización de América, el helado se expandió a otro continente (Valor, 2015).

Con el tiempo, la receta evolucionó en Europa, utilizando ingredientes como leche, azúcar y sabores naturales. El helado se popularizó en las cortes francesas e inglesas, y la creación de helado se convirtió en una actividad exclusiva de los chefs reales. Más tarde, se inventó la máquina de helado, lo que permitió una producción más eficiente y una mayor disponibilidad para la población general. Los inmigrantes europeos llevaron el helado a Estados Unidos, donde se popularizó aún más y se convirtió en un postre ampliamente consumido (Vargas, 2014).

2.2 Definición del helado

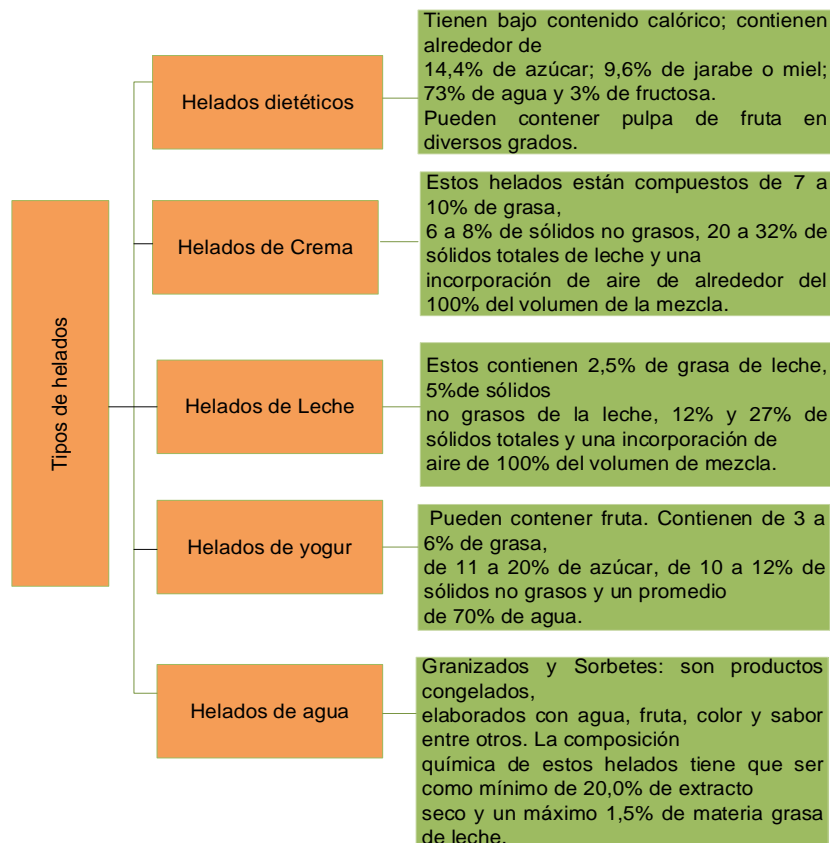
El helado se puede definir como un postre congelado hecho principalmente de leche o productos lácteos, azúcar y sabores naturales o artificiales. Puede contener otros ingredientes como huevos, estabilizantes y emulsionantes para mejorar su textura y sabor.

El helado se prepara enfriando una mezcla líquida y aireándola mediante la agitación constante durante el proceso de congelación. Esto crea una estructura suave y cremosa que caracteriza al helado (Ramo, 2000).

Según la Norma Boliviana 33020:2008 el helado es un producto alimenticio, higienizado, obtenido a partir de proteínas, con adición de otros ingredientes y aditivos permitidos o sin ellos, o bien a partir de una mezcla de leche y derivados, agua 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 Tipos de helados

En la figura 2.1, se muestran los diferentes tipos de helados.



Fuente: (Espinosa, 2016)
Figura 2. 1: Tipos de helados

2.4 Características del helado de agua tipo paleta

El helado ideal es el que tiene sabor agradable y característico, posee una textura suave y uniforme. En el helado se pueden definir los siguientes términos. En la tabla 2.1 se muestra la información de característica de calidad del helado de agua.

Tabla 2.1

Características de calidad del helado de agua

| Atributos | Características de calidad |
|----------------------|---|
| Sensorial | Forma, color, olor, sabor, textura |
| Nutricional | Composición, digestibilidad |
| Sanitaria | Inocuidad (microorganismos, agentes químicos, contaminantes) |
| Fisicoquímica | pH, acidez, color, propiedades coligativas, viscosidad |
| Funcional | Overrun, envasado, derretimiento, capacidad de depósito, capacidad de porcionado. |

Fuente (Navas R. j., 2015)

Al realizar el análisis sensorial correspondiente, se evidenciarán las características organolépticas que revelan las deficiencias en diversos parámetros de cada preparación. Este proceso facilita una interpretación más precisa de los resultados obtenidos y la identificación de áreas de mejora, contribuyendo así a mejorar la calidad del helado final.

2.4.1 Color

El consumidor, en un primer momento, "come con los ojos". Lo más importante del color debe ser su intensidad; esto es algo relativo, dependiendo del gusto de los clientes, pero el color debe ser homogéneo y por supuesto, relativo al sabor (Espinosa, 2016).

2.4.2 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 (Espinosa, 2016).

2.4.3 Textura

En este término nos referimos a la disposición y dimensión de las partículas que lo componen. El conjunto de componentes debe proporcionar una estructura cremosa, ligera y suave (Espinosa, 2016).

2.4.4 Cuerpo del helado

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 e influye en la sensación para proporcionar una agradable sensación al llenar la boca (Espinosa, 2016).

2.5 Composición microbiológica y nutricional del helado de agua

En la tabla 2.2, se muestra las características microbiológicas de los helados de agua.

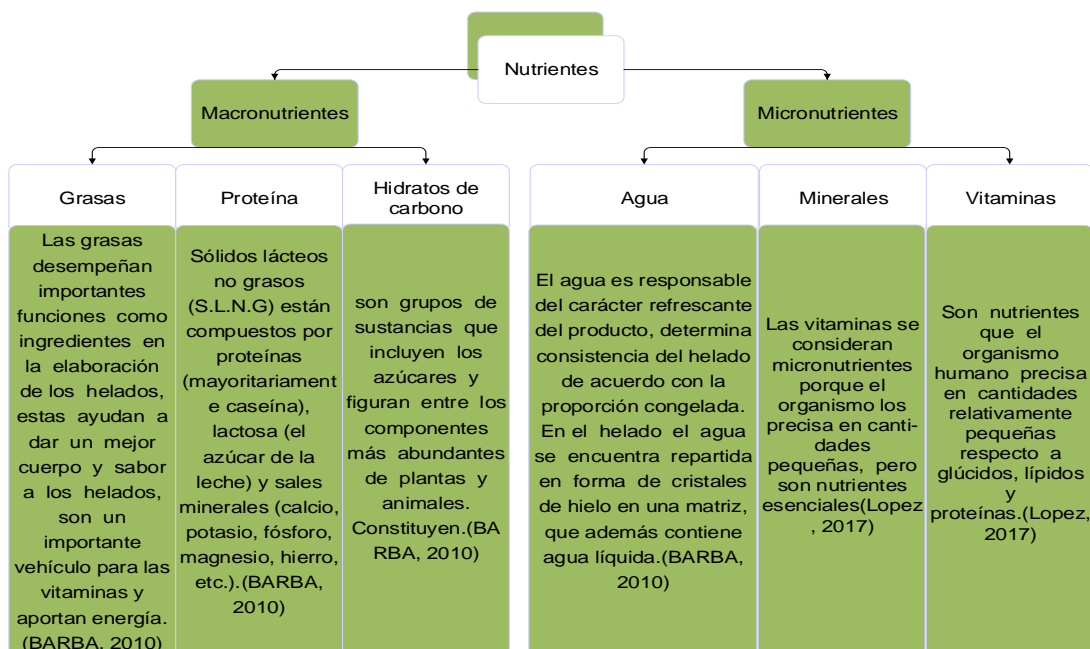
Tabla 2.2

Características microbiológicas de los helados de agua

| Microorganismo | N | C | M | M |
|--|---|---|-----|----------|
| Recuentos aerobios mesófilos (UFC / g) | 5 | 2 | 10 | 500 |
| Escherichia coli (NMP / g) | 5 | 0 | --- | < 3 |
| Listeria monocitógenas, en 25 gramos | 5 | 0 | --- | Ausencia |

Fuente (Huaromo, 2020)

En el cuadro 2.1, muestra los macronutrientes y micronutrientes para el helado de agua.



Fuente: (Barba, 2010)

Cuadro 2.1 Macronutrientes y micronutrientes del helado de agua

2.6 Composición fisicoquímica de los helados

Para la elaboración de helado para diabéticos los parámetros fisicoquímicos que se deben seguir se detallan a continuación:

2.6.1 Punto de congelación

Los alimentos con una importante proporción de fracción líquida (agua más solutos) presentan propiedades termodinámicas típicas de las disoluciones ideales o reales dependiendo de la proporción de los compuestos solubles (Navas, 2015).

El punto de congelación de un líquido es la temperatura, a una presión determinada. La temperatura de congelación de las disoluciones es más baja que la temperatura de congelación del disolvente puro. Para la determinación del punto de congelación se realizan curvas de congelación de las muestras y la muestra control, en las cuales se observa un cambio brusco de pendiente y este se define como el punto de congelación aparente, lo que se corresponde con alrededor de un 80% del agua congelada (Navas, 2015).

2.6.2 Densidad

La densidad es la relación de la masa contenida en la unidad de volumen o en otras palabras el cociente entre su masa y su volumen. Esta propiedad puede variar dependiendo los compuestos que compongan dicha sustancia. Esto permite usar esta propiedad como un instrumento de calidad (Navas, 2015).

2.6.3 pH

La determinación del pH resulta de especial interés cuando se trabaja con mezclas para helado que contienen fragmentos de fruta [Geyer, 1989]. El pH se mide con un potenciómetro, haciendo uso del método oficial de análisis 981,12 [AOAC, 2000]. Para esta medición se toman 10 ml de la mezcla después de 24h de maduración y todas las mediciones se realizan por triplicado (Navas, 2015).

2.6.4 Acidez titulable

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% (Navas, 2015).

2.7 Composición nutricional del helado de agua

En la tabla 2.3, se observa el valor nutricional del helado de agua.

Tabla 2.3

Valor nutricional del helado de agua

| Cantidad por porción | Cantidad aproximada | Unidades |
|----------------------|---------------------|----------|
| Calorías | 70,0 - 100,0 | Kcal |
| Carbohidratos | 18,0 - 25,0 | g |
| Azúcares | 15,0 - 20,0 | g |
| Grasas saturadas | 0,0 - 0,5 | g |
| Grasas totales | 0,0 - 1,0 | g |
| Proteínas | 0,5 - 1,0 | g |
| Fibra dietética | 0,0 - 1,0 | g |
| Sodio | 5,0 - 20,0 | mg |
| Calcio | 0,0 - 10,0 | mg |
| Vitamina C | 0,0 - 2,0 | mg |
| Vitamina A | 0,0 - 50,0 | mg |
| Hierro | 0,0 - 0,2 | mg |

Fuente: (Galvez, 2014)

2.8 Composición de los helados paleta

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

2.8.1 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.

2.8.2 Valor nutricional de helado base

La tabla 2.4, muestra el valor nutritivo de los helados, qué pueden presentar los promedios:

Tabla 2.4**Valor nutritivo de helado base en mg/100g**

| Sales Minerales | Cantidad | Vitaminas | Cantidad |
|-----------------|----------------|-----------|------------------|
| Calcio | 80,00 – 138,00 | A | 0,0200 – 0,1300 |
| Fósforo | 45,00 – 150,00 | B1 | 0,0200 – 0,0700 |
| Magnesio | 10,00 – 20,00 | B2 | 0,1700 – 0,2300 |
| Hierro | 0,05 – 2,00 | B3 | 0,0500 – 0,1000 |
| Cloro | 30,00 – 205,00 | C | 0,9000 – 18,0000 |
| Sodio | 50,00 – 180,00 | D | 0,0001 – 0,0005 |
| Potasio | 60,00 – 175,00 | E | 0,0500 – 0,7000 |

Fuente: (Bartolo, 2005)

2.9 Aplicaciones del helado tipo paleta para diabéticos en el ser humano

Los beneficiarios de este proyecto son las personas diabéticas y aquellas personas que desean un producto con endulzantes no calóricos y que desean cuidar su salud evitando el consumo de azúcar. Los helados, que aportan nutrientes, energía y están asociados, desde la infancia, a momentos de bienestar, placer y tranquilidad, nutricionalmente forman un grupo muy heterogéneo de productos con diferentes características (Sara, 2006) :

- El valor calórico de los helados los convierte en alimentos de valor energético moderado. El aporte energético de un helado puede ser menos significativo en un niño que en un adulto, debido a que en la niñez hay una gran demanda de energía para hacer frente ya no sólo al crecimiento, sino a la actividad física propia de este periodo.
- El helado puede ser un vehículo adecuado para contribuir a las necesidades de proteínas de la infancia.
- Una porción de helado contiene 2 gr de azúcar, desde el punto de vista nutricional, fácil de integrar en una dieta que no sobrepase los límites de azúcar que debe consumir una persona al día.

2.10 Materia prima para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

La materia prima que se utilizó en la elaboración de helado para diabéticos es la siguiente:

2.10.1 Leche descremada

La leche descremada es una opción baja en grasa y calorías, ya que se ha eliminado la grasa de la leche entera. Esto ayuda a reducir el contenido de grasa saturada en el helado, lo que es beneficioso para las personas con diabetes que necesitan controlar su ingesta de grasas (Bartolo, 2005).

2.10.2 Crema vegetal

La crema vegetal es una alternativa a la crema de leche tradicional, ya que está hecha a base de aceites vegetales en lugar de lácteos. La crema vegetal puede ser una opción más saludable para las personas con diabetes, ya que generalmente contiene menos grasa saturada y colesterol que la crema de leche (Bartolo, 2005).

2.10.3 Propiedades nutricionales del brócoli

A continuación, se detalla la tabla 2.5 que establece las propiedades nutricionales de la materia prima que se usara en elaboración de dicho producto.

Tabla 2.5

Valor nutricional del brócoli

| Valor nutricional del brócoli | Cantidad | Unidad |
|-------------------------------|----------|--------|
| Calorías | 38,0 | g |
| Proteínas | 4,4 | g |
| Grasa total | 0,9 | g |
| Carbohidratos | 1,8 | g |
| Fibra | 2,6 | g |
| Calcio | 56,0 | mg |
| Hierro | 1,7 | mg |
| Magnesio | 22,0 | mg |
| Zinc | 0,6 | mg |
| Sodio | 8,0 | mg |
| Potasio | 370,0 | mg |
| Fósforo | 87,0 | mg |
| Vitamina C | 87,0 | mg |
| Vitamina E | 1,3 | mg |

Fuente: (Moreiras, 2014)

2.11 Característica botánica del brócoli



Fuente: (Espinosa, 2016)
Figura 2.2 Brócoli

El brócoli (*Brassica oleraceae* var. *italica* Plenck) pertenece a la familia botánica de las brasicáceas (Dixon, 2007). Posee una raíz pivotante, de la que se inicia una cabellera ramificada y superficial de raíces. Las hojas son de color verde oscuro, rizadas, festoneadas, con pequeñas estípulas, pecioladas, erectas, con un limbo bien hundido. Este cultivo remata su tallo principal en una masa globosa de yemas florales (Maroto, 2002). Entre varias definiciones propuestas, se encuentra la de Gray (1982) quien definió la cabeza de brócoli como una masa de brotes florales diferenciados, a la que comercialmente se suele denominar como 'cabeza'. Desde el punto de vista morfológico corresponde a una inflorescencia de tipo corimbo compuesto, desarrollada a partir de la yema apical del tallo principal. Su forma y tamaño son similares a la pella de la coliflor, pero su color es verde y presenta una compactación menor (Krizaj, 2014).

2.12 Insumos para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

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

2.12.1 Estabilizante (CMC)

Un estabilizante para helados es un ingrediente soluble en agua que sirve para espesar la mezcla y añade textura y consistencia al producto. Un estabilizante es necesario para que logre un producto cremoso, más agradable al paladar, que mantenga su volumen sin reducir su tamaño y brinda estabilidad.

2.12.2 Edulcorante

Endulzante artificial, permite mejorar el sabor y la textura del producto. Es una forma de azúcar, tiene la característica de controlar el punto de fusión y congelación. Apto para personas diabéticas, celíacas, veganas, vegetarianas y con dietas de control de peso.

2.12.3 Esencias

Sustancia aromática concentrada, utilizada para intensificar el sabor de una preparación o para aromatizarla.

2.13 Operaciones en el proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

Pesado

Es el primer paso. Se deben pesar todos los ingredientes antes de ponerlos en el pasteurizador si queremos estar seguros de que no se ha omitido o duplicado algún ingrediente (Coloma, 2017).

Pasteurización

La pasteurización es una operación de estabilización de alimentos que persigue la reducción de la población de microorganismos presentes en éstos de forma que se prolongue el tiempo de vida útil del alimento. La pasteurización consigue disminuir la población de microorganismos patógenos mediante la elevación de la temperatura durante un tiempo determinado, lo que implica la aplicación de calor (Coloma, 2017).

Dosificación y mezcla

La mezcla de los ingredientes es el paso en la realización de un helado. Normalmente se efectúa dentro del pasteurizador. Se introducirán primero los líquidos, leche o agua, seguido de los aditivos (Coloma, 2017).

Homogenización

Este proceso rompe las partículas de grasa en la mezcla y las dispersa uniformemente. Esto se hace a alta presión, que resulta en un helado más suave y cremoso (Coloma, 2017).

Congelación de la paleta de helado

La mezcla se enfría rápidamente a 4°C y se mantiene a esta temperatura durante un período de tiempo para permitir que los estabilizantes y emulsionantes hagan su trabajo. Esto mejora el sabor, la textura suave y esponjosa (Coloma, 2017).

Conservación

La conservación de los helados debe de estar por ley por debajo de -18°C. En mi opinión, es una temperatura de conservación para unos pocos días. A esta temperatura de que el agua empiece a cristalizarse. Para mantener el helado durante

un período largo de tiempo sin que ello afecte demasiado a su estructura deberíamos conservarlo a unos -24°C (Coloma, 2017).

2.14 Tipo de proceso tecnológico a ser utilizado en la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

La congelación denota el proceso mediante el cual la mezcla líquida de ingredientes experimenta una transición de estado, solidificándose para configurar la estructura característica del helado. Este paso es fundamental en la manufactura de helados, dado que ejerce un impacto significativo en la textura y la consistencia del producto final. A continuación se describen los tipos de congelación:

Congelación Convencional: Método estándar que reduce gradualmente la temperatura de la mezcla de helado, permitiendo la formación uniforme de cristales de hielo.

Congelación Rápida: Proceso que enfría la mezcla de helado a velocidades elevadas, formando pequeños cristales de hielo para preservar la textura y sabor.

Congelación por Inducción: Utiliza campos magnéticos para inducir una congelación rápida, eficiente en aplicaciones industriales.

Congelación por Aire Forzado: Emplea corrientes de aire frío para acelerar la congelación, común en la producción comercial de paletas de helado.

Congelación por Contacto: Congelación rápida al hacer que la mezcla entre en contacto directo con superficies refrigeradas, común en la producción de paletas individuales.

El procedimiento de congelación implica la disminución de Proceso de congelación. - Durante esta operación se forman rápidamente los cristales de agua los cuales tienen que ser pequeños para tener una textura suave del helado, siendo por ello necesario el enfriamiento rápido. En el caso de adicionar cualquier tipo de fruta ésta debe hacerse antes de ser batido (Coloma, 2017).

Se utilizan varios tipos de equipos congeladores especializados para lograr la congelación eficiente de la mezcla. Son los siguientes:

Congeladores de Paleta Horizontal:

Equipos diseñados específicamente para la producción de paletas de helado. La mezcla se vierte en moldes horizontales que se colocan en un congelador. Estos equipos permiten la congelación uniforme y la fácil extracción de las paletas.

Congeladores de Túnel: Túneles de congelación que transportan las paletas a través de una serie de cámaras con temperaturas extremadamente bajas. Estos son eficientes para la producción a gran escala y proporcionan una congelación rápida.

Congeladores de Aire Forzado: Sistemas que utilizan corrientes de aire frío para acelerar la congelación de las paletas. Son comunes en la producción comercial y ofrecen una congelación rápida y uniforme.

Congeladores Criogénicos: Equipos que utilizan gases extremadamente fríos, como nitrógeno líquido, para congelar rápidamente las paletas. Este método permite una congelación ultrarrápida y es común en aplicaciones industriales.

Congeladores de Placas: Equipos que contienen placas refrigeradas que entran en contacto directo con la mezcla de helado, logrando una congelación rápida. Son eficaces para la producción de paletas individuales.

Congeladores de Inmersión: Equipos donde las paletas se sumergen en un líquido refrigerante, como glicol, para una congelación rápida y uniforme. Este método es especialmente útil para la producción artesanal.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA
EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “elaboración de helado tipo paleta para diabéticos”, se llevó a cabo en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 Tipo de intervención experimental

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Ruiz, 2018). En la intervención experimental, se desarrolló en base a los métodos y análisis:

- Análisis físico, fisicoquímico y microbiológico del brócoli crudo.
- Análisis fisicoquímico del brócoli hervido.
- Análisis fisicoquímico, microbiológico y nutricional del producto final del helado tipo paleta para diabéticos.
- Análisis sensorial del helado tipo paleta para diabéticos.
- Análisis del diseño factorial 2^3 en el proceso de dosificación.
- Operacionalización de variables en la elaboración del helado tipo paleta para diabéticos.

3.3 Tipo de investigación

La investigación experimental consiste en someter a un objeto, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). Es importante para este tipo de investigación, establecer la causa y el efecto de un fenómeno (Alban, 2020). Pero se presenta mediante la manipulación de una variable experimental, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o causa se produce una situación. Su diferencia con los otros tipos de investigación es que el objetivo de estudio y su tratamiento dependen completamente del investigador y es el manejo del experimento (Ruiz, 2018).

3.4 Paradigma positivista

El paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial científico tecnológico. La investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica (Ramos, 2015). Así mismo (Lorenzo, 2006) reconoce el control o manipulación sobre las variables, estímulo o condiciones ambientales, dirigiéndose el enfoque hacia las relaciones de causa-efecto. El paradigma que se aplicó en el presente trabajo de investigación es el paradigma positivista, se basa en la experiencia y práctica (Lorenzo, 2006)

3.5 Enfoque investigativo

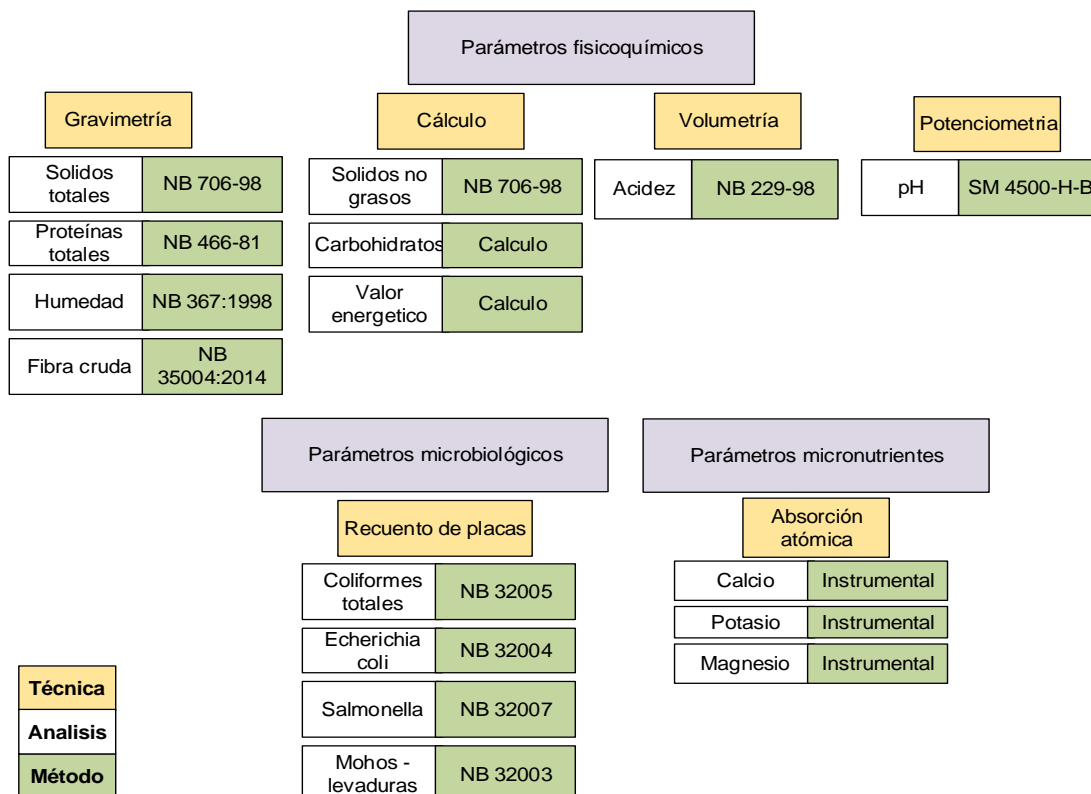
El tipo de investigación descriptiva, cuantitativa y recopila información para poner a prueba o comprobar las hipótesis mediante el uso de estrategias estadísticas basada en la medición numérica, en las investigaciones de tipo descriptiva, consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. La investigación muestral, se obtendrá información de forma consciente, real y actualizada acerca del estudio a realizar (Mora, 2017). También se inspira en el positivismo este enfoque plantea la unidad de la ciencia, el conocimiento debe fundarse en el análisis de los hechos reales, los cuales debe realizar una descripción neutra, lo más objetiva y lo más completa posible (Alvarez, 2011)

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos

El método es un proceso de pasos a seguir para alcanzar una meta, y la técnica de investigación es más que nada la recopilación de datos para verificar los métodos empleados en lo investigado, para ejecutar un método es necesario tener un amplio dominio de la técnica. Para la elaboración del helado para diabéticos, el método es un camino para investigar, conocer, descubrir, es el procedimiento para investigar y conocer. (Custodio, 2008). Los métodos y técnicas utilizados en el presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

3.6.1 Análisis fisicoquímico, microbiológico y micronutrientes del brócoli crudo

En la figura 3.1, se toma en cuenta los métodos y técnicas detalladas para el análisis fisicoquímico y microbiológico del brócoli crudo. Éstos análisis fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

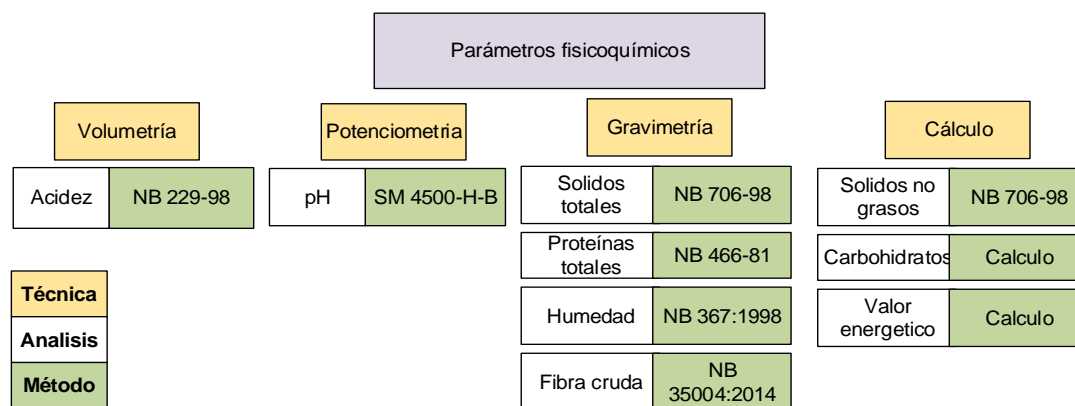


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.1 Determinación de parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y micronutrientes del brócoli crudo

3.6.2 Análisis fisicoquímico del brócoli escaldado

En la figura 3.2, se muestra el análisis fisicoquímico que se indican la técnica y método de análisis aplicado en su determinación. Estos análisis fueron determinados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

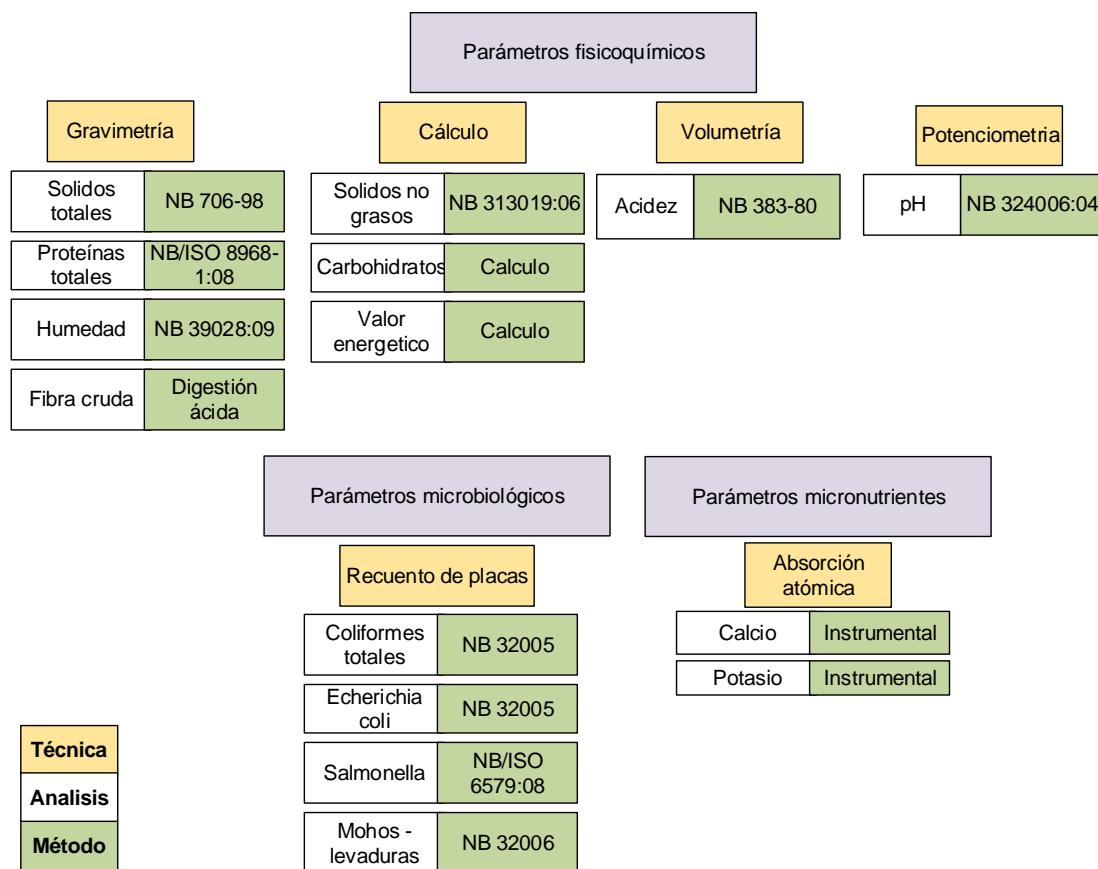


Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos del brócoli escaldado

3.6.3 Análisis fisicoquímico, microbiológico y micronutrientes del helado tipo paleta para diabeticos

En la figura 3.3, se toma en cuenta los métodos y técnicas detalladas para el análisis fisicoquímico, microbiológico y micronutrientes del helado tipo paleta para diabeticos. Éstos análisis fueron determinados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.



Fuente: CEANID, 2023

Figura 3.3 Determinación de parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y micronutrientes del helado tipo paleta para diabéticos

3.7 Equipos, instrumentos, utensilios y materiales de laboratorio

En el presente trabajo de investigación se requiere el uso de equipos, instrumentos, utensilios y materiales de laboratorio, estos se detallan a continuación:

3.7.1 Equipos

Los equipos que se utilizaron en el proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos. Estos equipos de proceso son utilizados para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, son los siguientes:

- **Freezer:** Conexión eléctrica, marca SAMSUNG con frecuencia de 50/60 Hz.
- **Heladera:** Conexión eléctrica 220v, marca CONSUL.

- **Cocina:** Material de acero inoxidable, conexión gas natural, rango de pH de 2,00-19,99, marca horiba industria de Japón.

3.7.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizaron para el desarrollo de la parte experimental se detallan a continuación:

- **pH-metro:** Conexión eléctrica, rango de pH de 2,00-19,99, marca horiba industria de Japón.
- **Bureta digital:** Conexión eléctrica, capacidad 50 ml, marca VWR industria de Francia.
- **Termómetro de alcohol:** Escala de 0 -200°C, material de vidrio.
- **Balanza de precisión:** Conexión eléctrica, capacidad de 0,5- 4500g, marca RADWAG.

3.7.3 Materiales de laboratorio

A continuación, se cita los materiales de laboratorio que se usaron en la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, son los siguientes:

- **Vidrio de reloj:** Tamaño pequeño, material de vidrio.
- **Vaso de precipitado:** Capacidad 50 ml, material vidrio.
- **Espátula:** Tamaño pequeño, material acero inoxidable.
- **Molde de helado:** Capacidad 1litro y medio, material acero inoxidable.
- **Piseta:** Capacidad 500 ml, material de plástico.
- **Matraz Erlenmeyer:** Capacidad 250 ml, material de vidrio.
- **Pipeta:** Capacidad 5 ml, material de vidrio.
- **Probeta:** Capacidad 250 ml, material de plástico.

3.7.4 Utensilio de cocina

Los utensilios de cocina que se utilizaron para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, son los siguientes:

- **Olla:** Material de acero inoxidable, tamaño mediano.
- **Bol:** Material de aluminio, tamaño grande.
- **Cuchillo:** Tamaño mediano, material de acero inoxidable.

- **Jarras graduadas:** Tamaño mediano, material de plástico (PVC), capacidad 1000ml.
- **Escurreidor:** Material malla de filtro, tamaño mediano.

3.7.5 Reactivos químicos

Los reactivos químicos necesarios que se utilizaron para realizar los tratamientos en la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, son los siguientes:

- **Solución de NaOH:** Concentración 0,1N, estado líquido, procedente de BIOPACK-Bolivia.
- **Fenolftaleína:** Concentración 1,00%, estado líquido, procedente de BIOPACK-Bolivia.
- **Agua destilada:** Cantidad 500 ml, estado líquido.
- **Alcohol etílico:** Concentración al 70%, procedente de SOLQUIFAR.

3.8 Materias primas e insumos alimentarios

Las materias primas e insumos se detallan a continuación:

3.8.1 Materia prima

Para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, se utilizaron las materias primas, sus características se describen a continuación:

- **Leche descremada:** Líquida adquirida del mercado local, procedencia de Cochabamba, marca Pil Andina.
- **Brócoli:** Verdura producida en el departamento de Tarija, adquirida del mercado local.
- **Crema vegetal:** Líquida adquirida del mercado local, procedencia de La Paz.

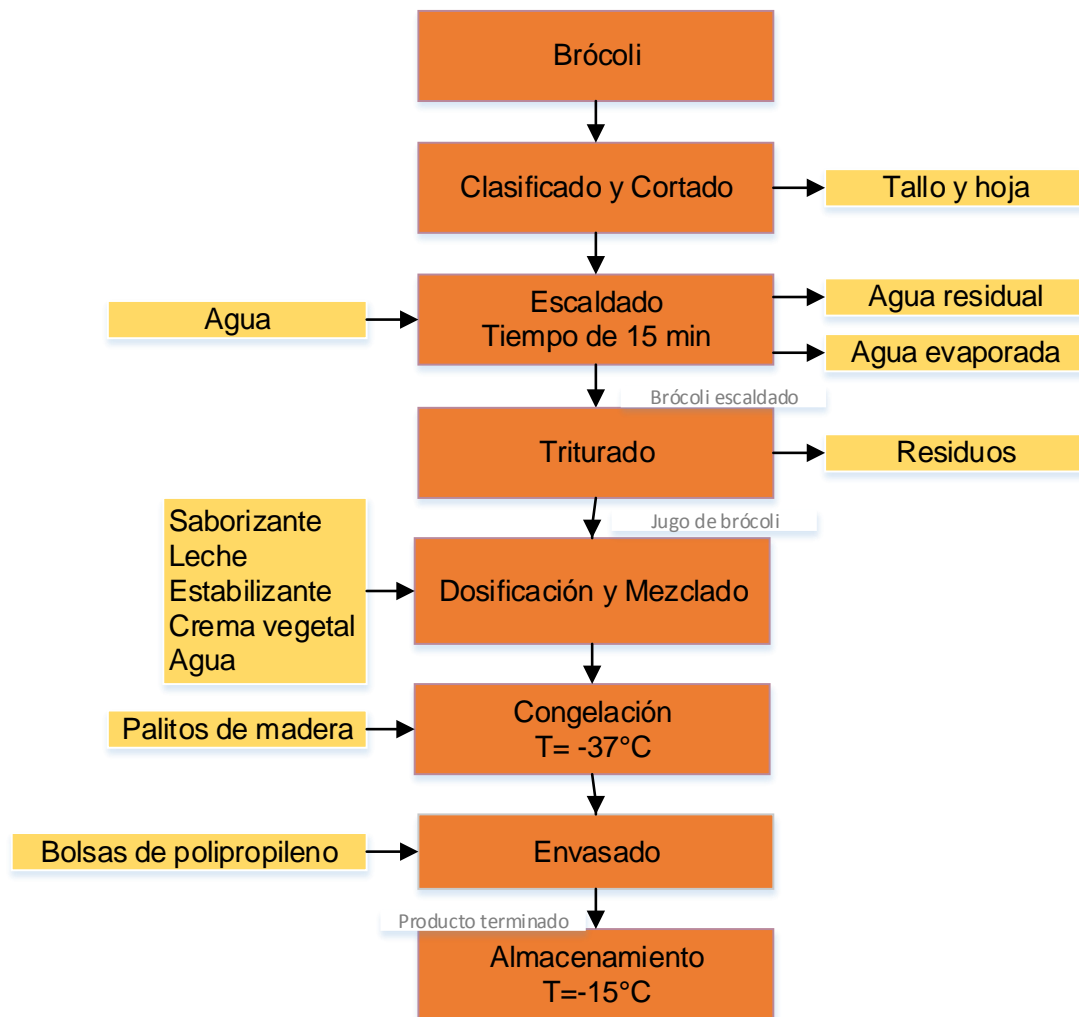
3.8.2 Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios que se utilizaron en la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, son los siguientes:

- **Estabilizante (CMC):** Es utilizado en la dosificación del helado, estado sólido(refinado) es de industria boliviana adquirido de ESENCIAL.
- **Saborizante:** Estado sólido (refinado), procedencia de Santa Cruz.
- **Hielo:** El hielo que se usa es en cubos, marca FAHITAR.

3.9 Diagrama de flujo para el proceso de helado tipo paleta para diabéticos

En la figura 3.4, se describe el proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4 Diagrama de flujo para el proceso de helado tipo paleta para diabéticos

3.10 Descripción del diagrama del proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

A continuación, se describen los pasos que se siguieron para obtener helado tipo paleta para diabéticos.

3.10.1 Brócoli

El brócoli utilizado para el desarrollo del presente trabajo de investigación, fue obtenido del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija (figura 3.5).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Brócoli

3.10.2 Clasificado y cortado

La clasificación del brócoli permite separar la parte comestible y la no comestible, luego se realiza el cortado para quitar el tallo utilizando un cuchillo de acero inoxidable, para luego cortar la flor del brócoli de manera manual (figura 3.6).



Fuente: Clasificado y cortado

Figura 3.6: Clasificado y cortado

3.10.3 Escaldado

La figura 3.7, muestra el momento en que el brócoli recibe el tratamiento térmico. El proceso de escaldado se realiza por 15 minutos a una temperatura de 80°C en inmersión en agua, el proceso se realiza en una olla de acero inoxidable.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.7: Escaldado en agua

3.10.4 Trituración

El proceso de trituración del brócoli se realiza en una licuadora por un tiempo de dos minutos y treinta segundos hasta que esté muy bien triturado con la finalidad de obtener jugo de brócoli homogéneo. (figura 3.8).



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.8: Triturado

3.10.5 Dosificación y mezclado

La figura 3.9, muestra el proceso de dosificación y mezclado del jugo de brócoli. Con los demás insumos específicos: crema vegetal al 1 % y saborizante al 0,75 %. Posteriormente, se procede a la adición directa de stevia, seguida de una agitación con una cuchara, con el propósito de lograr una homogeneización adecuada del jugo de brócoli y la leche baja en calorías, por dos minutos y veinticinco segundos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9: Dosificación y mezclado

3.10.6 Congelación

Se preparó y se obtuvo el jugo homogéneo; se procedió al llenado de los moldes de helado de acero inoxidable. Posteriormente, los moldes de helado fueron trasladados a un freezer, a una temperatura de -37°C . Después de transcurrida una media hora, se procedió a insertar los palitos de madera, las cuales se sometieron a un proceso de congelación que se extendió durante un lapso de tres horas (figura 3.10).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10: Congelación

3.10.7 Envasado

Una vez que las paletas de helado han sido desmoldadas, se procede con el proceso de envasado. Este consiste en colocar cada paleta en una bolsa de polipropileno de un tamaño adecuado (figura 3.11).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11: Envasado

3.10.8 Almacenamiento

El proceso de almacenamiento de las paletas de helado que implica la aplicación de una cadena de frío a una temperatura constante de -15°C , que corresponde a la temperatura de refrigeración óptima requerida para preservar la calidad y seguridad del producto. Fueron almacenados en el congelador eléctrico (figura 3.12).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12: Almacenamiento

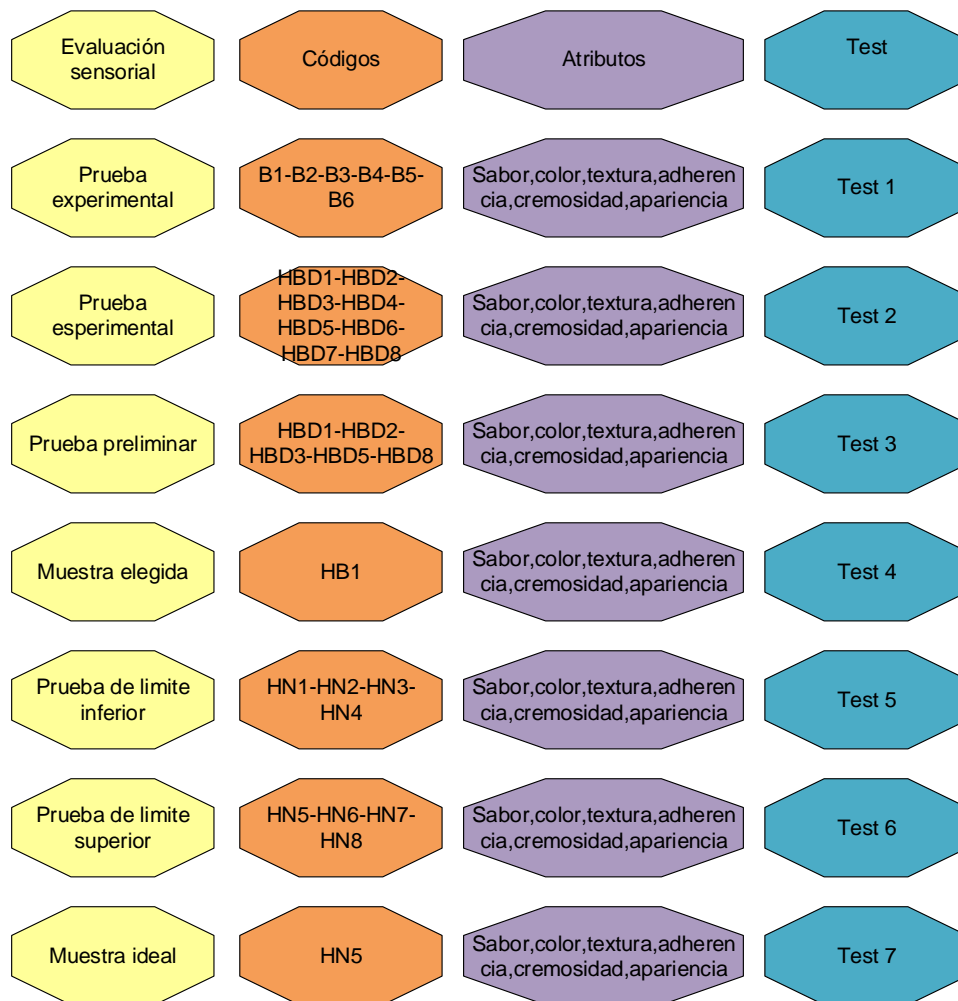
3.11 Análisis sensorial de los alimentos

La calidad de un alimento está determinada por diferentes aspectos: cantidad y calidad de los nutrientes que lo contienen y la calidad y seguridad sanitaria. Sin embargo, lo que determinará la aceptación o rechazo del mismo está relacionado con la percepción Subjetiva del consumidor, es decir aspectos ligados a la preferencia del

color, sabor, textura, consistencia, presentación del producto. Es importante que al introducir un alimento al mercado o cambiar algún aspecto del mismo realizar pruebas sensoriales al grupo al cual va dirigido el alimento (Watts, 1970).

3.11.1 Aplicación de la evaluación sensorial para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

En la figura 3.13, se detallan las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo de investigación, cómo ser:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13: Aplicación de la evaluación sensorial para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

C = Crema vegetal (%)

(C) = 2 niveles

En la tabla 3.1, se muestran los niveles de variación de los factores (nivel alto y nivel bajo) a ser aplicado en la etapa de dosificación; conformado por 3 variables: brócoli (A), saborizante (B), crema vegetal (C).

Tabla 3.1

Nivel de variación de los factores en la etapa de dosificación

| Variables | Unidades | Nivel inferior | Nivel superior |
|-------------------|----------|----------------|----------------|
| Brócoli (A) | % | 15,73 | 17,73 |
| Saborizante (B) | % | 0,81 | 1,04 |
| Crema vegetal (C) | % | 0,05 | 1,94 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.2, muestra la matriz del diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, conformado por tres variables: brócoli (A), saborizante (B) y crema vegetal (C).

Tabla 3.2

Matriz de variables del diseño factorial en el proceso de dosificación

| Tratamiento | Variables | | | Interacción | | | | Variable respuesta | | |
|-------------|-----------|---|---|-------------|----|----|-----|--------------------|-----|-----|
| | A | B | C | AB | AC | BC | ABC | Yi1 | Yi2 | Yi3 |
| (1) | - | - | - | + | + | + | - | Y1 | Y1 | Y1 |
| a | + | - | - | - | - | + | + | Y2 | Y2 | Y2 |
| b | - | + | - | - | + | - | + | Y3 | Y3 | Y3 |
| ab | + | + | - | + | - | - | - | Y4 | Y4 | Y4 |
| c | - | - | + | + | - | - | + | Y5 | Y5 | Y5 |
| ac | + | - | + | - | + | - | - | Y6 | Y6 | Y6 |
| bc | - | + | + | - | - | + | - | Y7 | Y7 | Y7 |
| abc | + | + | + | + | + | + | + | Y8 | Y8 | Y8 |

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Yi1 = Variable respuesta de acidez total (ácido láctico) (%).

Yi2 = Variable respuesta pH.

Yi3 = Variable respuesta azúcares reductores (%).

3.14 Operacionalización de variables para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

La tabla 3.3, se muestra la operacionalización de las variables dependiente e independiente, en base al proceso de congelación para obtener helado tipo paleta para diabéticos.

Tabla 3.3

Operacionalización de las variables en la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

| Hipótesis | Variables | | Descripción de variables | Parámetros | Indicadores | Unidades |
|--|--|---|--|-----------------------|--|-------------|
| La aplicación de la metodología experimental de congelación, se obtendrá un helado tipo paleta para diabéticos innovador, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional y de aceptación para la población de la provincia Cercado del departamento de Tarija. | Independiente | Proceso de congelación | Método utilizado a desarrollar el helado con la finalidad de congelar la mezcla rápidamente, para evitar la formación de cristales grandes de hielo. (Sánchez, 2013). | Dosificación | Crema vegetal Leche Brócoli Saborizante | % % % |
| | | | | Congelación | Temperatura Tiempo | °C Horas |
| | | | | Escaldado | Temperatura Tiempo | °C Horas |
| | Dependiente | Elaboración de helados para diabéticos | Se entiende por mezclas de helados los productos en forma líquida o en forma de polvo que se destina a la preparación de helados comestibles, está Norma es una adopción de la Norma CODEX STAN 137-1981 (economía, 2000). | Control Físicoquímico | Humedad | % |
| | | | | | Calcio | % |
| | | | | | Valor energético vitaminaC | % % |
| | | | | | Carbohidratos Proteína totales Fibra | % % % |
| Control Microbiológico | Mohos,colis fecales,Eschericha coli,coli totales, salmonella | UFC/g | | | | |
| | Evaluación sensorial | Color, sabor, olor y textura, dureza, acidez. | Escala hedónica | | | |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización del helado tipo paleta para diabéticos

Para la caracterización de la materia prima del presente trabajo, se tomó en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos, micronutrientes, microbiológicos y físicos relevantes, los cuales se detallan a continuación.

4.1.1 Propiedades físicas del brócoli

En la tabla 4.1, se presentan los resultados de quince muestras de brócoli seleccionadas al azar, para realizar el análisis físico, de porción comestible y no comestible.

Tabla 4.1

Propiedades físicas del brócoli

| N° | Peso total (g) | PC | PNC | PC (%) | PNC (%) |
|----|----------------|------------|------------------|--------|---------|
| | | Brotos (g) | Tallo y hoja (g) | | |
| 1 | 917 | 344 | 573 | 37,51 | 62,49 |
| 2 | 660 | 292 | 368 | 44,24 | 55,76 |
| 3 | 636 | 274 | 362 | 43,08 | 56,92 |
| 4 | 881 | 294 | 587 | 33,37 | 66,63 |
| 5 | 966 | 337 | 629 | 34,89 | 65,11 |
| 6 | 1041 | 400 | 641 | 38,42 | 61,58 |
| 7 | 961 | 364 | 597 | 37,88 | 62,12 |
| 8 | 1192 | 462 | 730 | 38,76 | 61,24 |
| 9 | 1290 | 598 | 692 | 46,36 | 53,64 |
| 10 | 1217 | 328 | 889 | 26,95 | 73,05 |
| 11 | 1356 | 571 | 785 | 42,11 | 57,89 |
| 12 | 1191 | 491 | 700 | 41,23 | 58,77 |
| 13 | 1116 | 430 | 686 | 38,53 | 61,47 |
| 14 | 1077 | 427 | 650 | 39,65 | 60,35 |
| 15 | 1212 | 530 | 682 | 43,73 | 56,27 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.1, se pueden observar los resultados promedios de las propiedades físicas del brócoli que presentan: peso total 15713 del brócoli, porción comestible (brotes) (PC) 39,11 % y porción no comestible (tallo y hoja) (PNC) 56,80 %.

4.1.2 Análisis fisicoquímico del brócoli crudo

En la tabla 4.2, se presentan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del brócoli crudo, dónde se detallan los parámetros evaluados y los valores correspondientes a cada uno de ellos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.2

Análisis fisicoquímico del brócoli crudo

| Componentes | Unidad | Resultados |
|-------------------------|------------|------------|
| Fibra | % | 0,84 |
| Humedad | % | 86,52 |
| Proteína total (Nx6,25) | % | 4,67 |
| Hidrato de carbono | % | 6,31 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 46,44 |
| Ceniza | % | 1,38 |
| Materia grasa | % | 0,28 |
| Acidez (ácido cítrico) | % | 2,68 |
| pH (20°C) | - | 5,68 |

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.2, se observan los resultados del análisis fisicoquímico del brócoli crudo presenta: Fibra 0,84 %, Humedad 86,52 %, Proteína total (Nx6,25) 4,67 %, Hidrato de carbono 6,31 %, Valor energético 46,44 Kcal/100 g, Ceniza 1,38 %, Materia grasa 0,28 %, Acidez (como ácido cítrico) 2,68 % y pH 5,68 (20°C).

4.1.3 Análisis microbiológico del brócoli crudo

En la tabla 4.3, se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado en el brócoli crudo de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.3***Análisis microbiológico del brócoli crudo***

| Microorganismos | Unidad | Resultados |
|------------------------|---------------|----------------------|
| Salmonella | P/A 25g | Ausencia |
| Escherichia coli | UFC/g | 4,6 x10 ² |
| Coliformes totales | UFC/g | 2,3 x10 ³ |
| Mohos y levaduras | UFC/g | 2,6 x10 ³ |

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.3, se observa los resultados del análisis microbiológico del brócoli crudo presenta: Salmonella Ausencia P/A 25g, Escherichia coli 4,6 x10² UFC/g, Coliformes totales 2,3 x10³ UFC/g, Mohos y levaduras 2,6 x10³ UFC/g.

4.1.4 Análisis de micronutrientes del brócoli crudo

En la tabla 4.4, se presentan los resultados del análisis de micronutrientes realizado en el brócoli crudo, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.4***Análisis de micronutrientes del brócoli crudo***

| Componentes | Unidad | Resultado |
|--------------------|---------------|------------------|
| Potasio | mg/100g | 410,0 |
| Calcio | mg/100g | 94,3 |
| Magnesio | mg/100g | 53,7 |

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.4, se observa los resultados del análisis de micronutrientes del brócoli crudo presenta: Potasio 410 Mg/100g, Calcio 94,3 mg/100g, Magnesio 53,70 mg/100g.

4.1.5 Análisis fisicoquímico del brócoli escaldado

En la tabla 4.5, se presentan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del brócoli hervido, dónde se detallan los parámetros evaluados y los valores correspondientes a cada uno de ellos, datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.5

Análisis fisicoquímico del brócoli escaldado

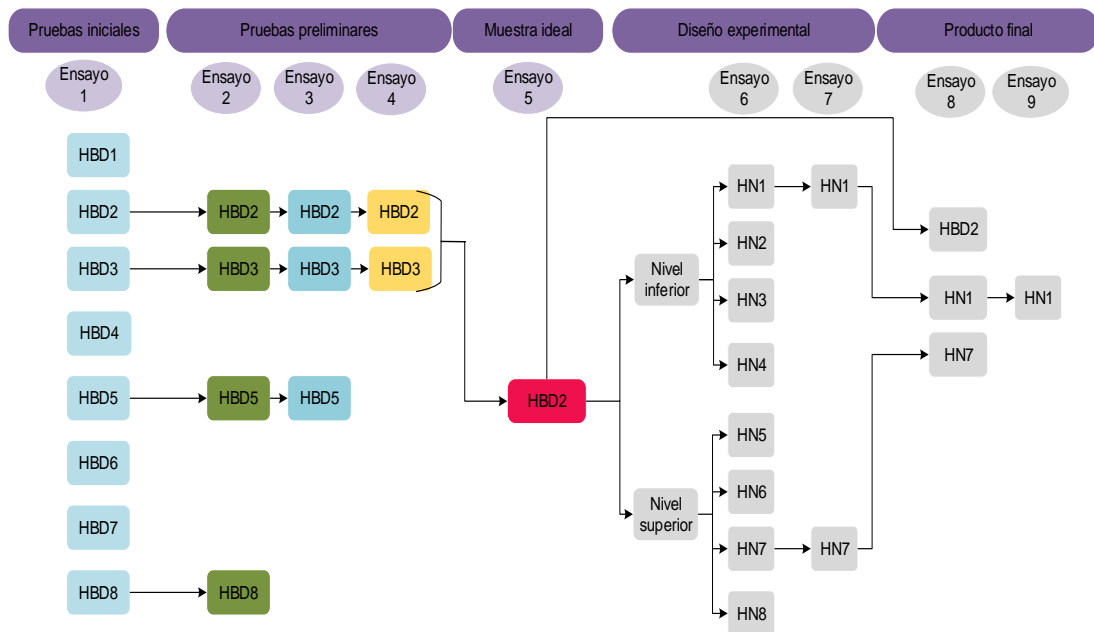
| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-------------------------|------------|-----------|
| Fibra | % | 0,35 |
| Humedad | % | 88,48 |
| Proteína total (Nx6,25) | % | 3,20 |
| Hidrato de carbono | % | 7,36 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 42,24 |
| Ceniza | % | 0,61 |
| Materia grasa | % | n.d |

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.5, se observa los resultados del análisis fisicoquímico del brócoli hervido presenta: Fibra 0,35 %, Humedad 88,48 %, Proteína total 3,20 %, Hidrato de carbono 7,36 %, Valor energético 42,24 Kcal/100 g, Ceniza 0,61 %, Materia grasa (no detectado).

4.2 Desarrollo de las pruebas experimentales para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

Inicialmente el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, se realizaron ocho muestras utilizando un método a fin de adquirir una técnica necesaria para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos. Así mismo. En base a las ocho muestras, se tomaron en cuenta el ensayo 2 recodificadas las pruebas preliminares (HBD2, HBD3, HBD5, HBD8), variando la dosificación de insumos en cada muestra. Posteriormente, se tomó en cuenta (HBD2, HBD3, HBD5) para el ensayo 3 realizando una variación en la formulación, variando la dosificación en el ensayo 4, se tomó en cuenta (HBD2, HBD3); con el fin de seleccionar la muestra ideal la muestra HBD2. En la figura 4.1, según se muestra una progresión de los datos obtenidos a nivel de laboratorio para la obtención de helado tipo paleta para diabéticos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1 Desarrollo de las pruebas experimentales para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

4.3 Caracterización de las variables del proceso de helado tipo paleta para diabéticos

Para la caracterización de las variables del proceso de paletas de helado de brócoli, se tomarán en cuenta las siguientes pruebas preliminares con el fin de obtener la metodología que permita su elaboración.

4.3.1 Elaboración de las pruebas iniciales de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 1

En la tabla 4.6, se presenta la variación en la dosificación de helado tipo paleta para diabéticos en las pruebas iniciales.

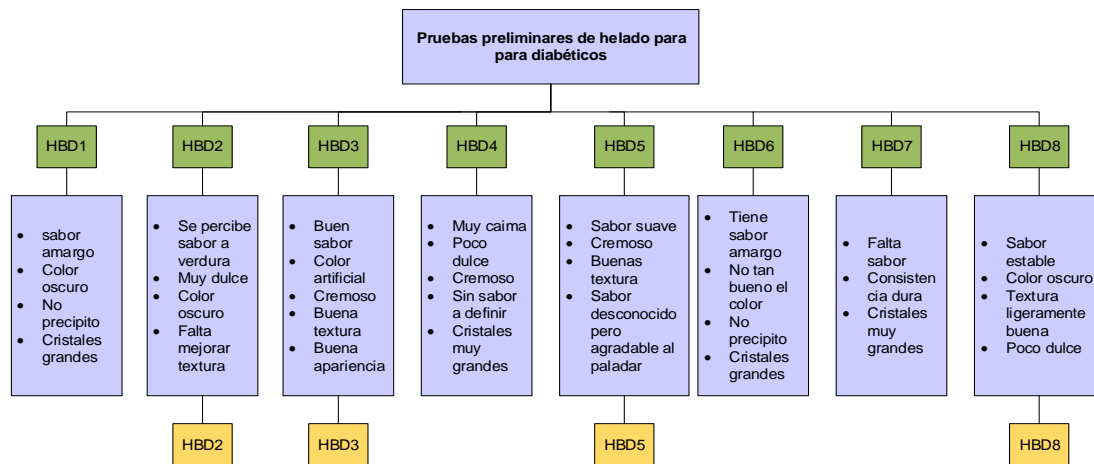
Tabla 4.6

Variación de dosificación en la elaboración de helado para diabéticos

| Materia prima/insumos | Rango | Unidad |
|-----------------------|---------------|--------|
| Leche descremada | 50,00 - 60,00 | % |
| Brócoli | 15,00 - 20,00 | % |
| Crema vegetal | 0,50 - 10,00 | % |
| Stevia | 0,05 - 1,50 | % |
| Estabilizante | 0,05 - 0,10 | % |
| Saborizante de fruta | 0,05 - 0,20 | % |

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de helado para diabéticos fueron sometidas a una evaluación sensorial, calificadas de manera subjetiva por el personal del Laboratorio del Taller de Alimentos y la valoración de las distintas muestras, se detallan en la figura 4.2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Pruebas subjetivas de helado tipo paleta para diabéticos

Según la figura 4.2, se puede observar las muestras HBD2, HBD3, HBD5 y HBD8 son las de mayor preferencia por tener un sabor más definido, en comparación de las muestras HBD1, HBD4, HBD6 y HBD7, que presentan un sabor amargo, forma de cristales muy grandes en su estructura.

4.3.2 Elaboración de las pruebas iniciales de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 2

En las muestras HBD2, HBD3, HBD5 y HBD8, se modifica la dosificación, de acuerdo a las observaciones recibidas por los jueces de percibir el sabor a verdura en el helado, se procedieron con la preparación de las cuatro muestras (ensayo 2), considerando la variación de dosificación de insumos según las observaciones de la evaluación subjetiva anterior del ensayo 1. La figura 4.3, se detalla la dosificación de las muestras que fueron sustituidas a una evaluación sensorial hedónica se mostraba los atributos a calificar del ensayo 2, hubo una variación de los diferentes ingredientes usados en la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos.

| Variación de la dosificación para las pruebas preliminares | | | | | | | |
|--|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| HBD2 (%) | | HBD3 (%) | | HBD5 (%) | | HBD8 (%) | |
| Brócoli | 20,43 | Brócoli | 16,4 | Brócoli | 14,35 | Brócoli | 12,86 |
| Agua | 29,69 | Agua | 28,24 | Agua | 54,91 | Agua | 45,30 |
| Stevia | 0,05 | Stevia | 0,07 | Stevia | 0,05 | Stevia | 0,03 |
| Estabilizante | 0,68 | Estabilizante | 0,64 | Estabilizante | 0,41 | Estabilizante | 0,51 |
| Saborizante | 0,19 | Saborizante | 0,18 | Saborizante | 0,09 | Saborizante | 3,80 |
| Leche | 48,94 | Leche | 52,19 | Leche | 30,16 | Leche | 37,33 |

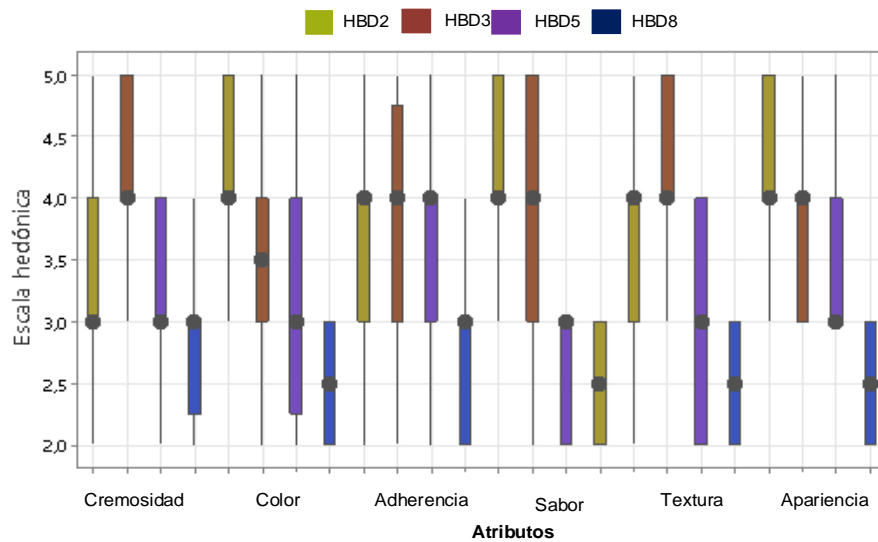
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Variación de las pruebas preliminares ensayo 2

En base a las muestras de la figura 4.3, se procede a realizar la evaluación sensorial con una escala de cinco puntos y donde se valoraron los atributos de cremosidad, color, sabor, textura, adherencia y apariencia.

4.3.2.1 Estadístico caja y bigote de pruebas preliminares de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 2

En la figura 4.4, se muestra el estadístico de caja y bigote en función de los resultados de las medianas para los atributos de las muestras de helado tipo paleta para diabéticos (ensayo 2)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Estadístico caja y bigote en la variación de la prueba preliminar

Como se puede observar en la figura 4.4, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, las muestras más relevantes fueron: HBD2, HBD3 y HBD5 ya que presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras; así mismo, en base a las observaciones en la evaluación sensorial se determina la preferencia de los jueces no entrenados por las muestras, donde dieron una puntuación desde 3 a 4 en la escala hedónica.

4.3.2.2 Estadístico de Tukey para el atributo cremosidad de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 2

En la tabla 4.7, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo cremosidad de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.7

Estadístico Tukey para el atributo cremosidad

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación |
|----------|-------------|---------|------------|
| HBD3 | 24 | 4,333 | A |
| HBD2 | 24 | 3,458 | B |
| HBD5 | 24 | 3,333 | B |
| HBD8 | 24 | 2,792 | C |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.7, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD3, HBD8, HBD2 y HBD5. Las medianas que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2.3 Estadístico de Tukey para el atributo color de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 2

En la tabla 4.8, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo color de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.8

Estadístico Tukey para el atributo color

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | | |
|----------|-------------|---------|------------|---|---|
| HBD2 | 24 | 4,125 | A | | |
| HBD3 | 24 | 3,583 | A | B | |
| HBD5 | 24 | 3,292 | | B | |
| HBD8 | 24 | 2,500 | | | C |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD2-HBD8, HBD2, HBD5. Las medianas que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2.4 Estadístico de Tukey para el atributo adherencia de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 2

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.9

Estadístico Tukey para el atributo adherencia

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HBD3 | 24 | 3,833 | A | |
| HBD2 | 24 | 3,625 | A | |
| HBD5 | 24 | 3,542 | A | |
| HBD8 | 24 | 2,833 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.9, se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos HBD3 - HBD8, HBD2 - HBD5. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2.5 Estadístico de Tukey para el atributo sabor de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 2

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.10

Estadístico Tukey para el atributo sabor

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HBD2 | 24 | 4,292 | A | |
| HBD3 | 24 | 3,917 | A | |
| HBD5 | 24 | 2,625 | | B |
| HBD8 | 24 | 2,500 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.10, se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos HBD2 - HBD8, HBD3 - HBD5. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2.6 Estadístico de Tukey para el atributo textura de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 2

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo textura de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.11

Estadístico Tukey para el atributo textura

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HBD3 | 24 | 4,250 | A | |
| HBD2 | 24 | 3,667 | | B |
| HBD5 | 24 | 2,833 | | C |
| HBD8 | 24 | 2,500 | | C |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.11, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD3 - HBD8, HBD2, HBD5. Las medianas que no comparten una letra, son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.2.7 Estadístico de Tukey para el atributo apariencia de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 2

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

Tabla 4.12

Estadístico Tukey para el atributo apariencia

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | | |
|----------|-------------|---------|------------|---|---|
| HBD2 | 24 | 4,250 | A | | |
| HBD3 | 24 | 3,750 | A | B | |
| HBD5 | 24 | 3,417 | | B | |
| HBD8 | 24 | 2,500 | | | C |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos HBD2 - HBD8, HBD2 - HBD5. Sin embargo, para los tratamientos, no existe diferencia significativamente, para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

4.3.3 Elaboración de las pruebas iniciales de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 3

En base a los resultados de las evaluaciones sensoriales del diseño, se realizó evaluación sensorial de las muestras preliminares del helado variando los porcentajes del ensayo 3, HBD2, HBD3 y HB5. La figura 4.5, se detalla la dosificación de cada muestra.

| Variación de la dosificación para las pruebas preliminares | | | | | |
|--|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| HBD2 (%) | | HBD3 (%) | | HBD5 (%) | |
| Brócoli | 18,81 | Brócoli | 19,71 | Brócoli | 32,36 |
| Agua | 25,85 | Agua | 23,96 | Agua | 21,68 |
| Stevia | 0,07 | Stevia | 0,08 | Stevia | 0,08 |
| Estabilizante | 0,73 | Estabilizante | 0,68 | Estabilizante | 0,62 |
| Saborizante | 0,25 | Saborizante | 0,19 | Saborizante | 0,14 |
| Leche | 53,26 | Leche | 55,35 | Leche | 44,66 |
| Crema vegetal | 0,91 | | | Crema vegetal | 0,44 |

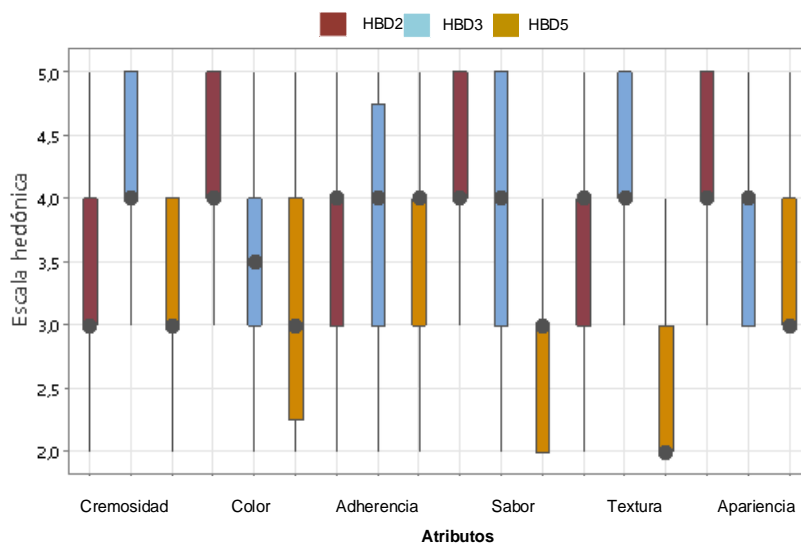
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Variación de las pruebas preliminares ensayo 3

En base a las muestras de la figura 4.5, se procede a realizar la evaluación sensorial con una escala de cinco puntos, donde se valoraron los atributos: cremosidad, color, sabor, textura, adherencia y apariencia.

4.3.3.1 Estadístico caja y bigote de pruebas preliminares de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 3

En la figura 4.6, se muestra el estadístico de caja y bigote en función de las muestras HBD2, HBD3 Y HBD5 y de sus atributos para el ensayo 3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos para las muestras del ensayo 3

Según la figura 4.6, se puede observar los resultados de caja y bigote en función de las medianas, según los atributos de las muestras; cremosidad (3,0) HBD2, HBD5 y (4,0) HBD3, color (4,0) HBD2 y (3,5) HBD3 Y (3,0) HBD5, adherencia (4,0) HBD2, HBD3, HBD5, sabor (4,0) HBD2, HBD3 y (3,0) HBD5, textura (4,0) HBD2, HBD3 y 2,0 HBD5, apariencia (4,0) HBD2, HBD3 y (3,0) HBD5. Así mismo, realizando el análisis de varianza, se pudo observar que existe diferencia significativa entre los atributos cremosidad, sabor, textura y apariencia. Sin embargo, en el atributo adherencia no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3.2 Estadístico de Tukey para el atributo cremosidad de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 3

En la tabla 4.13, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo cremosidad de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.13

Estadístico Tukey para el atributo cremosidad

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HBD2 | 24 | 4,333 | A | |
| HBD3 | 24 | 3,458 | | B |
| HBD5 | 24 | 3,333 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.13, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD2 - HBD3, HBD2 - HBD5. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3.3 Estadístico de Tukey para el atributo sabor de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 3

En la tabla 4.14, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo sabor de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico Tukey para el atributo sabor

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HBD2 | 24 | 4,292 | A | |
| HBD3 | 24 | 3,917 | A | |
| HBD5 | 24 | 2,958 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.14, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD5 - HBD2, HBD5 - HBD3. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3.4 Estadístico de Tukey para el atributo textura de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 3

En la tabla 4.15, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo textura de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.15

Estadístico Tukey para el atributo textura

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | | |
|----------|-------------|---------|------------|---|---|
| HBD2 | 24 | 4,250 | A | | |
| HBD3 | 24 | 3,667 | | B | |
| HBD5 | 24 | 2,625 | | | C |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.15, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD2, HBD3, HBD5. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.3.5 Estadístico de Tukey para el atributo apariencia de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 3

En la tabla 4.16, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo textura de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.16

Estadístico Tukey para el atributo apariencia

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | | |
|----------|-------------|---------|------------|--|---|
| HBD2 | 24 | 4,250 | A | | |
| HBD3 | 24 | 3,750 | | | B |
| HBD5 | 24 | 3,417 | | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.16, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD2 - HBD5, HBD2 - HBD3. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4 Elaboración de las pruebas iniciales de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 4

En la muestra HBD2, HBD3, se modifica la dosificación, de acuerdo a las críticas recibidas por los jueces. La figura 4.7, se muestra los rangos de dosificación de las dos muestras elaboradas de helado tipo paleta para diabéticos.

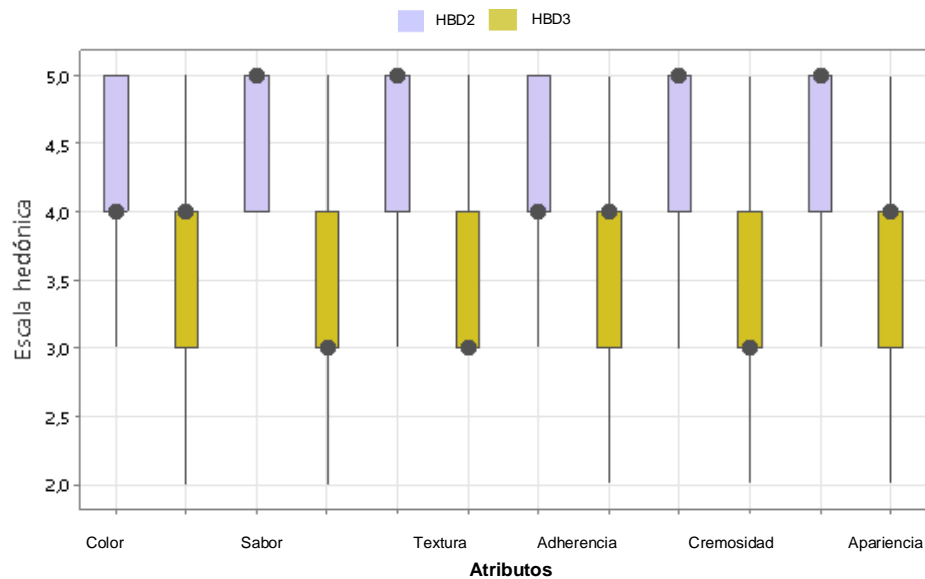
| Variación de la dosificación para las pruebas preliminares | | | |
|--|-------|---------------|-------|
| HBD2 (%) | | HBD3 (%) | |
| Brócoli | 25,21 | Brócoli | 16,85 |
| Agua | 35,01 | Agua | 24,69 |
| Stevia | 0,07 | Stevia | 0,06 |
| Estabilizante | 1,0 | Estabilizante | 0,71 |
| Saborizante | 0,38 | Saborizante | 0,30 |
| Leche | 72,14 | Leche | 57,11 |
| Crema vegetal | 1,35 | Crema vegetal | 0,25 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Variación de las pruebas preliminares ensayo 3

4.3.4.1 Estadístico caja y bigote de pruebas preliminares de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 4

En la figura 4.8, se muestra el estadístico de caja y bigote en función de las muestras HBD2, HBD3, para los atributos: cremosidad, color, sabor, textura, adherencia y apariencia para las pruebas de helado tipo paleta para diabéticos para el ensayo 4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Caja y bigote de pruebas preliminares para el ensayo 4

Como se observa en la figura 4.8, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, son: color (4,0) HBD2, sabor (5,0), textura (5,0), adherencia (4,0), cremosidad (5,0), apariencia (5,0). Demostrando una mayor aceptación por la muestra HBD2 en todos los atributos. Así también, realizando el análisis estadístico de varianza se pudo evidenciar que si existe diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3.4.2 Estadístico de Tukey para el atributo textura de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 4

En la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo textura de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.17

Estadístico Tukey para el atributo textura

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación |
|----------|-------------|---------|------------|
| HBD2 | 31 | 4,387 | A |
| HBD3 | 31 | 3,774 | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.17, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HBD2 - HBD3 en cuanto al atributo textura. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.4 Diseño factorial 2³ en la etapa de dosificación para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

Para la aplicación del diseño experimental en el proceso de dosificación de helado tipo paleta para diabéticos, se realizó en base a la muestra ideal, considerando las variables: Brócoli (A), Saborizante (B) y Crema vegetal (C). Tomándose en cuenta el porcentaje de pH, Acidez y Azúcares reductores; como las variables respuesta en el proceso de dosificación.

4.4.1 Variable respuesta de pH en la etapa de dosificación de helado tipo paleta para diabéticos

La tabla 4.18, muestra los resultados obtenidos del análisis del diseño 2³ aplicando el programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10, en el proceso de dosificación, como la variable respuesta pH de datos extraídos del Anexo. Para la determinación de pH los resultados son expresados en porcentajes por el método de potenciómetro, datos extraídos del Anexo.

Tabla 4.18

Análisis de Varianza de la variable respuesta pH en el proceso de dosificación

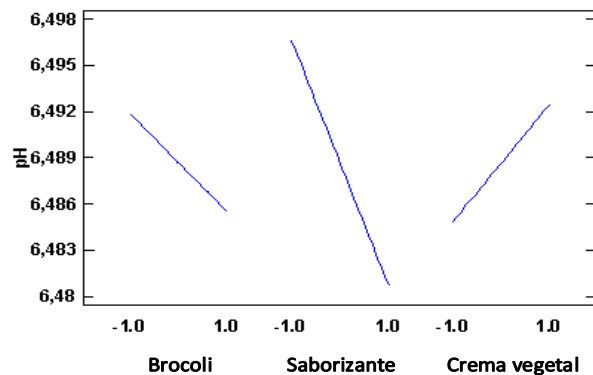
| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Fcal | Ftab | Valor-P |
|------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|-------------|-------------|----------------|
| A:Brocoli | 0,0001625 | 1 | 0,00016256 | 0,94 | 5,318 | 0,3600 |
| B:Saborizante | 0,0010080 | 1 | 0,00100806 | 5,85 | 5,318 | 0,0420 |
| C:Crema vegetal | 0,0002325 | 1 | 0,00023256 | 1,35 | 5,318 | 0,2790 |
| AB | 0,0001155 | 1 | 0,00011556 | 0,67 | 5,318 | 0,4367 |
| AC | 0,0019140 | 1 | 0,00191406 | 11,10 | 5,318 | 0,0104 |
| BC | 0,0007425 | 1 | 0,00074256 | 4,31 | 5,318 | 0,0717 |
| ABC | 0,0023765 | 1 | 0,00237656 | 13,70 | 5,318 | 0,0059 |
| Error total | 0,0013795 | 8 | 0,00017243 | | | |
| Total | 0,0079314 | 15 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, según el análisis de varianza se observa que para los factores (B, AC, ABC), existe diferencia ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis

planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativas en el proceso de dosificación para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos; a diferencia de los factores (A, C) e interacciones (AB, BC), en donde no existen diferencia significativa debido que $F_{cal} < F_{tab}$, para un nivel de significancia 5,0 %.

En la figura 4.9, se puede observar los efectos principales para los factores: A (Brócoli), B (Saborizante) y C (Crema vegetal), con relación a la variable respuesta pH en el proceso de dosificación.

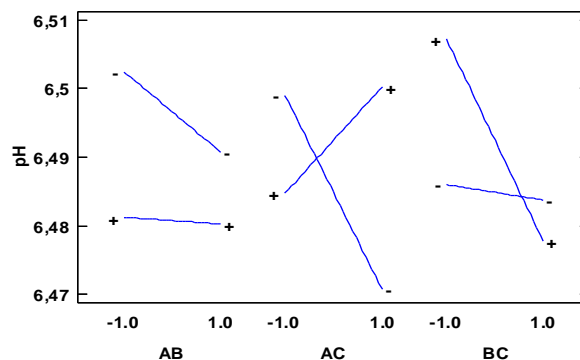


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Efectos principales para pH

Según la figura 4.9, se observa que los factores: brócoli (A) y crema vegetal (C), influyen significativamente en el pH en un nivel alto y bajo; en comparación del factor saborizante (B) que influye, pero no significativamente sobre la variable respuesta.

En la figura 4.10, se observa las interacciones de los factores con relación a la variable respuesta pH en el proceso de dosificación.

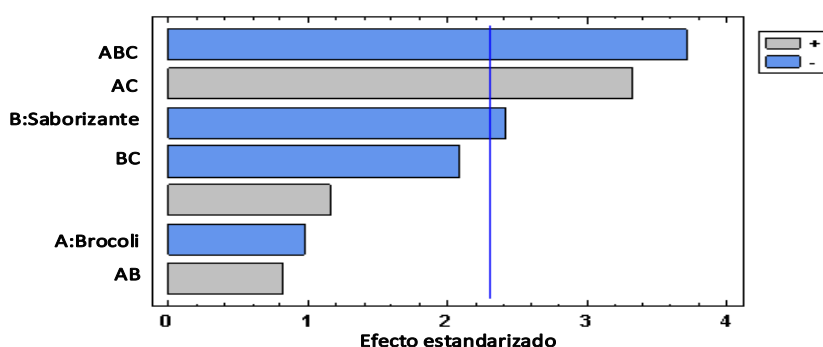


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Interacción de factores para pH

Según la figura 4.10, se puede observar que en el AB no hay interacción entre los factores. En el factor AC y BC, si se observa interacción de manera que influye significativamente en el pH.

La figura 4.11, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para pH del diseño factorial, en donde la línea vertical representa la referencia del valor crítico (2,306) en un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y ocho grados de libertad. Por lo tanto, las barras que sobrepasan la línea de referencia corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Diagrama de Pareto estandarizado para el pH

En la figura 4,11, se observa que los factores: B(saborizante) e interacciones ABC Y AC, sobrepasan la línea vertical de referencia, por lo tanto, son estadísticamente significativas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; en comparación con los factores A (Brócoli) y C (Crema vegetal) e interacciones BC y AB que no son estadísticamente significativos.

4.4.2 Variable respuesta de acidez en la etapa de dosificación de helado tipo paleta para diabéticos

La tabla 4.19, se muestra los resultados obtenidos del análisis del diseño 2^3 aplicando el programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10, en el proceso de dosificación, como la variable respuesta acidez de datos extraídos del Anexo D. Para la determinación de acidez titulable de los resultados son expresados en porcentaje por el método de titulación directa por viraje de color y se expresa en el Anexo D.

Tabla 4.19

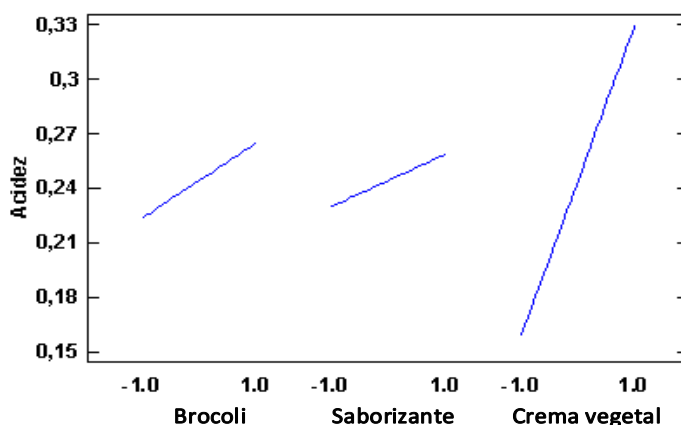
Análisis de Varianza de la variable respuesta acidez

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Fcal | Ftab | Valor-P |
|-----------------|-------------------|----|----------------|---------|-------|---------|
| A:Brocoli | 0,00680 | 1 | 0,006806 | 83,77 | 5,318 | 0,0000 |
| B:Saborizante | 0,00330 | 1 | 0,003306 | 40,69 | 5,318 | 0,0002 |
| C:Crema vegetal | 0,11730 | 1 | 0,117306 | 1443,77 | 5,318 | 0,0000 |
| AB | 0,09455 | 1 | 0,094556 | 1163,77 | 5,318 | 0,0000 |
| AC | 0,02480 | 1 | 0,024806 | 305,31 | 5,318 | 0,0000 |
| BC | 0,00030 | 1 | 0,000306 | 3,77 | 5,318 | 0,0881 |
| ABC | 0,05405 | 1 | 0,054056 | 665,31 | 5,318 | 0,0000 |
| Error total | 0,00065 | 8 | 0,000081 | | | |
| Total | 0,30179 | 15 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19 , según el análisis de varianza se observa que para los factores(A, B y C) e interacciones (AB, AC y ABC) existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativos en el proceso de dosificación para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos; a diferencia significativa debido ya que la interacción BC existe $F_{cal} < F_{tab}$, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.12, se puede observar los efectos principales para los factores: A (Brócoli),B (Saborizante) y C (Crema vegetal), con relación a la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación.

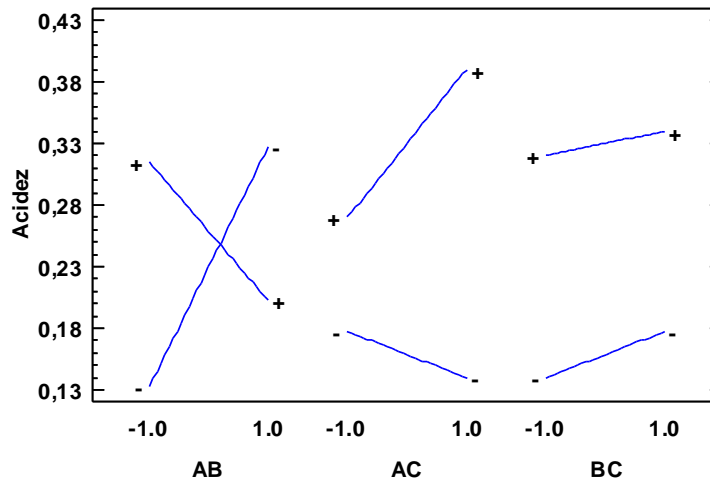


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Efectos principales para acidez

Según la figura 4.12 , se puede observar que los factores: Brocoli (A) y Saborizante (B), influyen significativamente en la acidez; en comparación del factor crema vegetal (C) que influye, pero no significativamente sobre la variable respuesta.

En la figura 4.13 , se observan las interacciones de los factores con relación a la variable respuesta de la acidez en el proceso de dosificación.

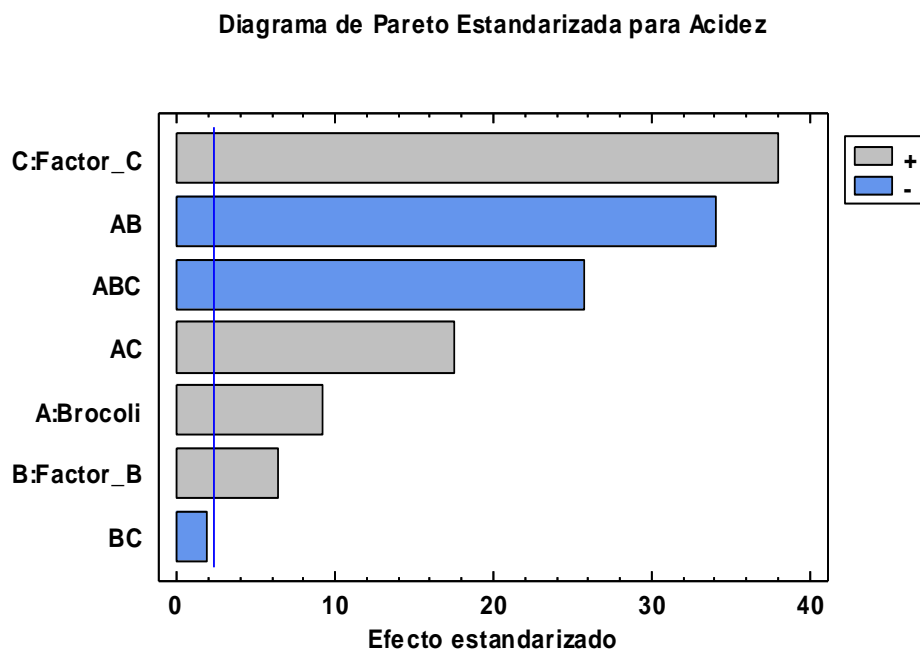


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Interacción de factores para acidez

Según la figura 4.13, se puede observar que en los factores AC Y BC no hay interacción entre los factores. En el factor AB, el porcentaje de saborizante agregado según sus niveles de variación de acuerdo con el diseño puede llegar a ser significativo en el contenido de acidez.

La figura 4.14, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para la variable respuesta acidez del diseño factorial, en donde el lineal vertical representa la referencia del valor crítico (2,306) en un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y ocho grados de libertad. Por lo tanto, las barras que sobrepasan la línea de referencia corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Diagrama de Pareto estandarizado para acidez

En la figura 4.14, se observa que los factores: A (Brócoli), B (Saborizante) y C (Crema vegetal) e interacciones (AB, ABC y AC) sobrepasan la línea vertical de referencia, por lo tanto, son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; en comparación la interacción BC que no es estadísticamente significativo.

4.4.3 Variable respuesta de azúcares reductores en la etapa de dosificación de helado tipo paleta para diabéticos

La tabla 4.20, se muestran los resultados obtenidos del análisis del diseño 2^3 , este análisis se llevó a cabo mediante la aplicación del programa Statgraphics Centurión versión 19 para Windows 10, en el proceso de dosificación, como la variable respuesta azúcares reductores de datos extraídos del Anexo E.3.

Tabla 4.20

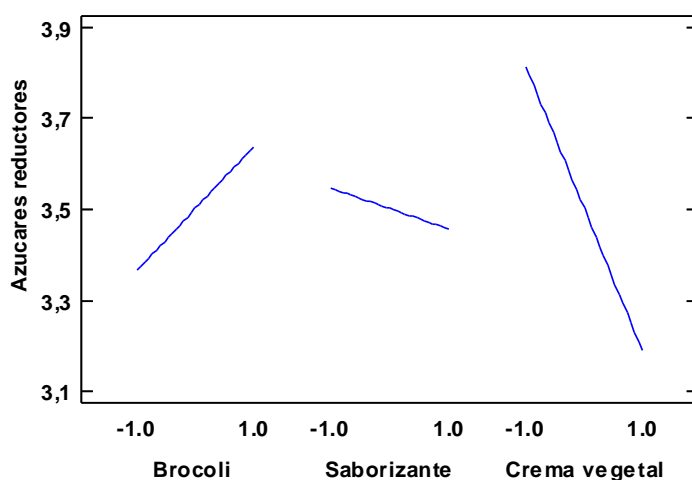
Análisis de Varianza de la variable respuesta para Azúcares reductores

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Fcal | Ftab | Valor-P |
|-----------------|-------------------|----|----------------|----------|-------|---------|
| A:Brocoli | 0,29430 | 1 | 0,29430 | 6727,00 | 5,318 | 0,0000 |
| B:Saborizante | 0,03150 | 1 | 0,03150 | 720,14 | 5,318 | 0,0000 |
| C:Crema vegetal | 1,56876 | 1 | 1,56876 | 35857,29 | 5,318 | 0,0000 |
| AB | 0,62805 | 1 | 0,62805 | 14355,57 | 5,318 | 0,0000 |
| AC | 0,28890 | 1 | 0,28890 | 6603,57 | 5,318 | 0,0000 |
| BC | 0,09765 | 1 | 0,09765 | 2232,14 | 5,318 | 0,0000 |
| ABC | 0,66830 | 1 | 0,66830 | 15275,57 | 5,318 | 0,0000 |
| Error total | 0,00035 | 8 | 0,00004 | | | |
| Total | 3,57784 | 15 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, según el análisis de varianza se observa que para los factores (A, B y C) e interacciones (AB, AC, BC y ABC) existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativos en el proceso de dosificación para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos; para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 4.15, se puede observar los efectos principales para los factores: A (Brócoli), B (Saborizante) y C (Crema vegetal), con relación a la variable respuesta acidez en el proceso de dosificación.

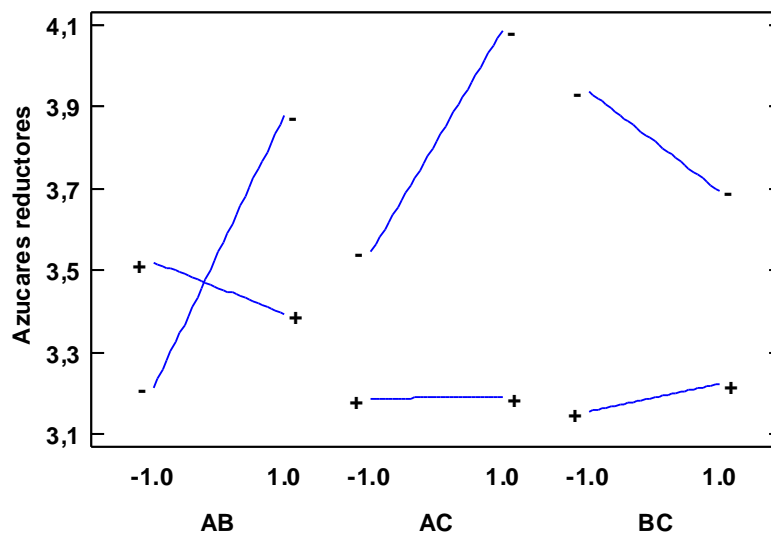


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Efectos principales para azúcares reductores

Según la figura 4.15 , se puede observar que los factores: Brocoli (A) y Saborizante (B), no influyen significativamente sobre la variable respuesta azúcares reductores: mientras que el factor Crema vegetal (C) en sus niveles alto y bajo influyen significativamente sobre la variable respuesta azúcares reductores.

En la figura 4.16 , se observan las interacciones de los factores con relacion a la variable respuesta azúcares reductores en el proceso de dosificación.

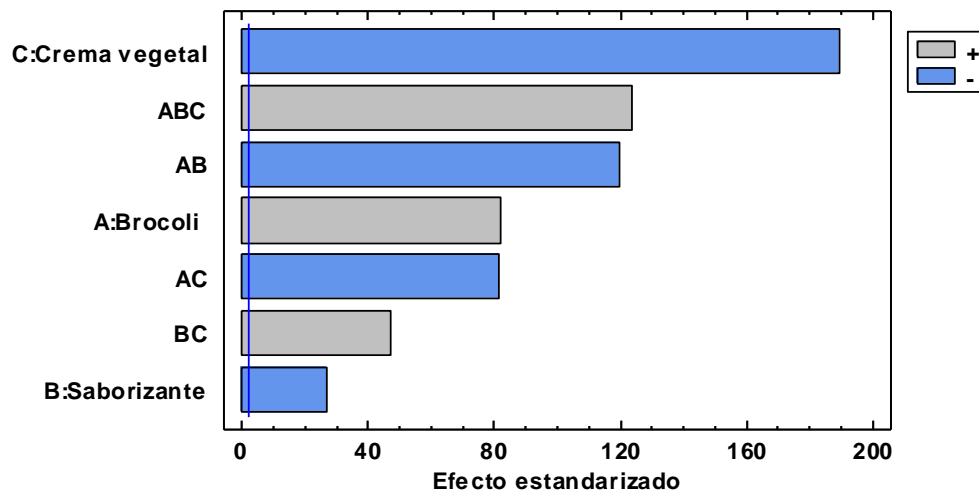


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Interacción de factores para azúcares reductores

Según la figura 4.16, se puede observar que en los factores AC y BC no hay interacción entre los factores. En el factor AB es significativo debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

La figura 4.17, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para la variable respuesta azúcares reductores del diseño factorial, en donde el lineal vertical representa la referencia del valor crítico (2,306) en un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y ocho grados de libertad. Por lo tanto, las barras que sobrepasan la línea de referencia corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Diagrama de Pareto estandarizado para azúcares reductores

En la figura 4.17, se observa que los factores: A (Brócoli), B (Saborizante) y C (Crema vegetal) e interacciones (AB, ABC, AC y BC) sobrepasan la línea vertical de referencia, por lo tanto, son estadísticamente significativos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.5 Elaboración de las pruebas de helado tipo paleta para diabéticos en el nivel inferior del diseño factorial ensayo 6

En base al diseño factorial 2^3 en el proceso de dosificación, se tomó cuatro muestras con el fin de identificar el efecto de dosificación del porcentaje del helado tipo paleta para diabéticos en el nivel inferior, detallé que se observa en la figura 4.18.

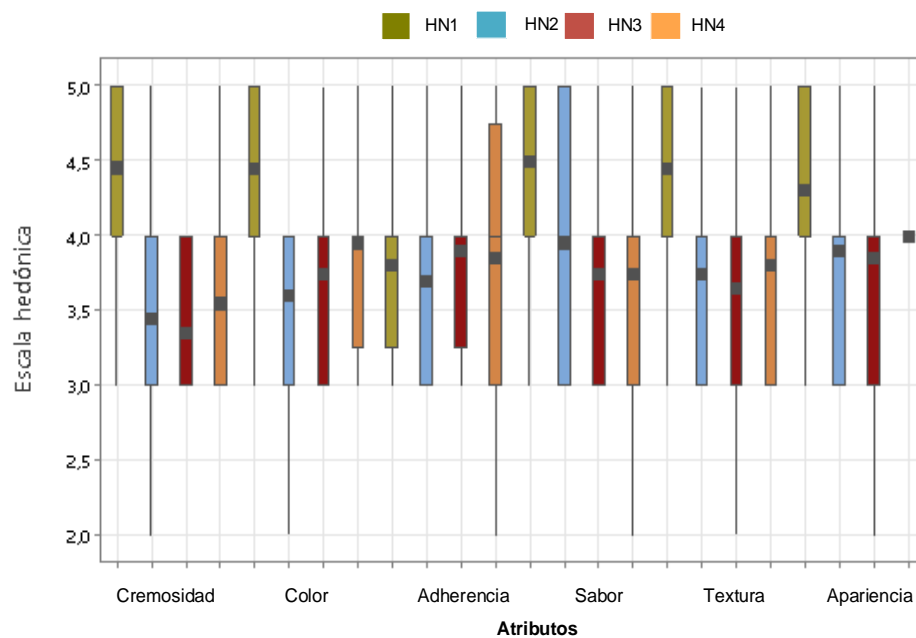
| Variación de la dosificación del diseño factorial limite inferior | | | | | | | |
|---|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| HN1 (%) | | HN2 (%) | | HN3 (%) | | HN4 (%) | |
| Brócoli | 16,69 | Brócoli | 16,67 | Brócoli | 16,67 | Brócoli | 16,65 |
| Agua | 26,03 | Agua | 25,99 | Agua | 25,99 | Agua | 25,96 |
| Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 |
| Estabilizante | 0,75 | Estabilizante | 0,74 | Estabilizante | 0,74 | Estabilizante | 0,74 |
| Saborizante | 0,24 | Saborizante | 0,37 | Saborizante | 0,25 | Saborizante | 0,37 |
| Leche | 55,24 | Leche | 55,17 | Leche | 55,17 | Leche | 55,1 |
| Crema vegetal | 0,93 | Crema vegetal | 0,93 | Crema vegetal | 1,07 | Crema vegetal | 1,06 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Variación de las pruebas preliminares ensayo 6

4.5.1 Estadístico caja y bigote de diseño experimental de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 6

En la figura 19, se puede observar caja y bigote para las cuatro muestras, para los atributos: cremosidad, color, sabor, textura, adherencia y apariencia para las pruebas de helado tipo paleta para diabéticos para el ensayo 6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Estadístico caja y bigote en la variación de diseño experimental para el nivel inferior

Como se puede observar en la figura 4.19, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, la muestra más relevante fue: HN1 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras; lo cual indica que el 50 % de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5. Los jueces tienen una preferencia por la muestra HN1.

4.5.2 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel inferior 1

En la tabla 4.21, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.21***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli nivel inferior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,14 |
| Azúcares reductores | % | 3,16 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.21, se observa que el helado de brócoli nivel superior NI-1 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,14 %, Azúcares reductores 3,16 %.

4.5.3 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel inferior 2

En la tabla 4.22, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.22***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli nivel inferior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,14 |
| Azúcares reductores | % | 3,15 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.22, se observa que el helado de brócoli nivel superior NI-2 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,14 %, Azúcares reductores 3,15 %.

4.5.4 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel inferior 3

En la tabla 4.23, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.23***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli nivel inferior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,14 |
| Azúcares reductores | % | 3,21 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.23, se observa que el helado de brócoli nivel superior NI-3 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,14 %, Azúcares reductores 3,21 %.

4.5.5 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel inferior 4

En la tabla 4.24, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.24

Análisis fisicoquímico del helado de brócoli nivel inferior

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|--------|-----------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,13 |
| Azúcares reductores | % | 3,23 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.24, se observa que el helado de brócoli nivel superior NI-4 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,13 %, Azúcares reductores 3,23 %.

4.6 Elaboración de las pruebas de helado tipo paleta para diabéticos en el nivel superior del diseño factorial ensayo 6

En la muestra HN5, HN6, HN7, HN8, se modifica la dosificación, de acuerdo a las críticas recibidas por los jueces de percibir el sabor a verdura en el helado. La figura 4.20, se detalla la dosificación de cada muestra.

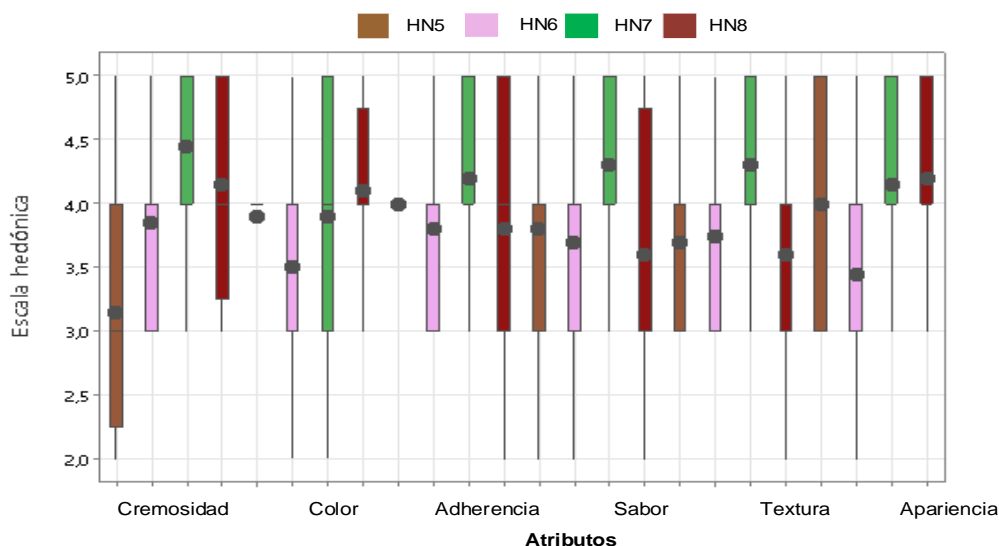
| Variación de la dosificación del diseño factorial limite superior | | | | | | | |
|---|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| HN5 (%) | | HN6 (%) | | HN7 (%) | | HN8 (%) | |
| Brócoli | 18,43 | Brócoli | 17,56 | Brócoli | 18,20 | Brócoli | 18,38 |
| Agua | 25,49 | Agua | 24,29 | Agua | 25,17 | Agua | 25,42 |
| Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 |
| Estabilizante | 0,73 | Estabilizante | 0,69 | Estabilizante | 0,73 | Estabilizante | 0,73 |
| Saborizante | 0,24 | Saborizante | 0,36 | Saborizante | 0,24 | Saborizante | 0,37 |
| Leche | 54,1 | Leche | 56,12 | Leche | 53,42 | Leche | 53,95 |
| Crema vegetal | 0,91 | Crema vegetal | 0,87 | Crema vegetal | 1,03 | Crema vegetal | 1,04 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Variación de las pruebas preliminares ensayo 6

4.6.1 Estadístico caja y bigote de diseño experimental de helado tipo paleta para diabéticos para el ensayo 6

En la figura 4.21, se puede observar caja y bigote para las cuatro muestras, para los atributos: cremosidad, color, sabor, textura, adherencia y apariencia para las pruebas de helado tipo paleta para diabéticos para el ensayo 6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Estadístico caja y bigote en la variación de diseño experimental para el nivel superior

Como se puede observar en la figura 4.21, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, la muestra más relevante fue: HN7 ya presenta una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras; lo cual indica que el 50 % de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5. Los jueces tienen una preferencia por la muestra HN7.

4.6.2 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel superior 1

En la tabla 4.25, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.25***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli nivel superior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,51 |
| Azúcares reductores | % | 3,27 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.25, se observa que el helado de brócoli nivel superior NS-1 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,51 %, Azúcares reductores 3,27 %.

4.6.3 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel superior 2

En la tabla 4.26, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.26***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli nivel superior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,27 |
| Azúcares reductores | % | 4,61 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.26, se observa que el helado de brócoli nivel superior NS-2 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,27 %, Azúcares reductores 4,61 %.

4.6.4 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel superior 3

En la tabla 4.27, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.27***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli en el nivel superior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,20 |
| Azúcares reductores | % | 3,82 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.27, se observa que el helado de brócoli nivel superior NS-3 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,20 %, Azúcares reductores 3,82 %.

4.6.5 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos para el nivel superior 4

En la tabla 4.28, se muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.28***Análisis fisicoquímico del helado de brócoli en el nivel superior***

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ácido láctico) | % | 0,41 |
| Azúcares reductores | % | 3,57 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.28, se observa que el helado de brócoli nivel superior NS-4 presenta: Acidez (como ácido láctico) 0,41 %, Azúcares reductores 3,57 %.

4.7 Elaboración para elegir la muestra final de helados tipo paleta para diabéticos ensayo 8

Se realizó la evaluación sensorial de las muestras HBD2, HN1, HN7, de acuerdo a las críticas recibidas por los jueces. La figura 4.27, se muestra los rangos de dosificación de las tres muestras elaboradas de helado tipo paleta para diabéticos.

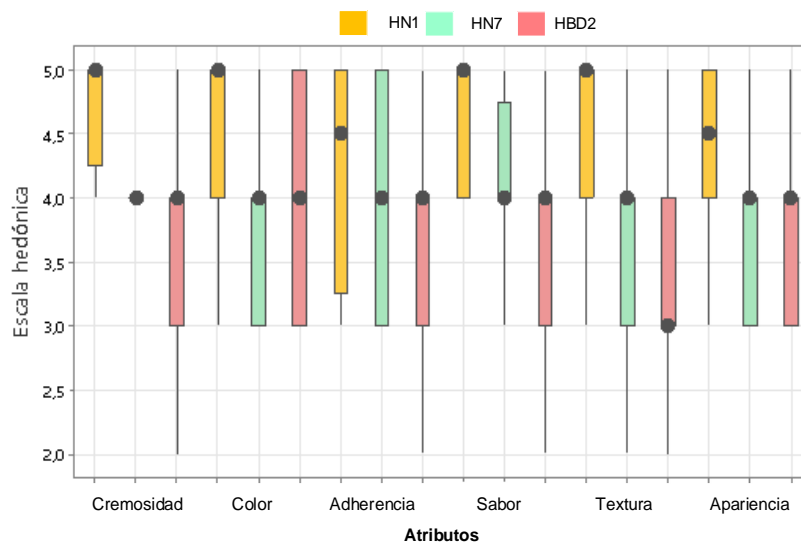
| Variación de la dosificación para las pruebas experimentales del producto final a ser elegido | | | | | |
|---|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| HBD2 (%) | | HN1 (%) | | HN7 (%) | |
| Brócoli | 25,21 | Brócoli | 16,69 | Brócoli | 18,20 |
| Agua | 35,01 | Agua | 26,03 | Agua | 25,17 |
| Stevia | 0,07 | Stevia | 0,06 | Stevia | 0,06 |
| Estabilizante | 1,0 | Estabilizante | 0,75 | Estabilizante | 0,73 |
| Saborizante | 0,38 | Saborizante | 0,24 | Saborizante | 0,24 |
| Leche | 72,14 | Leche | 55,24 | Leche | 53,42 |
| Crema vegetal | 1,35 | Crema vegetal | 0,93 | Crema vegetal | 1,03 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Variación de del producto final del ensayo 8

4.7.1 Estadístico caja y bigote para elegir la muestra final de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 8

En la figura 4.28, se puede observar caja y bigote para las tres muestras, HN1, HN7, HBD2; para los atributos: cremosidad, color, sabor, textura, adherencia y apariencia para las pruebas de helado tipo paleta para diabéticos ensayo 8.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Estadístico caja y bigote en la variación para elegir la muestra final

Como se puede observar en la figura 4.28, el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote en función de las medianas para los atributos de las muestras evaluadas; cremosidad (5) HN1, (4) HN7 y HBD2, color (5) HN1, (4) HN7 y HBD2, adherencia (4,5) HN1, (4) HN7 y HBD2, sabor (5) HN1, (4) HN7 y HBD2, textura (5) HN1, (4) HN7, (3) HBD2, apariencia (4,5) HN1, (4) HN7 y HBD2, evaluación sensorial de las muestras experimentales HN1, HN7 y la muestra elegida anteriormente para realizar el diseño la muestra HBD2.

4.7.2 Estadístico de Tukey para el atributo cremosidad de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 8

En la tabla 4.29, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo cremosidad de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.29

Estadístico Tukey para el atributo cremosidad

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HN1 | 20 | 4,650 | A | |
| HN7 | 20 | 3,950 | | B |
| HBD2 | 20 | 3,600 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.29, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HN1 - HBD2, HN1 - HN7. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.7.3 Estadístico de Tukey para el atributo color del helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 8

En la tabla 4.30, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo color de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.30

Estadístico Tukey para el atributo color

| Muestras | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|----------|-------------|---------|------------|---|
| HN1 | 20 | 4,550 | A | |
| HN7 | 20 | 3,950 | | B |
| HBD2 | 20 | 3,650 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.30, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HN1 - HBD2, HN1 - HN7. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.7.4 Estadístico de Tukey para el atributo sabor del helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 8

En la tabla 4.31, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo sabor de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.31

Estadístico Tukey para el atributo sabor

| Tratamientos | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|--------------|-------------|---------|------------|---|
| HN1 | 20 | 4,600 | A | |
| HN7 | 20 | 3,950 | | B |
| HBD2 | 20 | 3,700 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.31, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HN1 - HBD2, HN1 - HN7. Las medianas que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.7.5 Estadístico de Tukey para el atributo textura del helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 8

En la tabla 4.32, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo textura de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.32

Estadístico Tukey para el atributo textura

| Tratamientos | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|--------------|-------------|---------|------------|---|
| HN1 | 20 | 4,550 | A | |
| HN7 | 20 | 3,750 | | B |
| HBD2 | 20 | 3,450 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.32, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HN1 - HBD2, HN1 - HN7. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.7.6 Estadístico de Tukey para el atributo apariencia de helado tipo paleta para diabéticos del ensayo 8

En la tabla 4.33, se muestra los resultados del análisis estadístico para el atributo apariencia de las muestras de datos extraídos del (Anexo C).

Tabla 4.33

Estadístico Tukey para el atributo apariencia

| Tratamientos | N de Jueces | Mediana | Agrupación | |
|--------------|-------------|---------|------------|---|
| HN1 | 20 | 4,350 | A | |
| HN7 | 20 | 3,750 | | B |
| HBD2 | 20 | 3,700 | | B |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.33, se puede observar que existe diferencia entre las muestras HN1 - HN7, HN1 - HBD2. Sin embargo, para los tratamientos HN7-HBD2, no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.8 Determinación del tiempo de congelación de helado tipo paleta para diabéticos

Para determinar el tiempo de congelamiento de las muestras helados tipo paleta para diabéticos, se utilizó un freezer con una temperatura constante de -49°C y un termómetro digital con sonda, donde se registró la temperatura cada minuto hasta que el helado alcanzó una temperatura de -37°C , detallado en la tabla 4.34, se

muestran los datos obtenidos durante la determinación del tiempo de congelación de los helados tipo paleta.

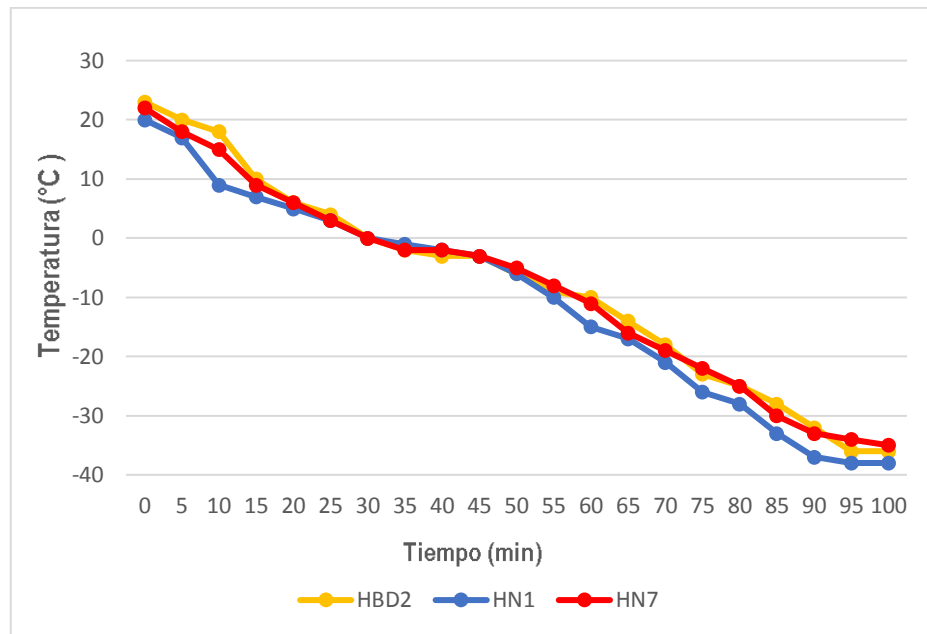
Tabla 4.34

Determinación del tiempo de congelación del helado tipo paleta para diabéticos

| Número de ensayo | Tiempo (min) | Temperatura (°C) HBD2 | Temperatura (°C) HN1 | Temperatura (°C) HN7 |
|------------------|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0 | 23 | 20 | 22 |
| 2 | 5 | 20 | 17 | 18 |
| 3 | 10 | 18 | 9 | 15 |
| 4 | 15 | 10 | 7 | 9 |
| 5 | 20 | 6 | 5 | 6 |
| 6 | 25 | 4 | 3 | 3 |
| 7 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 35 | -2 | -1 | -2 |
| 9 | 40 | -3 | -2 | -2 |
| 10 | 45 | -3 | -3 | -3 |
| 11 | 50 | -6 | -6 | -5 |
| 12 | 55 | -9 | -10 | -8 |
| 13 | 60 | -10 | -15 | -11 |
| 14 | 65 | -14 | -17 | -16 |
| 15 | 70 | -18 | -21 | -19 |
| 16 | 75 | -23 | -26 | -22 |
| 17 | 80 | -25 | -28 | -25 |
| 18 | 85 | -28 | -33 | -30 |
| 19 | 90 | -32 | -37 | -33 |
| 20 | 95 | -36 | -38 | -34 |
| 21 | 100 | -36 | -38 | -35 |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.29, se muestra la curva de congelación de acuerdo a los datos en la tabla 4.34.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Curva de congelación del helado tipo paletas para diabéticos

En la figura 4.33, se puede observar la curva de congelación, para las muestras de helado tipo paleta para diabéticos HBD2, HN1 y HN7, donde las muestras inicialmente tienen una temperatura de 23°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 en el calor latente de la congelación a una velocidad superior a la que este se extrae del helado tipo paleta para diabéticos, el calor latente con la formación de hielo, permaneciendo la temperatura prácticamente constante, a una temperatura de -2°C en un tiempo de 30 minutos. El incremento de la concentración de solutos en 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 -20°C entre 80 – 100 minutos de tiempo.

Se puede observar que la muestra HN1 se congela un poco más rápido que las muestras HBD2 y HN7 en un tiempo 85 y 95 esto se debe a la composición de las muestras, la muestra HN1 contiene menor cantidad de azúcar, seguida de la muestra

HBD2 que congela en un tiempo de 100 minutos y por último la muestra HN7 que contiene un mayor porcentaje de azúcar, que congelo en un tiempo de 100 minutos y el azúcar hace que la temperatura de congelación disminuya y el proceso tarda más tiempo, el azúcar reemplaza algunas moléculas, provocando que los enlaces que no se cristalizan no se unan tan fácilmente .

4.9 Caracterización del helado tipo paleta para diabéticos

Para la caracterización en la muestra HN1 como producto final, se tomó en cuenta los parámetros, fisicoquímicos, microbiológicos y nutricionales del helado tipo paleta para diabéticos, se detalla a continuación:

4.9.1 Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos

En la tabla 4.35, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.35

Análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|--------------------------|---------------|------------------|
| Acidez (como ac.láctico) | G | 0,19 |
| Ceniza | % | 0,79 |
| Fibra | % | n.d |
| Grasa | % | 0,36 |
| Hidratos de carbono | % | 8,26 |
| Humedad | % | 86,86 |
| pH (20°C) | - | 6,70 |
| Proteína total | % | 3,73 |
| Valor energético | Kcal/100 g | 51,20 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.35, se observa los resultados del análisis fisicoquímico del helado tipo paleta para diabéticos presenta: Acidez (como ácido cítrico) 0,19 g, Ceniza 0,79%, Fibra n.d (no detectado), Grasa 0,36 %, Hidrato de carbono 8,26 %, Humedad 86,86%, pH (20°C) 6,70, Proteína total 3,73 %, Valor energético 51,20 Kcal/100 g,

4.9.2 Análisis microbiológico para el helado tipo paleta para diabéticos

En la tabla 4.36, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico del helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.36

Análisis microbiológico del helado tipo paleta para diabéticos

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|--------------------|---------|---------------------------|
| Coliformes totales | UFC/g | 1,3 x10 ² |
| Escherichia coli | UFC/g | <1,0 x10 ¹ (*) |
| Mohos y levaduras | UFC/g | 9,0 x10 ¹ |
| Salmonella | P/A 25g | Ausencia |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.36, se observa los resultados del análisis microbiológico del brócoli crudo presenta: Coliformes totales 1,3 x10² UFC/g, Escherichia coli <1,0 x10¹ (*) UFC/g, Mohos y levaduras 9,0 x10¹ UFC/g (*), Salmonella Ausencia P/A 25g. Dónde: no se observa desarrollo de colonias.

4.9.3 Análisis de micronutrientes para el helado tipo paleta para diabéticos

En la tabla 4.37, se muestran los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes del helado tipo paleta para diabéticos de datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.37

Análisis de micronutrientes del helado tipo paleta para diabéticos

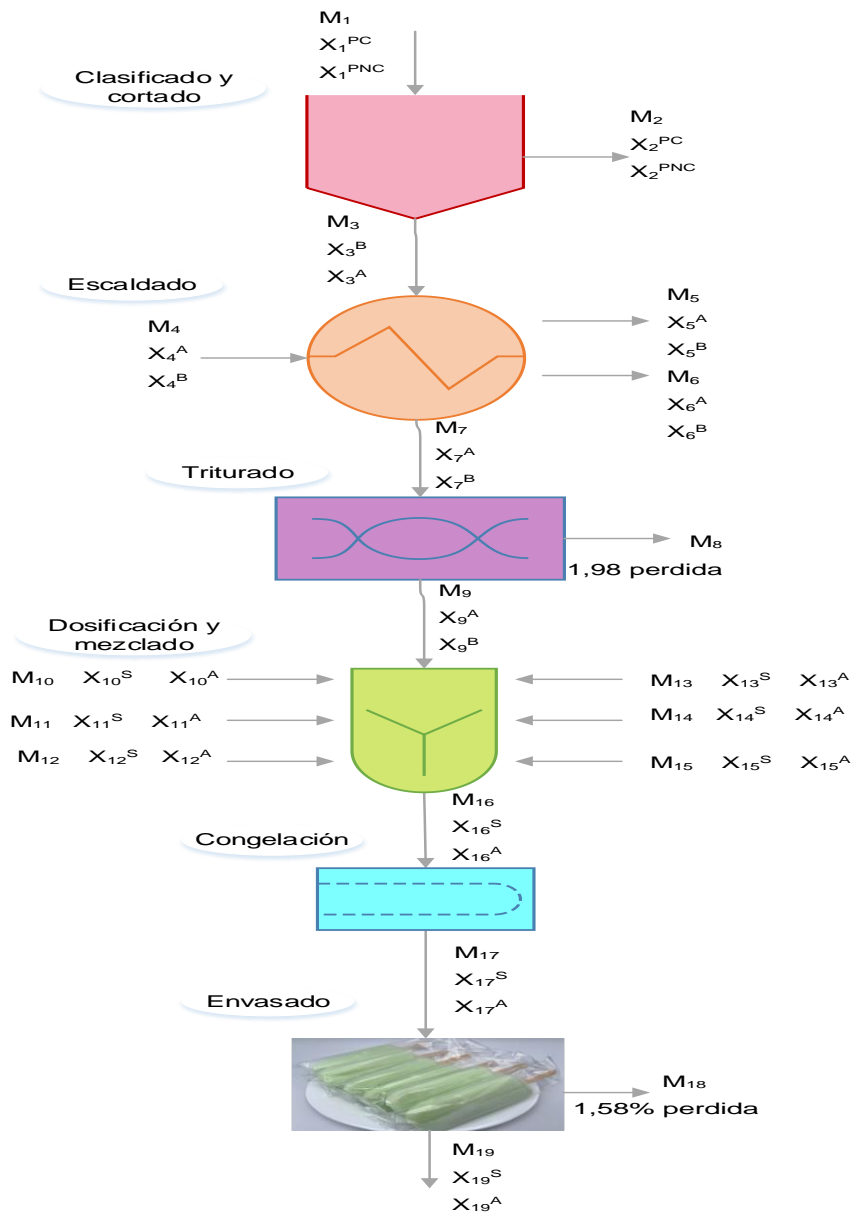
| Parámetros | Unidad | Resultado |
|------------|---------|-----------|
| Calcio | mg/100g | 129 |
| Potasio | mg/100g | 188 |

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.37, se observa los resultados del análisis de micronutrientes del brócoli crudo presenta: Calcio 129 mg/100g, Potasio 188 mg/100g.

4.10 Balance de materia en el proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

El balance de materia del proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, se llevó a cabo el diagrama de flujo de la figura 4.30.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Balance general de materia para el proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

Donde:

M_1 = Brócoli (g)

X^{PC} = Fracción de porción comestible (g)

X^{PNC} = Fracción de porción no comestible (g)

X^A = Fracción de agua (g)

X^B ó X^S = Fracción de solidos solubles (g)

X_E^R = Rendimiento de pérdida en etapa de triturado

M_2 = Despojo del brócoli (g)

M_3 = Flor del brócoli (g)

M_4 = Agua potable (g)

M_5 = Agua residual (g)

M_6 = Agua evaporada (g)

M_7 = Brócoli escaldado (g)

M_8 = Pérdidas en etapa de triturado (g)

M_9 = Brócoli triturado (g)

M_{10} = Stevia (g)

M_{11} = Crema vegetal (g)

M_{12} = Estabilizante (g)

M_{13} = Saborizante (g)

M_{14} = Leche en polvo (g)

M_{15} = Leche líquida light (g)

M_{16} = Mezcla del helado tipo paleta para diabéticos (g)

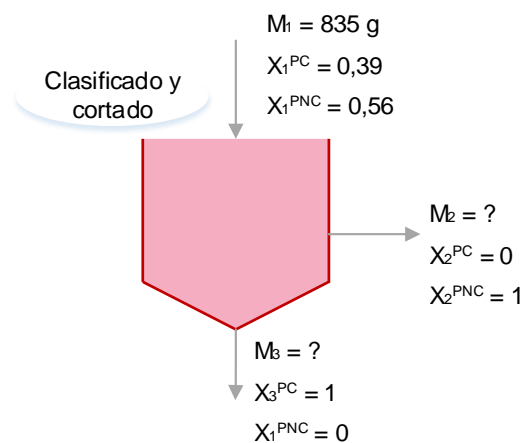
M_{17} = Mezcla del helado enfriado (g)

M_{18} = Perdidas en etapa de envasado (g)

M_{19} = Paletas de helado (g)

4.10.1 Balance de materia en la etapa de clasificado del brócoli

En la figura 4.31, se muestra la etapa de clasificado del brócoli, con una cantidad inicial de 565 g, el valor de las fracciones de la flor de brócoli utilizado y tallo de brócoli no utilizado, se emplearon datos de la tabla 4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31: Etapa de clasificado y cortado del brócoli

Balance de materia global en la etapa de clasificado y cortado del brócoli

$$M_1 = M_2 + M_3$$

Ecuación 4.1

Balance parcial para fracción del brócoli utilizado en el proceso, en la etapa de clasificado y cortado del brócoli (flor)

$$M_1 * X_1^{PC} = M_2 * X_2^{PC} + M_3 * X_3^{PC}$$

$$M_1 * X_1^{PC} = M_2 * (0) + M_3 * X_3^{PC}$$

$$M_1 * X_1^{PC} = M_3 * X_3^{PC}$$

Ecuación 4.2

Despejando M_3 de la ecuación 4.2:

$$M_3 = \frac{M_1 * X_1^{PC}}{X_3^{PC}}$$

$$M_3 = \frac{835 \text{ g} * 0,39}{1}$$

$$M_3 = 325,65 \text{ g de la flor de brócoli}$$

Despejando M_2 de la ecuación 4.1:

$$M_1 = M_2 + M_3$$

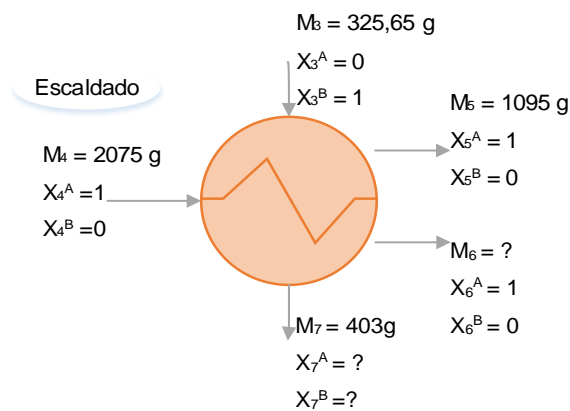
$$M_2 = M_1 - M_3$$

$$M_2 = 835 \text{ g} - 325,65 \text{ g}$$

$$M_2 = 509,35 \text{ g de despojo de brócoli}$$

4.10.2 Balance de materia global en la etapa de escaldado del brócoli

En la figura 4.32, se muestra la etapa de escaldado del brócoli a partir de la flor (M_3), los valores de las fracciones.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Etapa de escaldado de brócoli (flor)

Balance global en la etapa de escaldado de la flor del brócoli

$$M_3 + M_4 = M_5 + M_6 + M_7$$

Ecuación 4.3

Balance parcial de materia para la fracción de la flor del brócoli en el proceso,

en la etapa de brócoli escaldado

$$M_3 * X_3^B + M_4 * X_4^B = M_5 * X_5^B + M_6 * X_6^B + M_7 * X_7^B$$

$$M_3 * X_3^B + M_4 * (0) = M_5 * (0) + M_6 * (0) + M_7 * X_7^B$$

$$X_7^B = \frac{M_3 * X_3^B}{M_7}$$

$$X_7^B = \frac{325,65 \text{ g} \times 1}{403 \text{ g}}$$

$$X_7^B = 0,81 \text{ Fracción de brócoli que salió del escaldado}$$

Balance parcial de materia para la fracción de agua en el proceso de brócoli escaldado

$$M_3 * X_3^A + M_4 * X_4^A = M_5 * X_5^A + M_6 * X_6^A + M_7 * X_7^A$$

$$M_3 * (0) + M_4 * X_4^A = M_5 * X_5^A + M_6 * X_6^A + M_7 * X_7^A$$

$$X_7^A = \frac{M_4 * X_4^A - M_5 * X_5^A - M_6 * X_6^A}{M_7}$$

$$X_7^A = \frac{2075 \text{ g} \times 1 - 1095 \text{ g} \times 1 - 902,65 \text{ g} \times 1}{403 \text{ g}}$$

$$X_7^A = 0,192 \text{ Fracción de agua en el escaldado}$$

Despejando M6 de la ecuación 4.3:

$$M_3 + M_4 = M_5 + M_6 + M_7$$

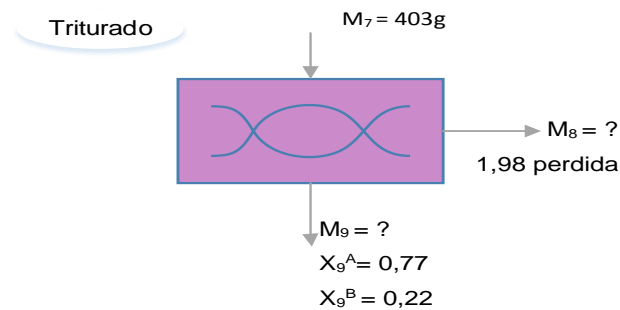
$$M_6 = M_3 + M_4 - M_5 - M_7$$

$$M_6 = 325,65 \text{ g} + 2075 \text{ g} - 1095 \text{ g} - 403 \text{ g}$$

$$M_6 = 902,65 \text{ g Agua evaporada}$$

4.10.3 Balance de materia global en la etapa de triturado del brócoli

En la figura 4.33, se muestra la etapa de triturado de la flor de brócoli del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Etapa de triturado de brócoli

Balance global en la etapa de triturado de la flor del brócoli

$$M_7 = M_8 + M_9 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Para cálculo de M_8 , se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de triturado de brócoli (flor):

$$M_8 = M_7 * X_E^R \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Sustituyendo datos en ecuación 4.5:

$$M_8 = M_7 * X_E^R$$

$$M_8 = 403g * 0,0198$$

$$M_8 = 7,979g \text{ de pérdida}$$

Para cálculo de M_9 , se tomó en cuenta los porcentajes en la etapa de triturado del brócoli (flor), sustituyendo datos en ecuación 4.5:

$$M_7 = M_8 + M_9$$

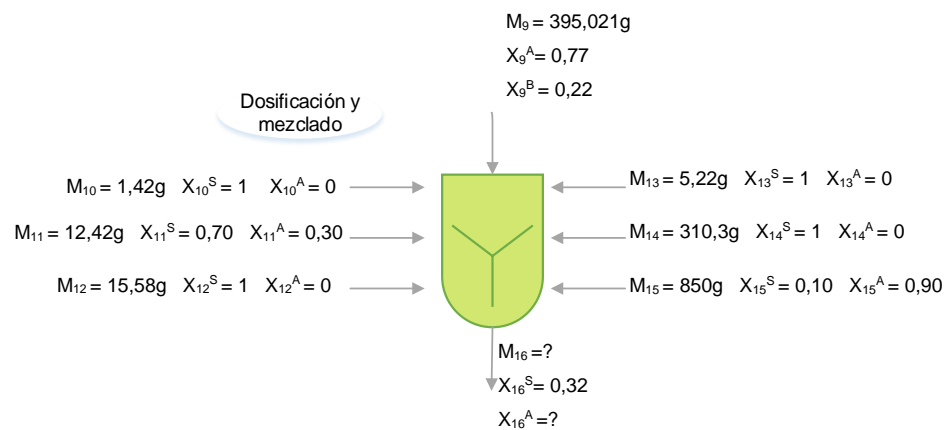
$$M_7 - M_8 = M_9$$

$$M_9 = 403 g - 7,979 g$$

$$M_9 = 395,021 g \text{ de brócoli triturado}$$

4.10.4 Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado

En la figura 4.34, se muestra la etapa de dosificación y mezclado en base a datos de la tabla 4.28.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34: Etapa de dosificación y mezclado

Balance de materia global en la etapa de dosificación y mezclado

$$M_9 + M_{10} + M_{11} + M_{12} + M_{13} + M_{14} + M_{15} = M_{16}$$

Ecuación 4.6

Balance parcial de sólidos en la etapa de dosificación y mezclado

$$M_9 * X_9^S + M_{10} * X_{10}^S + M_{11} * X_{11}^S + M_{12} * X_{12}^S + M_{13} * X_{13}^S + M_{14} * X_{14}^S + M_{15} * X_{15}^S = M_{16} * X_{16}^S$$

Despejando M_{16} de la ecuación 4.6:

$$M_{16} = \frac{M_9 * X_9^S + M_{10} * X_{10}^S + M_{11} * X_{11}^S + M_{12} * X_{12}^S + M_{13} * X_{13}^S + M_{14} * X_{14}^S + M_{15} * X_{15}^S}{X_{16}^S}$$

$$M_{16} = \frac{395,021g (0,22) + 1,42g (1) + 12,42g (0,70) + 15,58g (1) + 5,22g (1) + 310,3g (1) + 850g (0,10)}{0,32}$$

$$M_{16} = 1603,495 \text{ g de mezcla de helado}$$

Balance parcial para fracción de agua en la etapa de dosificación y mezclado

$$M_9 * X_9^A + M_{11} * X_{11}^A + M_{15} * X_{15}^A = M_{16} * X_{16}^A$$

$$M_9 * X_9^A + M_{11} * X_{11}^A + M_{15} * X_{15}^A = M_{16} * X_{16}^A$$

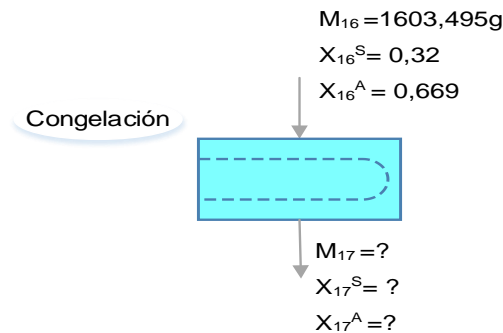
$$X_{16}^A = \frac{M_9 * X_9^A + M_{11} * X_{11}^A + M_{15} * X_{15}^A}{M_{16}}$$

$$X_{16}^A = \frac{395,021g (0,77) + 12,42g (0,30) + 850g (0,90)}{1603,495 \text{ g}}$$

$$X_{16}^A = 0,669 \text{ fracción de agua de la mezcla}$$

4.10.5 Balance de materia en la etapa de congelación

En la figura 4.35, se muestra el balance de materia en la etapa de congelación



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.35: Etapa de congelación

Balance de materia global en la etapa de congelación

$$M_{16} = M_{17}$$

Ecuación 4.7

Balance parcial para fracción de sólidos en la etapa de congelación en la mezcla del helado enfriado

$$M_{16} * X_{16}^S = M_{17} * X_{17}^S$$

$$1603,495(0,32) = 1603,495 * X_{17}^S$$

$X_{17}^S = 0,32$ Fracción de sólidos en la mezcla del helado enfriado

Balance parcial para fracción de agua en la etapa de congelación en la mezcla del helado enfriado

$$M_{16} * X_{16}^A = M_{17} * X_{17}^A$$

$$1603,495 \text{ g} (0,669) = 1603,495 \text{ g} * X_{16}^A$$

$X_{17}^S = 0,669$ Fracción de agua en la mezcla del helado enfriado

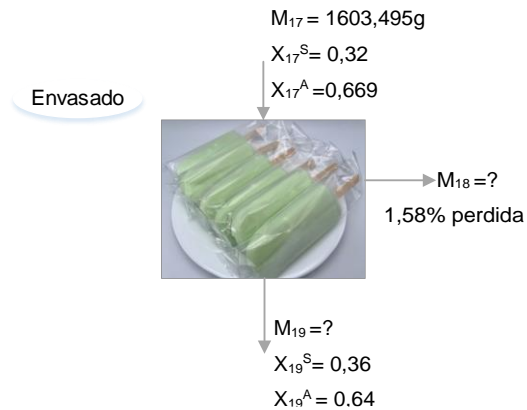
Despejando M_{17} de la ecuación 4.11:

$$M_{16} = M_{17}$$

$$1603,495 \text{ g} = 1603,495 \text{ g mezcla del helado enfriado}$$

4.10.6 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.36, se muestra en la etapa de envasado, para una cantidad de 1603,495 g de helado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36: Etapa de envasado

Balance de materia global en la etapa de envasado

$$M_{17} = M_{18} + M_{19}$$

Ecuación 4.8

Perdidas en el despulpado 1,58 %

$$M_{18} = M_{17} (0,0158)$$

$$M_{18} = 1603,495 \text{ g} (0,0158)$$

$$M_{18} = 25,335 \text{ g pérdidas}$$

Reemplazando M_{19} en la ecuación 4.8

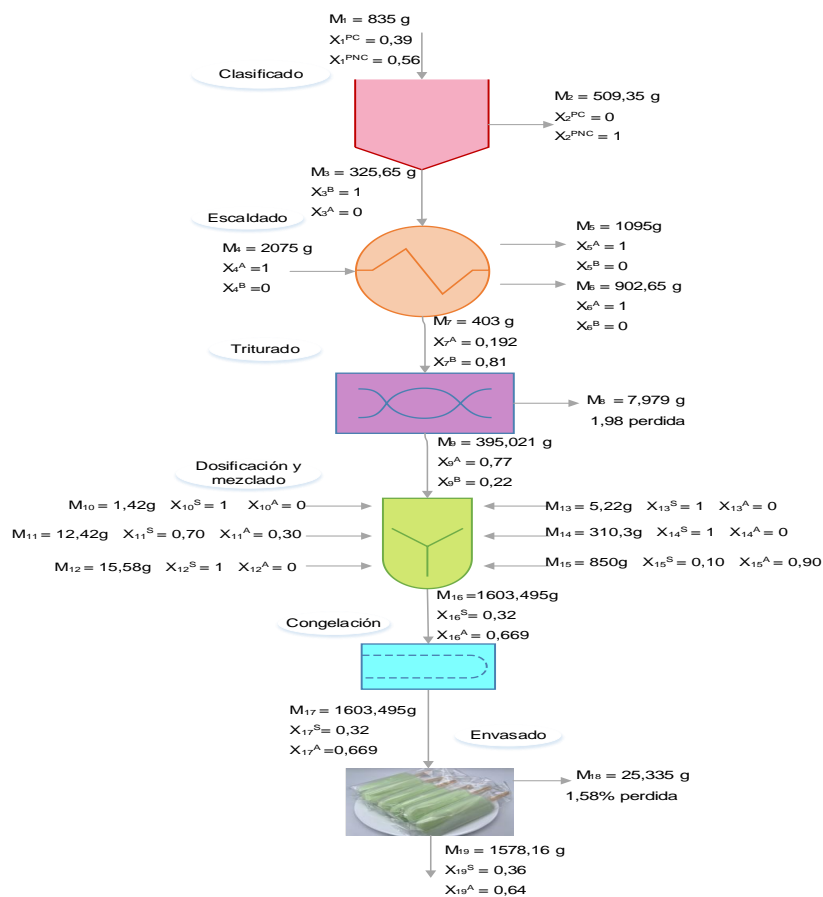
$$M_{19} = M_{17} - M_{18}$$

$$M_{19} = 1603,495 \text{ g} - 25,335 \text{ g}$$

$$M_{19} = 1578,16 \text{ g paletas de helado}$$

4.11 Resumen general del balance de materia de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos

En la figura 4.37, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del balance general de materia para la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37: Resumen del balance general de materia para el proceso de elaboración de helado tipo paleta para diabéticos.

4.11.1 Rendimiento del proceso de elaboración del helado tipo paleta para diabéticos

Para el cálculo de rendimiento en el proceso de la elaboración de helado tipo paleta para diabéticos, se tomó en cuenta la siguiente ecuación 4.9, citada por Barros (2019):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{Flujo masico de entrada}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4.9}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_{19}}{M_1 + M_{10} + M_{11} + M_{12} - M_{13} + M_{14} + M_{15}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1578,16 \text{ g}}{835 \text{ g} + 1,42 \text{ g} + 12,42 \text{ g} + 15,58 \text{ g} + 5,22 \text{ g} + 310,3 \text{ g} + 850 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$\text{Rendimiento} = 77,74 \%$$

4.12 Balance de energía para la elaboración del helado tipo paleta para diabéticos

Según (Lewis, 1993) se muestra la deducción del balance general de energía para procesos de transferencia de calor:

$$L_1(EC_1 + EP_1 + PV_1) + Q - L_2(EP_2 + EC_2 + PV_2) = T + 2F + \frac{d\theta v^4}{d\theta}$$

$$L_1(\mu_1 + PV_1) + Q = L_2(\mu_2 + PV_2)$$

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

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

$$Q = L_1\Delta H$$

$$\Delta H = C_p\Delta H$$

$$Q = L_1C_p\Delta H \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Según (Lewis, 1993), para la resolución de intercambiadores de calor, se realiza el balance de energía entre los fluidos en el sistema la ecuación demuestra el principio:

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

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

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

$$Q_T = Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Para calcular los cambios latentes en los cambios de fase según (Lewis, 1993), es:

$$Q_1 = \Delta HL = L * \gamma \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Según (Lewis, 1993), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede predecir el calor específico del mismo, como se detalla en la ecuación 4.14 de tal forma, en el presente trabajo se determinó el Cp del jugo del helado.

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Donde:

X_P = Fracción de masa de proteína

X_F = Fracción de masa de grasa

X_A = Fracción de masa de ceniza

X_W = Fracción de masa de agua

X_C = Fracción de masa de carbohidratos

C_W = Capacidad calorífica del agua

C_C = Capacidad calorífica de carbohidratos

C_P = Capacidad calorífica de proteína

C_F = Capacidad calorífica de grasa

C_A = Capacidad calorífica de ceniza

Según Lewis, 1993 las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos, se detallan en la tabla 4.38

Tabla 4.38

Capacidades caloríficas en función de 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 | 0,00 |
| | Para productos lácteos | Para alimentos |

Fuente: Lewis,1993

En la tabla 4.39, se observa los resultados de la composición fisicoquímica del brócoli, datos extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.39

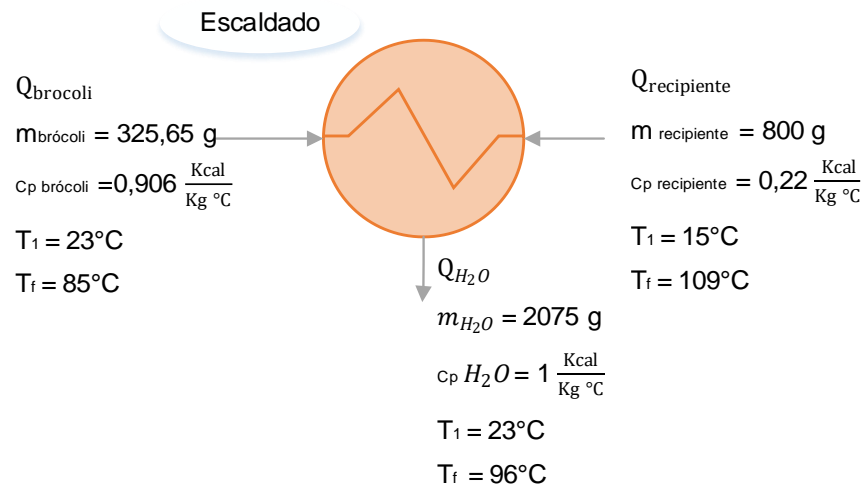
Resultados de la composición fisicoquímica del brócoli

| Parámetros | Unidad | Resultados |
|---------------------|--------|------------|
| Ceniza | % | 1,38 |
| Grasa | % | 0,28 |
| Hidratos de carbono | % | 6,31 |
| Humedad | % | 86,52 |
| Proteína total | % | 4,67 |

Fuente: CEANID, 2023

4.12.1 Balance de energía en la etapa de escaldado del brócoli

En la figura 4.38, se muestra el proceso de balance de energía en la etapa de escaldado del brócoli.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38: Etapa de escaldado del brócoli

Calor total necesario para el escaldado

$$Q_T = Q_{\text{Brocoli}} + Q_{H_2O} + Q_{\text{Recipiente}}$$

Ecuación 4.15

Para la determinación del calor específico del brócoli (C_p), se tomó en cuenta la ecuación 4.15, citado por (Lewis, 1993). Así mismo, según el S.I (Sistema Internacional de Unidades), el valor de 1 KJ equivale a 0,23884 Kcal.

Por lo tanto, según la ecuación 4.14, se tiene:

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_{p_b} = 0,8652 * 0,9983512 + 0,0631 * 0,334376 + 0,0467 * 0,382144 + 0,0028 * 0,406028 + 0,0138 * 0,191072$$

$$C_{p_b} = 0,906 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C calor específico del brócoli}$$

Ecuación para calcular el calor:

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.16, para calcular el calor necesario en el recipiente de aluminio en el proceso de escaldado.

$$Q_{\text{recipiente}} = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{recipiente}} = 0,800 \text{ Kg} * 0,22 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (109 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{recipiente}} = 16,54 \text{ Kcal}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.16, para calcular el calor necesario para escaldar el agua.

$$Q_{H_2O} = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_{H_2O} = 2,075 \text{ Kg} * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (96 - 23)^\circ\text{C}$$

$$Q_{H_2O} = 151,47 \text{ Kcal}$$

Reemplazando datos en la ecuación 4.16, para calcular el calor necesario en el proceso de escaldado en el brócoli.

$$Q_{\text{brócoli}} = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{brócoli}} = 0,32565 \text{ Kg} * 0,906 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (85 - 23)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{brócoli}} = 18,29 \text{ Kcal}$$

Calor necesario para etapa de escaldado, aplicando la ecuación 4.16.

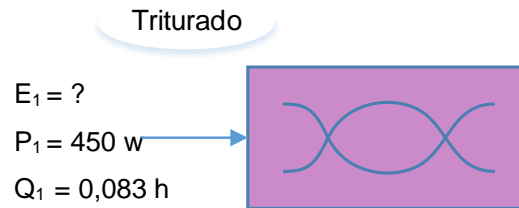
$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{recipiente}} + Q_{H_2O} + Q_{\text{brocoli}}$$

$$Q_{\text{total}} = (16,54 + 151,47 + 18,29) \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = 186,3 \text{ Kcal}$$

4.12.2 Balance de energía en la etapa de triturado del brócoli

En la figura 4.39, se muestra el proceso de balance de energía en la etapa de escaldado del brócoli.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39: Etapa de triturado del brócoli

Cálculo de la energía eléctrica

$$P = \frac{\text{Energia (E)}}{\text{Tiempo}(\theta)}$$

$$E = P * \theta$$

Ecuación 4.17

Reemplazando datos en ecuación 4.17

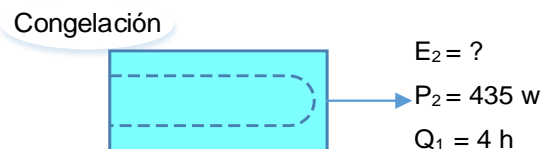
$$E_1 = P_1 * \theta_1$$

$$E_1 = 450W * \frac{1Kcal}{1,163W} * 0,083h$$

$E_1 = 32,12$ Kcal energía eléctrica necesaria para etapa de triturado del brócoli

4.12.3 Balance de energía en la etapa de congelación

En la figura 4.40, se muestra la etapa de congelación se utilizó la cámara frigorífica con alimentación eléctrica, con una potencia de 435 W por un tiempo de 4 horas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40: congelación del helado

Reemplazando datos en ecuación 4.17

$$E_2 = P_2 * \theta_2$$

$$E_2 = 435W * \frac{1Kcal}{1,163W} * 4h$$

$E_2 = 149,61$ Kcal energía necesaria para la etapa congelación

4.12.4 Energía eléctrica total para el proceso

$$E_T = E_1 + E_2$$

$$E_T = (32,12 + 149,61)Kcal$$

$$E_T = 181,73 \text{ Kcal de energía eléctrica total}$$

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De acuerdo a los análisis microbiológico, fisicoquímico y nutrientes del brócoli crudo presenta: Acidez (como ac.citrico) 2,68%, Calcio 94,3 Mg/100g, Ceniza 1,38%, Fibra 0,84%, Grasa 0,28%, Hidrato de Carbono 6,31%, Humedad 86,52%, Magnesio 53,70 Mg/100g, Potasio 410 Mg/100g, pH (20°C) 5,68, Proteína total (Nx6,25) 4,67%, Valor energético 46,44 Kcal/100 g, Coliformes totales $2,3 \times 10^3$ UFC/g, Escherichia coli $4,6 \times 10^2$ UFC/g, Mohos y levaduras $2,6 \times 10^3$ UFC/g, Salmonella Ausencia P/A 25g.
- Sobre la base del análisis fisicoquímico del brócoli escaldado presenta: Ceniza 0,61%,Fibra 0,35%, Grasa no detectable%, Hidrato de carbono 7,36%, Humedad 88,48%, Proteína total (Nx6,25) 3,20%, Valor energético 42,24 Kcal/100 g,
- De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial de las pruebas preliminares de helado tipo paleta para diabéticos, se consideró la muestra HN1 como la más aceptada por los jueces siendo seleccionada para el diseño experimental en el proceso de helado tipo paleta para diabéticos.
- Se realizó el diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de helado tipo paleta para diabéticos para las variables respuestas: brócoli (A), saborizante (B), crema vegetal (C), e interacciones existe significancia para las variables respuesta: acidez Ay B, pH, A y C azucares reductores C, siendo el factor el que más influye sobre las variables.
- Según los resultados de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y nutrientes del helado tipo paleta para diabéticos contiene: Acidez (como ac.láctico) 0,19%, Calcio 129 Mg/100g, Ceniza 0,79%, Fibra n.d, Grasa 0,36%, Hidratos de carbono 8,26%, Humedad 86,86%, Potasio 188 Mg/100g, pH (20°C) 6,70, Proteína total 3,73%, Valor energético 51,20 Kcal/100 g, Coliformes totales $1,3 \times 10^2$ UFC/g, Escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Mohos y levaduras $9,0 \times 10^1$ UFC/g, Salmonella Ausencia P/A/25g.

- Según los resultados de la evaluación sensorial de las pruebas experimentales y prueba ideal, así mismo, considerando el análisis estadístico de caja y bigote, de acuerdo al valor de las medianas y la selección de los jueces, se eligió la muestra HN1 como muestra final de helado tipo paleta para diabéticos.
- Realizando el balance de materia del helado tipo paleta para diabéticos se determina que se obtiene 1.578,16 gramos con un rendimiento de 77,74%, a su vez en el balance de energía, indica que para la producción del helado tipo paleta para diabéticos la cantidad necesaria para las diferentes operaciones, se requiere 186,3 kcal de calor y 181,73 kcal de energía eléctrica.

5.2 Recomendaciones

- "Se recomienda explorar la posibilidad de desarrollar helados adaptados para personas con diabetes como una iniciativa para ampliar la oferta de productos saludables en el Departamento de Tarija. Además, se sugiere considerar la implementación de nuevos ingredientes, como el brócoli, conocido por sus beneficios para la salud, para fortalecer la producción local y ofrecer opciones innovadoras como el helado tipo paleta para diabéticos, que satisfagan las necesidades de la población diabética y promuevan un estilo de vida más saludable, aprovechando los múltiples beneficios que ofrece esta verdura para la salud.
- Se recomienda elaborar productos utilizando brócoli, como: harina, mermelada, fideos; para que sea una buena alternativa para reemplazar el consumo de alimentos poco saludables que genera sobrepeso y tiene un valor nutricional poco beneficioso para la salud.
- Se recomienda la elaboración de productos a base de brócoli como opción para el desayuno. Este vegetal, por su perfil nutricional específico, podría ser considerado beneficioso para individuos con diabetes, proporcionando una alternativa saludable y balanceada en el contexto de la planificación de las comidas matutinas tanto en entornos familiares como escolares.