

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado
formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto,
usados como colorante y micronutriente**

Para optar el título profesional de:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:
Bach. Dina YUPANQUI RUIRO
Bach. Lisseth SAYRE QUISPE

ASESOR:
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi mamita Candelaria y a mi madre por su protección y el apoyo constante para lograr mis objetivos y a mi abuelita, aunque no esté aquí físicamente para celebrar este logro. Gracias.

Liseth, Sayre Quispe

Gracias a Dios por enseñarme el camino para poder concretar mi carrera. Su guía, sabiduría y fuerza me han permitido superar los desafíos y llegar hasta aquí. A mi familia que me brindaron su apoyo y motivación a lo largo de este proceso este logro es tan suyo como mío, porque cada paso que he dado ha sido impulsado por su amor y apoyo incondicional

Dina, Yupanqui RUIRO

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogernos en sus aulas y brindarnos la formación profesional.

Al Dr. Alberto Luis, Huamani Huamani por su constante apoyo en el asesoramiento de este trabajo de investigación.

A toda la plana de catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias con gratitud y reconocimiento imperecedero por sus enseñanzas y orientaciones durante nuestra permanencia en sus aulas universitarias.

Contenido	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2 OBJETIVOS.....	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 HELADOS	7
2.1.1 Tipos de helados.....	7
2.1.2 Composición química	8
2.2 HELADOS FUNCIONALES.....	9
2.3 PARÁMETROS DE PROCESO.....	10
2.3.1 Parámetros fisicoquímicos	11
2.3.2 Parámetros funcionales	13
2.4 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	14
2.5 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES POR EDADES	16
2.6 FORMULACIÓN DE ALIMENTOS	17
2.6.1 Métodos de formulación	17
2.6.2 Formulación de helados por programación lineal.....	19
2.7 INSUMOS USADOS EN LA HELADERIA	19
2.7.1 Leche.....	19
2.8 AGUAYMANTO.....	20
2.8.1 Composición nutricional	21

2.8.2	Componentes y propiedades funcionales	23
2.9	ZANAHORIA	23
2.9.1	Composición nutricional	24
2.10	LECHE EN POLVO DESCREMADA	24
2.11	AZUCARES	25
2.12	PROGRAMACIÓN LINEAL	25
2.12.1	Función objetivo	30
2.12.2	Restricciones	30
2.12.3	Variables	31
2.12.4	Métodos de resolución en Excel	32
2.12.5	Ventaja y características principales del Excel	33
2.12.6	Desventaja del Excel	35
2.13	FORMULACIÓN DE ALIMENTOS USANDO PROGRAMACIÓN LINEAL. 36	
2.13.1	Información nutricional aplicada a los principios combinatorios de alimentos..	40
2.13.2	Optimización de formulaciones de alimentos con programación lineal	41
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	43
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	43
3.2	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.3	MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS	43
3.3.1	Materiales.....	43
3.3.2	Equipos e instrumentos de laboratorio.....	44

3.3.3	Reactivos.....	45
3.4	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DESARROLLADA.....	45
3.5	DISEÑO METODOLOGICO	46
3.5.1	Restricciones de optimización (Características del helado a formular)	47
3.5.2	Composición química de insumos	48
3.5.3	Función objetivo a optimizar	49
3.5.4	Variables independientes	50
3.5.5	Desarrollo del modelo matemático para cada una de las formulaciones	50
3.5.6	Formulario en el Excel.....	52
3.5.7	Desarrollo en el solver	53
3.5.8	Experimentación	54
3.6	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL HELADO	55
3.6.1	Proteína	55
3.6.2	Grasa	55
3.6.3	Carbohidratos totales.....	56
3.6.4	Ceniza.....	56
3.6.5	Overrun	57
3.6.6	Porcentaje de derretimiento y caída de la primera gota	58
3.6.7	Densidad.....	58
3.7	ANÁLISIS SENSORIAL.....	59
3.7.1	Evaluación sensorial	59

3.7.2	Evaluación estadística para resultados sensoriales	60
3.8	ANÁLISIS DE COMPONENTES FUNCIONALES	60
3.8.1	Vitamina C	60
3.8.2	β -Carotenos	60
3.8.3	Polifenoles totales	61
3.8.4	Método secuestro de radical libre (DPPH).....	62
3.8.5	Método secuestro del radical libre catión (ABTS).....	62
3.8.6	Método poder antioxidante reductor del hierro (FRAP).....	63
3.9	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	64
3.9.1	pH.....	64
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	65
4.1	FORMULACION OPTIMIZADA POR PROGRAMACION LINEAL	65
4.1.1	Resultado de la formulación para 30 % de mezcla de zumo y pulpa.....	65
4.1.2	Resultado de la formulación para 40 % de mezcla de zumo y pulpa.....	65
4.1.3	Resultado de la formulación para 50 % de mezcla de zumo y pulpa.....	66
4.2	CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL HELADO.....	67
4.2.1	Características químicas.....	67
4.2.2	pH.....	72
4.2.3	Porcentaje de derretimiento y caída de la primera gota	76
4.2.4	Punto de congelación	78
4.2.5	Contenido fenólico y flavonoides	79

4.2.6	Actividad antioxidante	80
4.3	EVALUACION SENSORIAL (ACEPTABILIDAD)	81
4.3.1	Para el atributo de apariencia.....	81
4.1.1	Para el atributo de color	84
4.3.2	Para el atributo de aroma	88
4.1.2	Para el atributo de sabor.....	92
4.1.3	Para el atributo de dulzor	96
4.1.4	Para el atributo de cremosidad.....	99
5.	CONCLUSIONES	104
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	ANEXOS	118

Índice de tablas	pág.
Tabla 1 Tipos de helados según su composición	9
Tabla 2 Características de calidad	15
Tabla 3 Necesidades medias de energía y proteínas	17
Tabla 4 composición nutricional del aguaymanto	22
Tabla 5 Composición nutricional de la zanahoria	24
Tabla 6 Restricción de variables para la optimización de formulación del helado	48
Tabla 7 Composición química de los insumos a usarse.....	49
Tabla 8 Escala hedónica de puntuación de 5 puntos de categorización	59
Tabla 9 Composición química de las tres formulaciones	68
Tabla 10 Overrum en las formulaciones del helado con mezcla de zumo y pulpa	76
Tabla 11 Variación de contenido de fenoles en las tres formulaciones.....	79
Tabla 12 Actividad antioxidante en las tres formulaciones	80
Tabla 13 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para el análisis de la varianza de dos factores por rangos.....	81
Tabla 14 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos	85
Tabla 15 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos	89
Tabla 16 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos	93
Tabla 17 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos	96

Tabla 18 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos	100
--	-----

Lista de figuras	pág.
Figura 1 Fruto del aguaymanto.....	20
Figura 2 El simplex en Solver	33
Figura 3 Diseño experimental del helado	46
Figura 4 Metodología de formulación por optimización del helado	47
Figura 5 Formulario en Excel para la mezcla del helado	52
Figura 6 Solver para mezcla con 30% de zumo y pulpa.....	53
Figura 7 Solver para Mezcla con 40% de zumo y pulpa	53
Figura 8 Solver para mezcla con 50% de zumo y pulpa.....	54
Figura 9 Resultado de la formulación para 30 % de mezcla de zumo y pulpa..	65
Figura 10 Resultado de la formulación para 30 % de mezcla de zumo y pulpa	66
Figura 11 Resultado de la formulación para 50% de mezcla de zumo y pulpa.	67
Figura 12 Resultados de proteína con diferentes formulaciones	68
Figura 13 Resultado de grasa con diferentes formulaciones	70
Figura 14 Resultado de humedad con diferentes formulaciones	71
Figura 15 Resultado de ceniza con diferentes formulaciones	72
Figura 16 Resultado de PH con diferentes formulaciones.....	72
Figura 17 Resultado de la densidad con diferentes formulaciones.....	73
Figura 18 Resultados de contenido de vitamina C en diferentes formulaciones	74
Figura 19 Resultados de contenido de carotenoides en diferentes formulaciones	75
Figura 20 Curva de derretimiento del helado con diferentes formulaciones.....	77
Figura 21 Curva de congelación para diferentes formulaciones.....	78
Figura 22 Rangos de análisis de Friedman del atributo apariencia.	81
Figura 23 Comparación de medias para el atributo de apariencia.....	82

Figura 24 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de apariencia formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.....	83
Figura 25 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de apariencia formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.....	84
Figura 26 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de apariencia formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.....	84
Figura 27 Rangos de análisis de Friedman del atributo de color.....	85
Figura 28 Comparación de medias para el atributo de color	86
Figura 29 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de color formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.	87
Figura 30 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de color formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	87
Figura 31 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de color formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	88
Figura 32 Rangos de análisis de Friedman del atributo aroma.....	88
Figura 33 Prueba de comparación de medias para el atributo de aroma	90
Figura 34 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de aroma formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	91

Figura 35 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de aroma formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	91
Figura 36 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de aroma formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	92
Figura 37 Rangos de análisis de Friedman del atributo sabor.....	92
Figura 38 Prueba de comparación de medias para el atributo de sabor.....	93
Figura 39 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de sabor formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	94
Figura 40 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de sabor formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	95
Figura 41 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de sabor formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	95
Figura 42 Rangos de analisis de friedman para el atributo de dulzor.....	96
Figura 43 Prueba de comparacion de medias para el atributo dulzor.....	97
Figura 44 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de dulzor formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	98
Figura 45 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de dulzor formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	98

Figura 46 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de dulzor formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto	99
Figura 47 Rangos de análisis de Friedman del atributo cremosidad. Rangos de análisis de Friedman del atributo cremosidad.....	100
Figura 48 Prueba de comparación de medias para el atributo de cremosidad.	101
Figura 49 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de cremosidad formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.....	102
Figura 50 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de cremosidad formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.....	102
Figura 51 Información del campo continuo según Friedman para el atributo de cremosidad formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.....	103

Índice de anexos

ANEXO 1	118
ANEXO 2	119
ANEXO 3	120
ANEXO 4	121
ANEXO 5	121
ANEXO 6	122
ANEXO 7	123
ANEXO 8	126
ANEXO 9	128

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad elaborar helado de leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente se trabajó con productos de la zona para de esta forma también darle un valor agregado.

Se utilizó una metodología de investigación aplicada, cuantitativa realizando evaluaciones sensoriales y análisis fisicoquímicos para determinar que formulación es más aceptada entre los consumidores y de la misma forma que formulación aporta más nutrientes.

Se realizó tres formulaciones (30%, 40% y 50%), haciendo variaciones en el contenido de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, presentando una mayor aceptabilidad la formulación de 50% los panelistas evaluaron en la escala hedónica de 1 a 5, obteniendo 4 puntos correspondiente al calificativo ME GUSTA MUCHO para los atributos de apariencia; color; aroma, sabor; dulzor y cremosidad los cuales fueron procesados por la estadística no paramétrica de prueba de Friedman.

Las características físico-químicas del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto en 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, fueron: proteínas $5,5200 \pm 0,1265\%$; grasa $1,6 \pm 0,0\%$; humedad $68,5060 \pm 0,4374\%$; cenizas $1,5333 \pm 0,0$ g; pH $5,5 \pm 0,0$; vitamina C $2,857 \pm 0,0$ mg/100g; carotenos $9,028 \pm 0,0$ ug/100g overrum 41%; porcentaje de derretimiento 57,1%.

Para los compuestos bioactivos correspondiente al 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, fueron: Carotenoides totales $9,028 \pm 0,0$ ug/100g; fenoles $106.39 \pm 7,70$ mg GAE/g; flavonoides $85,89 \pm 6,40$ mg QE/g; actividad antioxidante $58,30 \pm 0,47$ μ moles ET/g (DPPH); $5,76 \pm 1,67$ μ moles ET/g (ABTS); $120,61 \pm 0,80$ μ moles ET/g (FRAP).

ABSTRACT

The purpose of this research project was to create ice cream from milk, carrot juice, and cape gooseberry pulp, used as a colorant and micronutrient. Local products were used to add value.

An applied, quantitative research methodology was used, performing sensory evaluations and physicochemical analyses to determine which formulation is most accepted by consumers and which provides the most nutrients.

Three formulations were developed (30%, 40%, and 50%), varying the carrot juice and cape gooseberry pulp content. The 50% formulation was most acceptable. Panelists evaluated it on a hedonic scale of 1 to 5, obtaining 4 points corresponding to the rating "I LIKE IT A LOT" for the attributes of appearance, color, aroma, flavor, sweetness, and creaminess, which were processed using the nonparametric Friedman test. The physicochemical characteristics of the milk ice cream with carrot juice and cape gooseberry pulp in a 50% mixture of carrot juice and cape gooseberry pulp were: protein $5.5200 \pm 0.1265\%$; fat $1.6 \pm 0.0\%$; moisture $68.5060 \pm 0.4374\%$; ash 1.5333 ± 0.0 g; pH 5.5 ± 0.0 ; vitamin C 2.857 ± 0.0 mg/100 g; carotenoids 9.028 ± 0.0 $\mu\text{g}/100$ g; overrun 41%; melting percentage 57.1%.

The bioactive compounds corresponding to the 50% mixture of carrot juice and cape gooseberry pulp were: total carotenoids 9.028 ± 0.0 $\mu\text{g}/100$ g; phenols 106.39 ± 7.70 mg GAE/g; flavonoids 85.89 ± 6.40 mg QE/g; antioxidant activity 58.30 ± 0.47 $\mu\text{moles TE/g}$ (DPPH); 5.76 ± 1.67 $\mu\text{moles TE/g}$ (ABTS); 120.61 ± 0.80 $\mu\text{moles TE/g}$ (FRAP).

1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales son alimentos que pueden proporcionar beneficios además de la nutrición esencial. Previenen y controlan significativamente las enfermedades crónicas (Brown et al., 2015). Los alimentos funcionales también se definen como alimentos integrales, fortificados, enriquecidos o mejorados que aportan las vitaminas, grasas, proteínas, carbohidratos, minerales, etc. Necesarios (Hernández Toxqui et al., 2021). La mayor demanda de alimentos más saludables y funcionales por parte de diferentes tipos de clientes. Nos obliga a buscar mejores métodos de conservación de alimentos y desarrollo de alimentos funcionales de base nano componentes. En el aspecto de la salud, se reveló que el material alimentario funcional es un componente nutricional superior con mejores beneficios para la salud. Estudios recientes muestran una mayor inmunocompetencia de los alimentos funcionales incorporados con prebióticos, probióticos, péptidos bioactivos, compuestos fenólicos, lípidos funcionales y micronutrientes (Moughan et al., 2014). Se desarrollan diferentes estrategias para impartir propiedades funcionales a materiales alimentarios mediante la incorporación de ingredientes activos, lo que incluye agregar o eliminar un componente, modificar el procesamiento de alimentos, ingeniería genética e incorporar ingredientes activos como nanocomponentes, microformulaciones, etc. Estas estrategias permiten a la industria alimentaria desarrollar nuevos productos con valor agregado para el mercado. Ya se ha observado el logro de propiedades nutricionales sinérgicas y beneficios potenciales para la salud pública mediante la incorporación de vitaminas, proteínas, fitoquímicos, nanoformulación, etc. Nuestro mercado de alimentos abarca nuevas tecnologías necesarias para mantener el liderazgo del mercado en la industria alimentaria para desarrollar productos alimenticios frescos, auténticos, convenientes y sabrosos con mayor

frescura, calidad y vida útil mejorada para productos alimenticios frescos y procesados (Alfadul & Elneshwy, 2010). La nanotecnología es un área de creciente atención y abre nuevas posibilidades para la industria alimentaria. Además, las nanoformulaciones han demostrado su posible aplicación como sistema de administración de alto rendimiento en la industria alimentaria (Zhang et al., 2021). En particular, para este propósito se ha creado una gran cantidad de nanoformulaciones basadas en proteínas, carbohidratos y fitoquímicos con dimensiones inferiores a 100 nm (Haghighi et al., 2018; Luo et al., 2020). alta relación superficie-volumen de estas nanoconstrucciones conduce a propiedades fisicoquímicas y biológicas excepcionales, como una mayor resistencia a la separación y agregación gravitacional, una claridad óptica mejorada, una mayor biodisponibilidad de nutrientes, etc (Q. Liu et al., 2021; Yao et al., 2021).

Un nanoalimento es un alimento que utiliza nanopartículas, nanoformulaciones o técnicas de nanotecnología durante el cultivo, producción, procesamiento o envasado (Ameta et al., 2020). El helado es bien conocido como uno de los postres más populares; sus ingredientes involucran una mezcla congelada de leche, especias, productos lácteos y azúcares (Corvitto & Méndez, 2011). Se sabe que el consumo excesivo de helados que contienen grasas y azúcares puede provocar enfermedades crónicas no transmisibles como diabetes tipo 2, obesidad, etc. En este contexto, la mayoría de las investigaciones emergentes en ciencia y tecnología de los alimentos se centraron en el desarrollo de materiales alimentarios funcionalizados (López-Martínez et al., 2021). El helado funcionalizado podría comercializarse como una alternativa saludable y rentable, dirigido principalmente a grupos específicos de clientes, como pacientes nutricionalmente e inmunocomprometidos, personas mayores, atletas, bebés, etc., y ayudaría a enfrentar las epidemias globales de obesidad y diabetes. El β -caroteno es el carotenoide más abundante

y suficiente presente en los alimentos. El β -caroteno exhibe propiedades antioxidantes y es importante para la función inmune normal del cuerpo. Pero la reducida solubilidad en agua y la inestabilidad del β -caroteno en presencia de luz, calor y oxígeno limitan su aplicación en diversos alimentos.

En este contexto, no se ha reportado ningún trabajo dentro del campo de estudio, que permita el estudio del helado con incorporación en su formulación zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto actuando como colorante y complemento nutritivo. El presente trabajo se centró principalmente en el desarrollo de un helado a base de vitaminas más saludable mediante la incorporación de extracto de zanahoria y pulpa de aguaymanto ricos en β -caroteno. El estudio de su comportamiento en el proceso y almacenamiento de alimentos enriquecidos con β -caroteno, ameritan conocer su contenido en los helados enriquecidos con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto ricos en dicho componente.

1.1.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

¿Qué características físico-químicas y aceptabilidad sensorial poseerá un helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto usados como colorante y micronutriente?

Problemas específicos

1) ¿Qué formulación de helado se obtendrá en programación lineal?

- 2) ¿Qué características físico-químicas (Overrun, porcentaje de derretimiento, punto de congelación, vitamina C y caroteno) poseerá un helado formulado a partir de leche fluida, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto?
- 3) ¿Qué nivel de aceptabilidad sensorial poseerá un helado formulado a partir de leche fluida, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto?
- 4) ¿Qué compuestos fenólicos y actividad antioxidante poseerá el helado formulado?

1.2.OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar las características físico-químicas y aceptabilidad sensorial poseerá un helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente.

Objetivos específicos

1. Obtener la formulación de helado en programación lineal
2. Determinar las características físico-químicas (Overrun, porcentaje de derretimiento, punto de congelación, vitamina C y caroteno) del helado formulado a partir de leche fluida, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.
3. Determinar el nivel de aceptabilidad sensorial del helado formulado a partir de leche fluida, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.
4. Determinar los compuestos fenólicos y actividad antioxidante del helado formulado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. HELADOS

El helado es una deliciosa y compleja mezcla que se puede definir como una dispersión coloidal. Esta mezcla presenta una fase dispersa que se encuentra inmersa en una fase continua y de alta viscosidad. La fase dispersa, que es crucial para la textura y el sabor del helado, está compuesta por tres principales elementos que contribuyen a su estructura única: burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa que están emulsionados y dispersos de manera uniforme (Biasutti et al., 2013).

Por otro lado, la fase líquida del helado está conformada por azúcares, proteínas de la leche e hidrocoloides, los cuales están disueltos en agua que no está congelada. Estos componentes no solo aportan al sabor, sino que también juegan un papel fundamental en la cremosidad y la estabilidad del producto final. Así, la magia del helado radica en el equilibrio y la interacción de todos estos elementos, que se combinan para crear una experiencia gustativa inigualable (Muse & Hartel, 2004).

Los helados se consideran alimentos nutritivos debido a la presencia de leche o frutas en su formulación, representando una fuente de proteínas, vitaminas y minerales. (Cruz et al., 2009).

2.1.1. Tipos de helados

Según (Di Bartolo, 2005), los helados se pueden clasificar de acuerdo con sus características y/o a los ingredientes empleados en su elaboración:

- a. Helados de agua o Sorbetes: Esta clasificación se refiere a aquellos helados en los que el componente principal es el agua. Deben cumplir con los requisitos siguientes: Extracto seco, Mín.: 20,0% p/p, Grasa láctea, Máx.: 1,5% p/p.
- b. Cremas heladas o Helados de crema: Productos que se crean utilizando leche y se enriquecieron con crema de leche. Tendrán que cumplir con estas condiciones: Sólidos no grasos de la leche, Mínimo: 6,0% p/p, Materia grasa de la leche, Mínimo: 6,0% p/p.
- c. Helados o Helados de leche: Este término se refiere a los productos que se producen a partir de leche. Deben cumplir con los siguientes requisitos: Sólidos no grasos de leche, un mínimo de 6,0% p/p, Grasa de leche, un mínimo de 1,5% p/p.

2.1.2. Composición química

El helado se define como una emulsión, una mezcla generada por dos sustancias que no se asocian entre sí, sino que se distribuyen una sobre otra. Esto indica que se genera una fase responsable de la estructura de la crema helada esparcida en otra fase líquida. La primera fase está compuesta por los glóbulos de grasa, los cristales de hielo y las burbujas de aire; mientras que la segunda está formada por azúcar y proteínas de la leche en agua (Eras & Pino, 2013).

Tabla 1*Tipos de helados según su composición*

Tipo de helado	Grasa Leche %	S.N.G.L.	Azúcar	Estabilizador y Emulsificante	Total, de Sólidos %
Helados crema, económico	10	10 a 11	13 a 15	0,3 – 0,5	35 – 37
Helado crema, buena calidad	12	11	15	0,3	37,5 a 39
	14	8 a 9	13 a 16	0,2 a 0,4	37,5 a 41
Helado de crema, de lujo	16	7 a 8	13 a 16	0,2 a 0,4	40 a 41
	20	5 a 6	14 a 17	0,25	40 – 41
Helado suave o mantecado	4	12	13,5	0,4	29 a 30
	6	11,5	13	0,35	29 a 30
Nieve de agua y leche	1 a 3	1 a 3	26 a 35	0,4 a 0,5	28 a 36
Nieve de agua			26 a 35	0,4 a 0,5	26 a 35

Nota. Fuente: (Eras & Pino, 2013)

2.2. HELADOS FUNCIONALES

El incorporar compuestos fenólicos en la formulación del helado da lugar a un producto no solo rico en nutrientes, sino también en compuestos fenólicos, convirtiéndolo en un helado funcional. Estos compuestos, que son metabolitos secundarios presentes en las plantas, contienen sustancias bioactivas que ofrecen efectos beneficiosos para los organismos (Yosefiyan et al., 2024). Su potencial para mejorar la salud y su impacto en el bienestar humano han generado un notable interés en la comunidad científica (Lipiński et al., 2017; Williamson, 2017). Los compuestos fenólicos se clasifican en tres grupos principales: flavonoides, no flavonoides y taninos, y su función biológica está estrechamente relacionada con su estructura química.

El estudio de modelo integral ha desarrollado la interacción entre las proteínas de la leche y varios compuestos de fenol (Yildirim-Elikoglu & Erdem, 2018); Estudios sobre el posible uso de los compuestos de fenol y sus efectos sobre los productos lácteos, como los que aún requieren un estudio exhaustivo. En cuanto a la eliminación de los compuestos antioxidantes y de fenol radical, pueden reconocer que juegan un papel importante en la preservación de los alimentos y el mantenimiento de la salud humana.(Hwang et al., 2009).

El mercado de alimentos funcionales está creciendo en todo el mundo, continuamente se lanzan nuevos productos y la competencia es cada vez más intensa (Menrad, 2003).

Aumente la concentración de alimentos naturales para lograr la concentración, lo que probablemente cause el efecto deseado, como la fortificación de micronutrientes para lograr una mayor ingesta que las recomendaciones dietéticas que son compatibles con los valores propuestos, reducidos los riesgos de enfermedades (Araya L & Lutz R, 2003).

Los alimentos con mayor contenido de proteínas pueden verse como un tipo de alimentos funcionales que brindan beneficios para la salud más allá de la simple saciedad y el valor nutricional básico (Asp & Bryngelsson, 2008).

2.3. PARÁMETROS DE PROCESO

2.3.1. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos son:

Punto de congelación

El punto de congelación de un líquido es la temperatura, a una presión determinada, a la que dicho líquido se solidifica. La temperatura de congelación de las disoluciones es más baja que la temperatura de congelación del disolvente puro. Para determinar el punto de congelación, se elaboran curvas de congelación tanto de las muestras como de la muestra control. En estas curvas, se puede observar un cambio abrupto en la pendiente, el cual se define como el punto de congelación aparente. Este punto está asociado aproximadamente con el 80% del agua que se encuentra congelada (Ramírez-Navas et al., 2015) .

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. Para determinar la densidad de mezclas para helado se recomienda el picnómetro o el areómetro (lactodensímetro) calibrados de acuerdo con lo indicado en la AOAC 33.2.03 (925.22) (Ramírez-Navas et al., 2015).

pH

El pH representa un indicador que refleja la acidez o alcalinidad de una sustancia. Se determina por la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución acuosa. La escala de pH opera de manera logarítmica, abarcando un rango de 0 a 14. La medición del pH es particularmente relevante al manejar combinaciones destinadas a helados que incluyen trozos de fruta. (Ramírez-Navas et al., 2015).

Acidez titulable (AT)

La acidez titulable se evaluará a través de un análisis de titulación ácido-base. En matraces Erlenmeyer con capacidad de 250 mL, se verterán 10 mL de la muestra de base para helado, que ha sido homogéneamente mezclada con 20 mL de agua destilada. Luego, se añadirá 200 µL de fenolftaleína (0. 10% p/v, en etanol al 95%). Por último, la mezcla se titulará con NaOH 0. 10 mol L⁻¹. Los resultados se calcularon utilizando la fórmula correspondiente y se expresaron en gramos de ácido láctico por cada 100 g de muestra.

$$AT = \frac{C*(V_1-V_2)*K*F}{m} * 100 \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Donde C es la concentración de la solución de NaOH (mol L⁻¹), V₁ es el volumen de la solución de NaOH utilizada para la determinación de la muestra (mL), V₂ es el volumen de la solución de NaOH utilizada para la determinación del blanco (mL), K es el factor de dilución, F es 0,09 (el factor apropiado para el ácido láctico) y m es la masa de la muestra diluida (g). (López Gómez, 2022).

2.3.2. Parámetros funcionales

a) Overrum

El oxígeno que se incorpora durante el proceso de batido y constituye un elemento esencial, ya que sin él el helado resultaría excesivamente compacto, rígido y frío. El incremento de volumen del helado que ocurre durante el batido en frío se denomina overrum, y este aumento se relaciona con el volumen de la mezcla que entra a la máquina antes de ser batida. (Clarke, 2015).

El aire en el helado da como resultado una consistencia suave y afecta las características físicas de dureza y derretimiento. No solo la cantidad de aire que se agrega o queda en exceso es importante, sino también la manera en que se distribuyen los tamaños de las burbujas de aire que impactan estos aspectos. (Sofjan & Hartel, 2004).

b) Porcentaje de derretimiento y tiempo de caída de primera gota

El método para establecer el tiempo de caída de la primera gota y el porcentaje de derretimiento consiste en colocar una muestra de 70 g (MI) de helado, que ha estado almacenado a -18°C durante 24 horas, sobre una malla con 56 orificios por cm². Se recoge la masa de helado derretida (MD) en un recipiente y se cronometra el instante en que se produce la caída de la primera gota. Una vez que ha caído la primera gota, se pesa el peso de la muestra helado derretida cada 2 min. (Ramírez-Navas et al., 2015).

$$\text{Derretimiento}(\%) = \frac{MD}{MI} 100 \dots \dots \dots \text{ecuación}(2)$$

Donde:

MD = masa de helado derretida

MI = masa de helado inicial

2.4. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

La velocidad de fusión del helado es una de sus propiedades más destacadas, ya que proporciona una experiencia placentera al consumidor y de llevarse a cabo en un tiempo adecuado (Khosrow Shahi et al., 2021) .

El helado empieza a derretirse cuando el aire caliente de sus capas exteriores afecta a las capas interiores y destruyendo la red de hielo cristalino. Este proceso provoca que el agua derretida se mezcle con la fase viscosa y sin hielo, lo que genera inestabilidad en la red de grasa el aire y el resto de los cristales de hielo, como resultado la estructura del helado se desintegra por completo (Yosefiyan et al., 2024).

La rapidez con la que se derrite el helado este influenciado por diversos factores. Entre ellos se encuentra el aire atrapado en su estructura, la disposición de la red de cristales de hielo y la composición de la grasa durante el proceso de congelación del helado (Muse & Hartel, 2004).

En lo que respecta a la consistencia del helado, esta se vuelve intrincada con la inclusión de aire. Un helado es, en esencia, una espuma sólida constituida por burbujas

de aire recubiertas en grasa emulsificada, junto a una estructura de micro cristales de hielo, que a su vez están envueltos en un líquido acuoso similar a un sol. Por lo tanto, la textura depende de diversos factores, tales como el nivel de grasa y productos lácteos, los aditivos incorporados, el tratamiento térmico, el proceso de homogeneización, la velocidad a la que se congela y la cantidad de aire que se añade, entre otros. (López Gómez, 2022) .

La calidad de un alimento se puede evaluar a través de cinco categorías de parámetros: sensorial, nutricional, sanitaria, fisicoquímica y funcional. La Tabla 2 presenta algunas características de estos grupos de parámetros relacionados con la calidad.

Tabla 2

Características de calidad

Calidad	Características de calidad
Sensorial	apariencia, textura, aroma, sabor, color
Nutricional	Composición, digestibilidad
Sanitaria	Inocuidad (microorganismos, agentes químicos, contaminantes)
Fisicoquímica	pH, acidez, color, propiedades coligativas, viscosidad

Nota. Fuente: (Ramírez-Navas et al., 2015)

2.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES POR EDADES

Estas son las cantidades de cada nutriente que el individuo debe usar para mantener una condición dietética apropiada y prevenir enfermedades. Además, la calidad del nutriente para una condición nutricional/salud también debe referirse a la grasa (Ayúzar, 2005).

Las necesidades alimenticias se establecen como la cantidad total de todos los nutrientes requeridos por una persona en cualquier fase de su vida, con el fin de sostener un adecuado estado nutricional, prevenir enfermedades y garantizar un crecimiento apropiado durante la infancia. (Gonzalez, 2020).

Las investigaciones que analizan la ingesta de nutrientes en la población demuestran que los jóvenes varones no logran alcanzar el 90% de las pautas nutricionales de calcio, mientras que las adolescentes se quedan por debajo del 80% de sus necesidades. La reducción en el consumo de calcio parece estar relacionada con la disminución en la cantidad de leche que se consume durante la adolescencia. Un ración de helado podría contribuir a solucionarlo. (Corbella, 2007).

Tabla 3*Necesidades medias de energía y proteínas*

	Edad	Peso	Talla	kcal/kg	kcal/día	Prot/kg	Prot/día
		(kg)	(cm)				
Niños	1-3	13	90	102	1,300	1,05	13
	4-6	20	11112	90	1,800	0,95	19
	7-10	28	132	70	2,00	0,95	34
Adolescentes							
Varones	11-14	45	157	55	2,500	-	-
	15-	66	176	45	3,00	0,85	46
	18						
Mujeres	11-14	46	157	47	2,200	-	-
	15-18	55	163	40	2,200	0,85	52

Nota. Fuente: (Gonzalez, 2020).

2.6. FORMULACIÓN DE ALIMENTOS

2.6.1. Métodos de formulación

Prueba y error.

Es uno de los métodos más empleados, consiste en realizar una serie de aproximaciones manuales hasta que se obtiene el balance deseado. Obviamente el método toma tiempo y requiere de experiencia (Benítez, 2003).

Ecuaciones simultáneas

Este enfoque emplea el álgebra para determinar porciones de comida, y esta fórmula matemática sugiere un conjunto de ecuaciones lineales donde los alimentos son simbolizados por variables que indican las porciones alimenticias. (Galarza Cortez, 2022)

Cuadrado de Pearson

El cuadrado de Pearson es un método que se puede utilizar para determinar la cantidad de nutrientes necesarios para una dieta equilibrada.

Este método facilita la combinación de dos ingredientes que poseen distintos niveles de nutrientes para lograr una mezcla que cuenta con la concentración anhelada (proteína, energía) (Alvarado Martínez, 2018)

Programación lineal:

La programación lineal (PL) es un componente de la programación matemática y se presenta como un método de optimización para abordar situaciones donde se deben distribuir recursos limitados entre actividades en competencia, enfocándose únicamente en funciones objetivo y restricciones que son lineales. (Fernández, 2011).

Programación no lineal

Se considera como tal al conjunto de métodos utilizados para optimizar una función objetivo, sujeta a una serie de restricciones en los que una o más de las variables incluidas es no lineal, No siempre la solución óptima se encuentra en un punto extremo de la región de factibilidad, La función objetivo, las restricciones ó ambas pueden ser no lineales (Cantú Cuéllar, 1996).

2.6.2. Formulación de helados por programación lineal

Una de las aplicaciones iniciales de la Programación Lineal fue el Problema de la Dieta, donde se busca encontrar la combinación más adecuada de alimentos al coste más bajo posible. Este es un objetivo común, aunque también puede incluir la meta de minimizar o maximizar la ingesta calórica. (Conejero Calvo de León, 2013).

2.7. INSUMOS USADOS EN LA HELADERIA

2.7.1. Leche

La leche es un fluido blanquecino y opaco, resultado exclusivo del ordeño de una vaca lechera sana, bien nutrida y no estresada. Desde un punto de vista técnico, la leche es un producto que las glándulas mamarias de los mamíferos hembra producen, destinado a alimentar a sus crías durante los primeros meses de existencia. Se trata de una combinación compleja de grasa, proteínas, lactosa, minerales, vitaminas y otros diminutos elementos en solución (Agudelo Gómez & Bedoya Mejía, 2005).

La leche de vaca esta compuesta por un contenido proteico del 3,5% (oscilando entre el 2,9% y el 3,9%). Esta "proteína láctea" se compone de una variedad de fracciones proteicas de diferentes pesos moleculares. Las proteínas se dividen en dos categorías principales: caseínas (80%) y proteínas del suero (20%).

La leche de vaca está constituida por sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobalto, cobre, fósforo, fluoruros, yoduros. En la estructura de los glóbulos grasos, los minerales calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo y zinc están presentes

en mayores cantidades. Por otro lado, el calcio se encuentra predominantemente unido a la caseína. Solo un tercio del calcio y magnesio existe en forma de iones libres. (Agudelo Gómez & Bedoya Mejía, 2005)

2.8. AGUAYMANTO

El aguaymanto es una especie nativa de la serranía peruana, que posee un diminuto fruto que discrepa con su grandeza nutricional y terapéutica (Jurado Teixeira et al., 2016).

Figura 1 *Fruto del aguaymanto*



Fuente: Elaboración propia

El aguaymanto es una fruta originaria de nuestro país, su baya cambia de tonalidad de amarillo a ocre o amarillo anaranjado en su madurez. Posee una piel fina y brillante que está cubierta por un cáliz. Su sabor puede oscilar entre ácido y bastante agrio. Se disfruta fresca, en ensaladas, helados y tartas. Este fruto es una excelente fuente de vitaminas. Los carotenoides son los compuestos que le otorgan el color distintivo al aguaymanto. (Bendezu Villar, 2019).

2.8.1. Composición nutricional

Investigaciones recientes han evidenciado que la uchuva (*Physalis peruviana*) constituye una fuente significativa de nutrientes y compuestos bioactivos que resultan altamente beneficiosos tanto para la salud como para la industria alimentaria en la creación de productos alimenticios funcionales. (Etzbach et al., 2019).

El aguaymanto (*Physalis Peruviana* L) ha sido considerado como una excelente fuente de provitamina A, minerales, vitamina C y vitaminas del grupo B. Contienen un 15% de sólidos solubles, en su mayoría azúcares, y su elevado contenido de fructosa la convierte en un alimento benéfico para personas con diabetes. El contenido de fósforo es elevado en comparación con otras frutas. Es destacable su rico aporte de fibra dietética, en la que la pectina presente en la fruta desempeña el papel de regulador intestinal. (Ramadan, 2011).

El aguaymanto (*Physalis Peruviana* L) se destaca los azúcares, pectinas, almidones, carotenos, riboflavina y contribuyen a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, a continuación, se muestra la composición nutricional del aguaymanto en la tabla 4.

Tabla 4*composición nutricional del aguaymanto (En 100gramos de parte comestible)*

Componentes	Contenido promedio
Agua (g)	78,9
Proteínas (g)	0,054
Carbohidratos (g)	19,6
Fibra (g)	4,9
Calorías	73,0
Pro vitamina A (ug)	648,0
Vitamina B1 (mg)	0,1
Vitamina B2 (mg)	0,03
Vitamina B6 (mg)	1,73
Vitamina C (mg)	43,0
Grasa (g)	0,16
Cenizas (g)	1,0
Calcio (mg)	8,0
Fósforo (mg)	55,3
Hierro	1,2 mg

Fuente: (Camacho, 2000).

2.8.2. Propiedades funcionales

El aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) presenta, entre otros nutrientes, compuestos bioactivos tales como el ácido ascórbico, β -caroteno (provitamina A), compuestos fenólicos y diversas vitaminas que podrían ofrecer un efecto saludable en el organismo, superior al que resultarían de los nutrientes aislados presentes en él. El ácido ascórbico, que actúa como antioxidante, tiene una concentración de aproximadamente 28,55 mg/100g, y es esencial para el desarrollo y la reparación de los tejidos corporales. Es crucial para la formación del colágeno, así como de tejidos cicatriciales, tendones, ligamentos y vasos sanguíneos. En cuanto al β -caroteno que se encuentra en el aguaymanto (1,77mg/100g), su ingesta está asociada a un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer en quienes lo consumen. Además, se destaca como un potente agente anti-radical libre, siendo muy beneficioso en el tratamiento de varios tipos de cáncer. (Bendezu Villar, 2019).

2.9. ZANAHORIA

Las zanahorias son una de las verduras más consumidas en el mundo y son conocidas como una excelente fuente de β -caroteno, un carotenoide que desempeña un papel esencial en los seres humanos. El β -caroteno es un precursor de la vitamina A, que es esencial para la función epitelial, el desarrollo embrionario y la función del sistema inmunológico (Hernández Toxqui et al., 2021).

2.9.1. Composición nutricional

La zanahoria contiene aproximadamente un 88 % de agua, un 1 % de proteínas, un 7 % de carbohidratos, un 0,2 % de grasa y un 3 % de fibra, calcio, hierro, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cobre y otros oligoelementos beneficiosos para el cuerpo humano también están presentes en las zanahorias. La gran mayoría de los carbohidratos de las zanahorias son monosacáridos, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, junto con una pequeña cantidad de almidón (Tian et al., 2024).

Tabla 5

Composición nutricional de la zanahoria

Componentes nutricionales	contenido nutricional
Calorías	27 kcal
Proteínas	0,6 g
Grasa	0,1 g
Carbohidratos	6,2 g
calcio	21 mg
Fosforo	18 mg
Vit. C	4 mg
Carotenos totales	12000,00 ug

Nota. Fuente: Burgos Sierra & Calderón Rivera,(2009)

2.10. LECHE EN POLVO DESCREMADA

La leche en polvo constituye un excelente alimento de múltiples indicaciones. No solo puede consumirse como leche líquida después de reconstituirse, si no que,

bajo la forma de polvo desnatado es empleada por los fabricantes de helados y de pastas alimentarias; también se usa en la pastelería. Se distinguen muchas categorías de leche en polvo; leche en polvo entera, semidescremada y descremada. La presencia de grasa incrementa ciertas dificultades de fabricación a causa del peligro de oxidación enranciamiento durante su conservación. Para agregar al mix de helados se consigue una mejor solubilidad mezclándola con una parte de azúcar de la formula y disolviéndola con el resto de los ingredientes a temperatura que oscila entre los 40-50°C (Veisseyre, 1972).

2.11. AZUCARES

Es un ingrediente ideal debido a su elevada solubilidad, sabor dulce y bajo precio. Ayuda a aumentar el contenido de sólidos y brinda un buen respaldo a los aromas que se incorporan. Generalmente se usa en proporciones que varían del 12 al 16% del total de la mezcla de helados de leche; en cambio, para los sorbetes es necesario agregar entre el 20 y el 30%. Utilizar la sacarosa como el único tipo de azúcar en el helado puede resultar en una textura muy dura cuando se encuentra a -18°C. El azúcar blanco solo contiene carbohidratos (sacarosa), con un valor energético de 398 kcal por cada 100 gramos, y carece de proteínas, grasas, minerales y vitaminas. (Angulo Celestino, 2017).

2.12. PROGRAMACIÓN LINEAL

La programación lineal (LP) es un método matemático para determinar una forma de lograr el mejor resultado (como el beneficio máximo o el costo más bajo) en un modelo

matemático dado para una lista de requisitos representados como ecuaciones lineales. Más formalmente, la programación lineal es una técnica para la optimización de una función objetivo lineal, sujeta a restricciones de igualdad lineal y desigualdad lineal. Dado un politopo y una función afín de valor real definida en este politopo, un método de programación lineal encontrará un punto en el politopo donde esta función tiene el valor más pequeño (o más grande) si tal punto existe, buscando a través de los vértices del politopo (Ofori, 2013).

La programación lineal es una herramienta matemática utilizada para encontrar la mejor solución de muchas desigualdades lineales relacionadas con alguna situación. En el saludo de la vida real, la programación lineal es una parte muy importante en diferentes áreas de la industria. Un gran número de empresas están utilizando para resolver varios tipos de problemas prácticos. Los supervisores de la organización con frecuencia buscan opciones que se identifican con la utilización de recursos restringidos. Estos recursos pueden incorporar personas, materiales y dinero. Las aplicaciones incluyen problemas de transporte, planificación de la producción, problemas de decisiones de inversión, problemas de combinación, problemas de ubicación y asignación, entre muchos otros (Kriri, 2018).

Un problema de diseño óptimo que tiene funciones de restricción y costo lineal en las variables de diseño se denomina problema de programación lineal. Los problemas de programación lineal surgen en algunos campos de la ingeniería, como los recursos hídricos, la ingeniería de sistemas, el control del flujo de tráfico, la gestión de recursos y la ingeniería del transporte. (Arora, 2004).

La programación lineal es una herramienta matemática para determinar las variables de formulados en ecuaciones lineales en la optimización de la función objetivo (Marins & Perin Filho, 1996). En el desarrollo e innovación de alimentos en general, el objetivo es optimizar la función objetivo, sea maximizando algún componente nutricional o minimizando el costo, consiste en determinar la cantidad de las materias primas de la mezcla para satisfacer las restricciones que vendría a ser los componentes químicos del producto a desarrollar (Rosero Noguera et al., 2011). La programación lineal es un procedimiento matemático cuyo desarrollo data de la mitad del siglo XX (Barbosa, 1997; Simonovic, 1992). Este desarrollo es considerado por numerosos expertos como uno de los logros científicos más significativos del siglo pasado, teniendo en cuenta su influencia y áreas de uso en diversas disciplinas, como la ingeniería, la economía, la sociología y la biología, entre otras. (Ayuso, 2007). Se desarrolló durante la segunda guerra mundial para planificar los ingresos y los egresos, reduciendo los costos de la guerra y maximizando el daño en el enemigo (Megiddo, 1991).

El uso de la programación lineal mediante hojas de cálculo presenta numerosas ventajas, entre las cuales se encuentra la capacidad de ofrecer flexibilidad en la descripción de cada alimento y en la formulación de dietas adaptadas a las necesidades nutricionales de diversos grupos etarios. Se considera una herramienta sumamente útil, ya que facilita la integración de un complejo conjunto de requisitos, nutrientes y precios para crear raciones que estén bastante bien equilibradas. (Rosero Noguera et al., 2011).

Son muchas las investigaciones realizadas en la industria alimentaria. Es necesario revisar algunos de estos trabajos. En estos días, la herramienta de toma de decisiones más

utilizada en la industria es la programación lineal, que ayuda a los gerentes y la administración para varias funciones para lidiar con la producción y otras operaciones de la industria (Fagoyinbo et al., 2011). Balogun y col. trabajaron para maximizar los beneficios con el modelo programación lineal , se centran en la aplicación de programación lineal problema para impulsar el máximo beneficio de la producción de refrescos para Nigeria Bottling Company Nigeria, planta de Ilorin 2012 (Nadar, 2016). El resultado fue que descubrieron que Niger Mills Company Calabar debería producir 576 (50 kg) sacos de harina por día, y dejar de producir sémola y despojos de trigo, debido a que no son óptimos, para permitir que la empresa maximice las ganancias. Saurav y Ashish trabajaron para utilizar el análisis de sensibilidad con el fin de completar el estudio de los efectos de las variaciones paramétricas en el volumen de producción (Dhand & Singla, 2016).

El análisis de sensibilidad es una de las áreas más interesantes de la optimización. Es una técnica que se usa para determinar cómo los diferentes valores de una variable independiente impactan a una variable dependiente bajo un conjunto dado de supuestos. El análisis de sensibilidad (o análisis posterior a la optimización) se utiliza para determinar cómo la solución óptima se ve afectada por los cambios, dentro de rangos especificados, en los coeficientes de la función objetivo o los valores del lado derecho (Kriri, 2018).

Rosero Noguera et al. (2011). manifiestan para la construcción de modelos de programación lineal es necesario cumplir con los siguientes requisitos: 1) Definir la función objetivo que la optimización desea alcanzar. En el desarrollo y formulación de alimentos la función objetivo es formular a mínimo costo; 2) Definir las variables a

determinar. La cantidad de los insumos a usar. 3) Definir las restricciones y criterios de decisión. Estas restricciones, se refieren al componente químico o característica del alimento a desarrollar.

Stigler, (1945) Economista que llevó a cabo una diversidad de investigaciones sobre la industria y el funcionamiento de los mercados, lo que lo llevó a recibir el premio Nobel de economía en mil novecientos ochenta y dos. En esencia, George Stigler investigó el costo más bajo de una dieta equilibrada en Estados Unidos para comprender lo que realmente se considera “bajo costo” en el mercado y en la sociedad, ya sea en términos de alimentos o de programas dietéticos. Así, su estudio se fundamentó en cinco aspectos.:

1. Identificación de la cantidad de nutrientes necesarios para la dieta de una persona promedio de Estados Unidos
2. Identificación de los alimentos que contienen los nutrientes necesarios para la dieta de una persona promedio
3. Obtención de los precios de los alimentos que contienen los nutrientes necesarios para una persona promedio en Estados Unidos
4. Identificación del costo mínimo de una dieta balanceada para los meses de agosto en los años 1939 y 1944
5. Comparación entre lo que convencionalmente se refiere a dietas de bajo costo frente a los resultados obtenidos en el estudio.

La programación lineal ofrece muchas ventajas, como el cálculo rápido y la amplitud de las características nutricionales de un producto. En la práctica, las ventajas y desventajas de aplicar la programación lineal en una empresa de fabricación de jamón se describieron

previamente (Chan et al., 1992). mientras que se reportaron ventajas notables para los nutricionistas lácteos (VandeHaar & Black, 1991).

2.12.1. Función objetivo

Solución óptima: este es el conjunto de puntos de todas las regiones factibles que produce el valor óptimo (máximo o mínimo) de la función objetivo (Ofori, 2013).

El modelo utilizado fue aplicado por diversos investigadores (Arora, 2004; Romero et al., 2019), el cual se representa de la siguiente manera:

$$\text{Min } \sum_{j=1}^j C_j X_j \dots \dots \dots \text{ecuación (3)}$$

Donde:

C_j = el costo del alimento j

X_j = la cantidad del alimento j

Todas las funciones de un problema de programación lineal se pueden representar en la forma de ecuación (4). Sin embargo, cuando hay múltiples funciones lineales, las constantes C_j deben estar representadas por subíndices dobles en lugar de solo un subíndice (Arora, 2004).

2.12.2. Restricciones

Sujeto a las restricciones

$$d \leq AX \leq b$$

$$x \geq 0$$

Donde d y b indican los extremos inferior y superior del rango de nutrientes sugeridos para un individuo promedio, los componentes de la matriz A corresponden a la cantidad en gramos por dólar del nutriente i en el alimento j. Las variables $X = (x_i)$ representan el costo en dólares de los alimentos j que se necesitan adquirir para cumplir con el modelo. Por lo tanto, la meta es reducir el total de la suma de los alimentos que se deben comprar. (Stigler, 1945).

La ecuación 5 ampliada representa (Arora, 2004).

$$a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad \text{ó} \quad \sum_{j=1}^n a_{1j}x_j = b_1 \dots \dots \dots \text{ecuación (4)}$$

$$a_{21}x_1 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad \text{ó} \quad \sum_{j=1}^n a_{2j}x_j = b_2 \dots \dots \dots \text{ecuación (5)}$$

$$a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad \text{ó} \quad \sum_{j=1}^n a_{mj}x_j = b_m \dots \dots \dots \text{ecuación (6)}$$

$$x_i \geq 0; j = 1, 2, \dots, n$$

Donde a_{ij} y b_i son constantes conocidas. Los lados derechos b_i de las restricciones a veces se denominan límites de recursos.

2.12.3. Variables

Las variables vienen a conformar los insumos de la mezcla base, puede ser también tiempo de proceso, costo de insumo, costo de mano de obra, etc. Para mayor claridad en

la notación, supongamos que x representa un vector n que consta de las variables de diseño originales y cualquier variable adicional utilizada para transcribir el problema a la forma estándar. El problema estándar de programa lineal, se define como encontrar las variables x_i , $i = 1$ hasta n (Arora, 2004).

x_1 : Variable 1 a encontrar

x_2 : Variable 2 a encontrar, así sucesivamente para todas las variables involucradas.

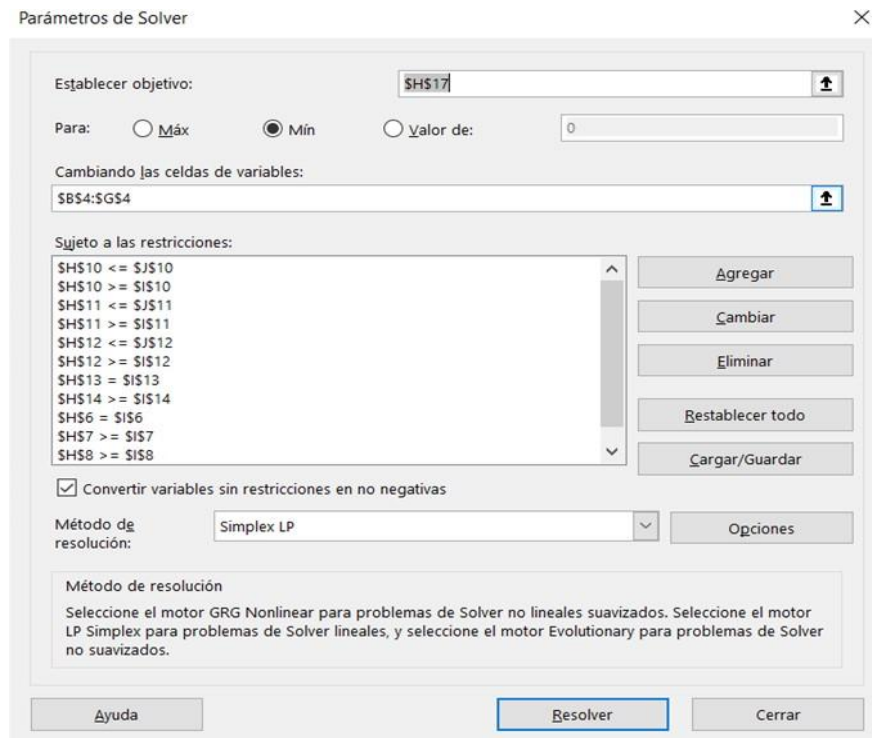
2.12.4. Métodos de resolución en Excel

La forma en que se puede resolver un programa lineal en Excel puede ser geométrica y analítica con Simplex Linear Programming Excel Solver (Romeo, 2020). El método simplex, desarrollado por el matemático George Dantzig, es uno de los hallazgos más importantes en la teoría de la programación lineal, y es esencialmente un algoritmo iterativo que tiene como objetivo encontrar la solución óptima en las esquinas de la región factible, y esto es posible porque en la programación lineal la solución, si alguna vez existe, siempre se ubica en una de las esquinas (o puntos extremos, o vértices) de la región factible, que está representada por las restricciones de la ecuación lineal. El simplex es el nombre del poliedro convexo n -dimensional (o politopo convexo n -dimensional) obtenido de la intersección de los hiperplanos (es decir, las restricciones), con esquinas que representan los puntos extremos del poliedro convexo y el método simplex proporciona el procedimiento iterativo de modo que nos movemos de una esquina de la región factible a otra, hasta que se alcanza la solución óptima. Numéricamente, el método simplex es un proceso engorroso, y afortunadamente Excel tiene la opción simplex

incrustada dentro del Solver y esto se usará en los problemas aplicados que mostraremos a continuación.

Figura 2

El simplex en Solver



2.12.5. Ventaja y características principales del Excel

Las ventajas del Excel son:

- La utilización de la programación lineal a través de hojas de cálculo ofrece múltiples ventajas, una de ellas es permitir cierta flexibilidad para describir cada alimento y formular alimentos ajustadas a los requerimientos nutricionales para diferentes grupos de edad de las personas. Es una valiosa herramienta que permite

combinar un complicado conjunto de requerimientos, nutrientes y costos para formular raciones relativamente bien balanceadas(Rosero Noguera et al., 2011).

- Excel cuenta con una herramienta muy eficaz llamada "El Solver". Este recurso realiza lo que los expertos denominan "optimización"; determina el valor óptimo de una función sujeta a ciertas restricciones, permitiendo ingresar múltiples limitaciones y exhibiendo una rapidez impresionante en el cálculo de las soluciones.
- Es un programa de fácil manejo y muy potente, presenta los datos de forma estética.
- El uso de las celdas en Excel para llevar a cabo cambios en una misma función con variados valores, es una de las funciones destacadas de esta herramienta.(Almquist, 1953).
- El procedimiento para resolver ecuaciones que contienen una sola variable es relativamente fácil. No obstante, cuando se trata de un conjunto que incluye varias incógnitas en múltiples ecuaciones, este procedimiento se transforma en algo bastante más complejo y laborioso. Una de las ventajas más destacadas de Solver es su habilidad para manejar rápidamente situaciones que implican varias variables desconocidas. Esto a menudo se denomina "álgebra lineal. " Mientras que las fórmulas tradicionales de Excel se limitan a realizar cálculos simples, Solver dispone de un motor matemático dentro de Excel que supera con creces esa capacidad y ejecuta algoritmos para abordar problemas avanzados, permitiendo así obtener los resultados de múltiples variables de manera simultánea. Esto resulta especialmente beneficioso en situaciones donde hay muchas incógnitas., o muchos conjuntos diferentes de ecuaciones, cada uno con

su propio conjunto de variables desconocidas. Solver ahorra horas de cálculos algebraicos manuales en estas circunstancias. (Romeo, 2020).

- La optimización es un objetivo fundamental de Solver, tal como se aplica en el ámbito empresarial. Al igual que en el álgebra lineal, muchas etapas en el desarrollo de productos están influenciadas por diversos factores, cada uno de los cuales puede alterar de manera considerable los márgenes de ganancia o la calidad del producto. Si se puede formular matemáticamente la relación entre estos factores y los objetivos deseados por una empresa, Solver puede determinar de manera eficaz el valor de estos elementos para cumplir con dichas metas. Por ejemplo, si planea inaugurarse un nuevo servicio de automóviles con un presupuesto de medio millón de dólares, su intención podría ser identificar cuántos vehículos puede adquirir para su flota. Este es su objetivo, pero hay restricciones. El capital disponible es una limitación evidente, pero también puede haber requisitos mínimos para distintos tamaños de vehículos. Si puede plantear estas afirmaciones en términos matemáticos, Solver puede indicarle cómo cumplir con todas las limitaciones y aun así obtener la flota más extensa por su inversión en efectivo. De este modo, Solver ha optimizado su estrategia comercial. (Lisitsyn et al., 2020; Prosekov et al., 2018).

2.12.6. Desventaja del Excel

Las desventajas son:

- La cantidad de "celdas de variables a modificar" y el número de restricciones presentan un límite específico, y esta última cifra está sujeta al tipo de modelo (lineal o no lineal) y a la manera en que se presentan las restricciones. Así, si es

necesario abordar un problema extenso con un elevado número de variables, utilizar un solver no se considera una opción adecuada..

- Modelos no lineales pueden llegar a ser muy difíciles de resolver por solver, por lo que se requiere ciertas condiciones al momento de ingresar los datos, las restricciones, establecer el objetivo y escoger las celdas de las variables a cambiar. (Romeo, 2020).
- Solo tiene compatibilidad con Windows y Mac
- Las nuevas versiones no brindan grandes cambios o mejoras para los usuarios
- Excel representa un sistema que resulta bastante complejo para muchos usuarios. Para utilizarlo de manera eficiente, es necesario poder moverse a través de la interfaz, la cual es mucho más enrevesada en comparación con su diseño original. En versiones previas, los usuarios podían simplemente señalar y hacer clic para generar atractivas hojas de cálculo.(Granato & Ares, 2014).
- No obstante, Microsoft ha incorporado numerosas funcionalidades a lo largo del tiempo, las cuales ahora debo buscar en varios lugares o menús. Este enfoque ha generado algo de confusión e incluso ha eliminado algunas características que eran del agrado de los usuarios. En la actualidad, existen tutoriales y guías para principiantes que pueden asistirte con Excel. (Arteaga et al., 1994; Granato & Ares, 2014).

2.13. FORMULACIÓN DE ALIMENTOS USANDO PROGRAMACIÓN LINEAL

El concepto de alimentar concentraciones de nutrientes económicamente óptimas basadas en funciones de rendimiento decreciente no es nuevo, pero rara vez se ha utilizado en nutrición (Almquist, 1953). La programación lineal es un método eficaz para encontrar el menor costo posible de una unidad de dieta que satisfaga un conjunto de especificaciones de nutricionales de una dieta o alimento. La combinación de insumos de menor coste comúnmente aplicada no tiene en cuenta la productividad ni utiliza la información de productividad para establecer los niveles de energía y proteínas en respuesta a sus precios (Pesti et al., 1986).

El desarrollo de nuevos productos depende de las demandas del mercado, el precio de producción, la legislación y el entorno de producción (Granato et al., 2014). Con todos estos requisitos a la vista, es importante optimizar la formulación de un alimento antes de la fabricación, con el objetivo de ahorrar los recursos industriales tanto como sea posible (Musina et al., 2017).

En el diseño de productos alimenticios multicomponente, es de gran importancia la oportunidad de modelar las características del producto terminado y predecir su calidad, así como las propiedades funcionales y tecnológicas (Lisitsyn et al., 2020; Prosekov et al., 2018) .

Multicomponente se basa en el principio de combinatoria de alimentos. Este proceso implica la creación de nuevas formulaciones mediante una cuidadosa selección de materias primas, ingredientes y aditivos dietéticos y biológicamente activos. Estas combinaciones equilibran el producto y aseguran las propiedades sensoriales y fisicoquímicas requeridas, así como los valores nutricionales, biológicos y energéticos (Zharinov & YuA, 2004).

Actualmente, las ciencias de la nutrición identificaron suficientemente los principales requerimientos diarios recomendados de macronutrientes y micronutrientes y otros principios relevantes para obtener una dieta equilibrada y saludable en la población (Lara et al., 2014; McClements et al., 2009; Montagnese et al., 2015; Péter et al., 2014; Story et al., 2008). Por lo tanto, el siguiente paso lógico para abordar la escasez nutricional consiste en diseñar alimentos asequibles basados en dichos principios. Esa no es una tarea simple ni asequible de lograr en la industria alimentaria, ya que comúnmente la totalidad del presupuesto de I + D se asigna al desarrollo de nuevos productos. El presupuesto de I + D suele verse afectado por la alta tasa de fallos de los productos alimentarios piloto en el mercado (Arteaga et al., 1994; Filippetti & Archibugi, 2011; Makkonen, 2013; Mulyanto, 2016; Winger & Wall, 2006). El desarrollo de nuevos productos depende de las demandas del mercado, el precio de producción, la legislación y el entorno de producción (Granato & Ares, 2014). Con todos estos requisitos a la vista, es importante optimizar la formulación del producto antes de la fabricación, con el objetivo de ahorrar los recursos industriales tanto como sea posible.

Existen varios enfoques para las formulaciones y el diseño de los alimentos. En la mayoría de los casos, tienen un carácter multifactorial (Bower et al., 2013) y pueden derivarse de varios tipos de materias primas, aditivos, etc. Por lo tanto, es importante señalar que el "diseño de alimentos" en este original del manuscrito se refiere al proceso de creación de formulaciones / mezclas que tendrán tendencia a proporcionar la cantidad deseada de ciertos nutrientes en la ingeniería de alimentos (Musina et al., 2017). Completa factorial, método de superficie respuesta, matrices ortogonales de Taguchi, diseños de mezclas, etc. son algunos de los numerosos diseños experimentales utilizados

para optimizar la formulación de productos alimenticios compuestos nuevos y existentes (Granato & Ares, 2014).

En el pasado, se desarrollaron numerosos programas para el cálculo de mezclas y el diseño de productos compuestos. Este software se puede dividir en dos grandes categorías: (a) programas industriales para la industria grande utilizados como parte del software de gestión de producción; y (b) programas informáticos operativos a pequeña escala destinados al diseño de productos específicos (para pequeños departamentos de I + D, universidades, etc.) (Musina et al., 2017).

Uno de los requisitos para la seguridad nutricional es el acceso suficiente a macro y micronutrientes a bajo costo. Las deficiencias de micronutrientes (hierro, zinc, folato, calcio, magnesio, yodo y vitaminas) plantean serios problemas en todos los países, independientemente de su nivel de desarrollo (Musina et al., 2017).

Los principios combinatorios de alimentos se inclina hacia los conceptos de diseño equilibrado de productos compuestos (Lipatov, 1990), donde el término "productos compuestos" refleja menos las características de las formulaciones, pero más la combinación óptima y proporcionada de ingredientes en la mezcla de alimentos (Donskova, 2013). Por ejemplo, a partir del conjunto de ingredientes que contienen proteínas, es posible calcular las formulaciones alimentarias óptimas, donde la proporción de dichos ingredientes proporciona un contenido equilibrado de aminoácidos en el producto. El contenido de aminoácidos de los ingredientes se puede obtener fácilmente de la base de datos de nutrientes como referencia (Lipatov, 1986).

Para obtener las características nutritivas deseadas de las mezclas de alimentos, emplea el (los) conjunto (s) de ecuaciones matemáticas que proporcionan soluciones para

alterar la composición de tales mezclas, generalmente manipulando los pesos de las materias primas. Los conjuntos de ecuaciones matemáticas se pueden ampliar de acuerdo con las necesidades de producción. Por lo tanto, los métodos modernos de diseño de alimentos basados en FCP son lo suficientemente flexibles como para incorporar nuevos enfoques técnicos para resolver problemas complejos y aumentar la utilidad general para la producción de alimentos (Donskova, 2013).

2.13.1. Información nutricional aplicada a los principios combinatorios de alimentos

Durante la formulación y desarrollo de alimentos, el enriquecimiento y fortificación son enfoques útiles de procesamiento capaces de entregar los nutrientes necesarios a las personas. La fortificación de alimentos se usa comúnmente en países desarrollados y en desarrollo para mejorar el estado nutricional público (Musina et al., 2017). Actualmente, las ciencias de la nutrición identificaron suficientemente los principales requisitos diarios recomendados para los macro y micronutrientes y otros principios relevantes para obtener una dieta equilibrada y saludable en la población (Lara et al., 2014; Montagnese et al., 2015; Péter et al., 2014).

El próximo paso lógico para enfrentar la escasez nutricional consiste en diseñar alimentos asequibles basados en dichos principios (Musina et al., 2017). Esa no es una tarea sencilla ni asequible en la industria alimentaria, ya que comúnmente la totalidad del presupuesto de I + D se destina al desarrollo de nuevos productos. El presupuesto de I + D suele estar cargado por la alta tasa de fallas de los productos piloto de alimentos en el mercado (Mulyanto, 2016).

2.13.2. Optimización de formulaciones de alimentos con programación lineal

Arora, (2004) manifiesta que la formulación del problema de una tarea de diseño es un paso importante que debe definir un modelo realista para el sistema de ingeniería en consideración. Las matemáticas de los métodos de optimización pueden dar lugar fácilmente a situaciones absurdas o que violen las leyes de la física. Por lo tanto, para transcribir correctamente una tarea de diseño en un modelo matemático, los diseñadores deben usar la intuición, la habilidad y la experiencia. Los siguientes puntos pueden servir como principios rectores para generar un modelo matemático que sea fiel a la tarea de diseño del mundo real:

- 1) En una formulación inicial del problema, todos los parámetros posibles deben verse como posibles variables de diseño. Es decir, se debe permitir una considerable flexibilidad y libertad para analizar diferentes posibilidades. A medida que adquirimos más conocimientos sobre el problema, las variables de diseño redundantes se pueden corregir o eliminar del modelo.
- 2) La existencia de una solución óptima a un modelo de optimización de diseño depende de su formulación. Si las restricciones son demasiado restrictivas, es posible que no haya ninguna solución viable al problema. En tal caso, las restricciones se deben relajar permitiendo límites de recursos más grandes para las restricciones de desigualdad.
- 3) El problema de optimizar más de una función objetivo simultáneamente (problemas multiobjetivo) se puede transformar en el problema estándar asignando factores de ponderación a diferentes funciones objetivo para

combinarlas en una sola función objetivo. el criterio más importante puede tratarse como la función de costo y los restantes como restricciones.

- 4) Las funciones de costos potenciales para muchos sistemas estructurales, mecánicos, automotrices y aeroespaciales son el peso, el volumen, la masa, la frecuencia fundamental, la tensión en un punto, el rendimiento y la confiabilidad del sistema, entre otros.
- 5) Es importante tener funciones de restricción y costos continuas y diferenciables para los métodos basados en derivadas. En ciertos casos, puede ser posible reemplazar una función no diferenciable, como $|x|$ con una función suave x^2 sin cambiar la definición del problema drásticamente.
- 6) En general, es deseable normalizar todas las restricciones con respecto a sus valores límite. En cálculos numéricos, este procedimiento conduce a un comportamiento más estable.
- 7) A veces es deseable establecer un diseño factible para determinar la factibilidad de la formulación del problema.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.LUGAR DE EJECUCIÓN

La sección práctica del estudio de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Análisis de Alimentos y Tecnología Alimentaria, pertenecientes a la Facultad de Química y Metalurgia de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga en Ayacucho.

3.1.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el propósito del estudio, este se clasifica como un tipo de investigación experimental aplicada, y el nivel de investigación se incluye dentro de explicativo, predictivo y aplicado.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materia prima e insumos

- Leche entera
- Leche en polvo descremada
- Estabilizante (Carboximetil Celulosa)
- Azúcar
- Pulpa de Aguaymanto
- Zumo de zanahoria

3.2.2. Materiales de laboratorio

- Tamices domésticos (coladores)
- Vasos precipitados 500ml,1000 ml
- Espátula
- Bureta de 25 ml
- Butirómetro de Gerber

- Cuchillo
- Fiola de 25ml (2), 10ml, 100ml (2) y 1000 ml.
- Indicador de pH (PANPEHA)
- Recipientes (baldes, tinas)
- Piseta
- Papel toalla
- Matraz Erlenmeyer de 250ml (5) y 1000 ml
- Vaso precipitado de 100ml (2) y 500 ml
- Embudo
- Papel filtro
- Probeta de 5 ml, 25 ml y 100 ml
- Soporte universal

3.2.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Agitador con magneto: Marca IKAMAG RCT
- Centrífuga Gerber, marca FUNKE GERBER
- Termómetro digital ISOLAB
- Estufa modelo WSU 200, con rango de 0 a 300°C marca MLW -Germany
- Mufla modelo BNMF, marca BIONET S.A
- Digestor de proteína marca LABCONCO
- Espectrofotómetro Modelo spectroscan 5DV
- Refractómetro PAL-3, marca ATAGO
- Balanza analítica marca OHAUS capacidad 300g precisión 0.0001
- Congelador doméstico, marca Samsung
- Batidora doméstica, marca Record
- Licuadora doméstica, marca Oster
- Extractora doméstica, marca Oster

3.2.4. Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCl)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Ácido bórico (H₃BO₃)
- Agua destilada
- Acetona
- Ácido acético glacial al 20%
- Ácido ascórbico
- Ácido gálico
- Carbonato de sodio
- Dicloroindofenol
- Etanol al 96 %
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Rojo metilo
- Verde bromocresol
- Hexano
- Folin ciocalteu
- Sulfato de potasio (SO₄K₂)
- Sulfato de cobre (SO₄Cu)

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DESARROLLADA

La metodología experimental para elaborar el helado se muestra en la Figura 4, con la finalidad de minimizar el costo de formulación se modeló como un problema de programación lineal usado por (Kriri, 2018; Ofori, 2013).

3.4. DISEÑO METODOLOGICO

El diseño metodológico usado fue el que se muestra en la Figura 4.

Figura 3

Diseño experimental del helado

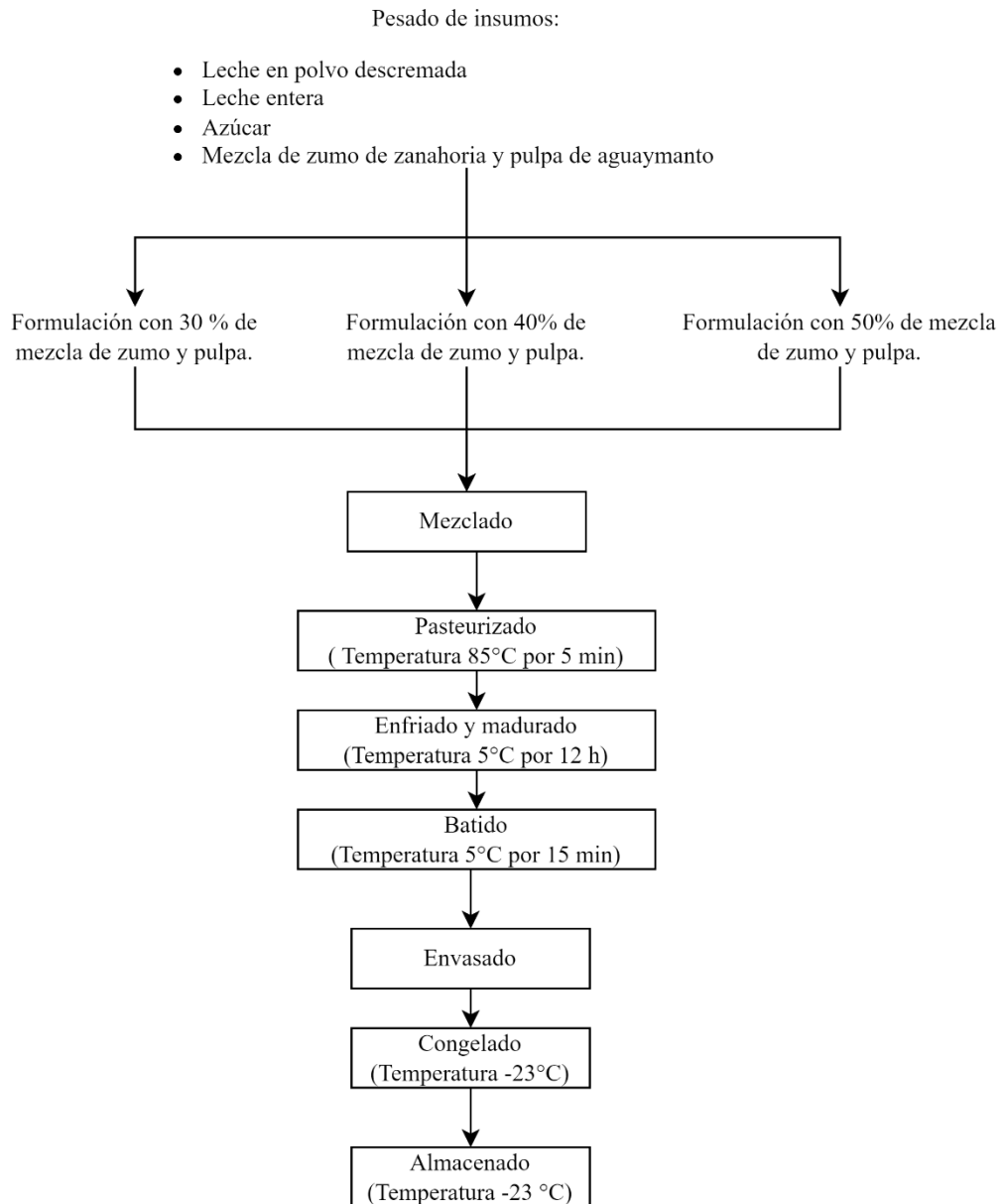
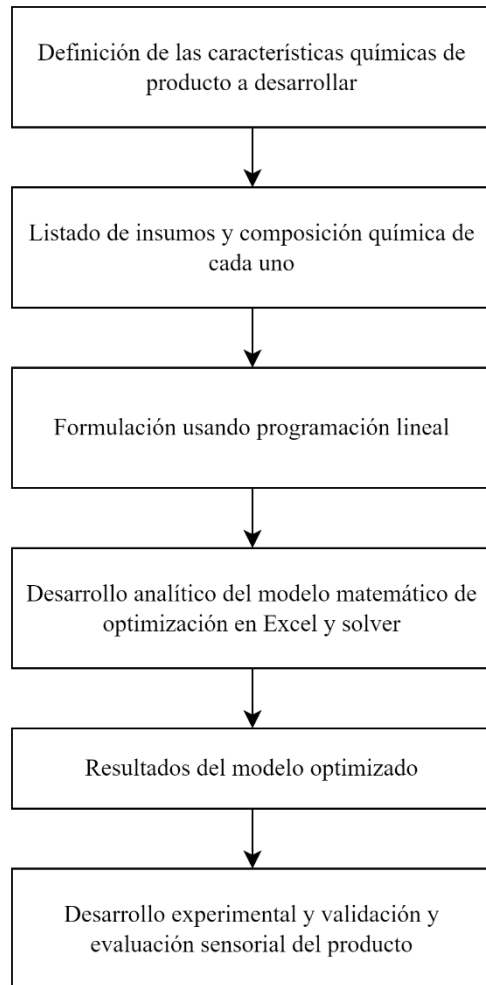


Figura 4

Metodología de formulación por optimización del helado



Descripción del procedimiento:

3.4.1. Restricciones de optimización (Características del helado a formular)

El helado funcional será aquel producto que tenga las siguientes características de contenido de mezcla base: grasa ≤ 4 %, sólidos totales entre 12 a 32%, sólidos lácteos no grasos =12%, proteínas >4 %, azúcar 15% y estabilizante 0.5% y adición de mezcla de

extracto de zanahoria-aguaymanto 30%, considerando a la vez el cumplimiento de la NTP 202.057:2006 de los helados.

Para la segunda formulación se usará una mezcla de extracto zanahoria-aguaymanto de 40% sobre la mezcla base; y en la tercera formulación se usará un 50% de extracto de zanahoria-aguaymanto.

Tabla 6

Restricción de variables para la optimización de formulación del helado

Componente	Formulación con 30 % de mezcla de zumo y pulpa.	Formulación con 40 % de mezcla de zumo y pulpa.	Formulación con 50 % de mezcla de zumo y pulpa.
Grasa de leche (%)	≤4	≤4	≤4
solidos lácteos no grasos (%)	12	12	12
Solidos Totales (%)	12 -32	12 -32	12 -32
Proteína (%)	≥4	≥4	≥4
Azúcar (%)	15	15	15
Pulpa de aguaymanto/ Zumo de zanahoria (%)	30	40	50
Estabilizante (%)	0.5	0.5	0.5

3.4.2. Composición química de insumos

Para el estudio en proceso se elaboró una lista de los insumos a usar. Además de la lista obtenida se determinó los componentes principales tomando como referencia la

tabla de composición de alimentos peruanos (Reyes García, Gómez-Sánchez Prieto, & Espinoza Barrientos, 2017).

Tabla 7

Composición química de los insumos a usarse

	Macronutrientes				
	Agua (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Energía (kcal)
Leche fluida	87,8	3,1	3,5	4,9	63
Leche en polvo descremada	3,2	36,2	0,8	52	362
Zumo de zanahoria	90,2	1	0,2	7,6	19
Pulpa de aguaymanto	79,8	1,9	0	17,3	51

	Micronutrientes (100 mg)				
	β - Caroteno μ g	Fe mg	Vit. C (mg)	Calcio (mg)	Vit. A(μ g)
Leche fluida	0	1,3	0,5	106	28
Leche en polvo descremada	0	1,2	6,8	1257	6
Zumo de zanahoria	6550	0,3	3,23	51	1092
Pulpa de aguaymanto	2640	1,24	43,3	11	440

3.4.3. Función objetivo a optimizar

La función objetivo es formular un helado a bajo costo y la composición química según las restricciones de la Tabla 6.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n X_i C_i \quad \text{ecuación 8}$$

3.4.4. Variables independientes

Las variables de decisión a determinar en la formulación por optimización se definieron de la siguiente manera:

X1: Leche en polvo descremada (Kg)

X2: Leche fluida (kg)

X3: Azúcar (kg)

X4: Estabilizante (kg)

X5: Extracto (Kg)

3.4.5. Desarrollo del modelo matemático para cada una de las formulaciones

Para confeccionar el modelo matemático de optimización se elaboró las ecuaciones matemáticas de la función objetivo en función de las variables definidas y restricciones (características químicas del producto desarrollarse), que a continuación se desarrolló como sigue:

a) Modelo matemático para formulación de helado con 30 % de mezcla de zumo y pulpa

Función objetivo

$$\text{Min} = 20X_1 + 2.5X_2 + 4X_3 + 6X_4 + 6X_5$$

Restricciones:

Cantidad total: $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 100$

Balance de grasa: $0,015X_1 + 0,034X_2 \leq 4$

Solidos totales: $0,97X_1 + 0,12X_2 \geq 12 \leq 32$

Solidos lácteos grasos: $0,95X_1 + 0,093X_2 = 12$

$$\text{Proteínas:} \quad 0,362X_1 + 0,031X_2 \geq 4$$

$$\text{Mezcla con 30\% de zumo y pulpa:} \quad 0,8661X_5 = 30$$

$$\text{Azúcar:} \quad X_3 = 15$$

$$\text{Estabilizante:} \quad X_4 = 0,5$$

$$X_1; X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$$

b) Modelo matemático para formulación de helado con 40 % de mezcla de zumo y pulpa

Función objetivo

$$\text{Min} = 20X_1 + 2.5X_2 + 4X_3 + 6X_4 + 6X_5$$

Restricciones:

$$\text{Cantidad total:} \quad X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 100$$

$$\text{Balance de grasa:} \quad 0,015X_1 + 0,034X_2 \leq 4$$

$$\text{Solidos totales:} \quad 0,97X_1 + 0,12X_2 \geq 12 \leq 32$$

$$\text{Solidos lácteos grasos:} \quad 0,95X_1 + 0,093X_2 = 12$$

$$\text{Proteínas:} \quad 0,362X_1 + 0,031X_2 \geq 4$$

$$\text{Mezcla con 40\% de zumo y pulpa:} \quad 0,8661X_5 = 40$$

$$\text{Azúcar:} \quad X_3 = 15$$

$$\text{Estabilizante:} \quad X_4 = 0,5$$

$$X_1; X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$$

c) Modelo matemático para formulación de helado con 50 % de mezcla de zumo y pulpa

Función objetivo

$$\text{Min} = 20X_1 + 2.5X_2 + 4X_3 + 6X_4 + 6X_5$$

Restricciones:

$$\text{Cantidad total:} \quad X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 100$$

Balance de grasa: $0,015X_1 + 0,034X_2 \leq 4$

Sólidos totales: $0,97X_1 + 0,12X_2 \geq 12 \leq 32$

Sólidos lácteos grasos: $0,95X_1 + 0,093X_2 = 12$

Proteínas: $0,362X_1 + 0,031X_2 \geq 4$

Mezcla con 50% de zumo y pulpa: $0,8661X_5 = 50$

Azúcar: $X_3 = 15$

Estabilizante: $X_4 = 0,5$

$X_1; X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$

3.4.6. Formulario en el Excel

Los formularios elaborados para desarrollar la formulación en el Excel son los siguientes:

Figura 5

Formulario en Excel para la mezcla del helado

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		LPD	LF	Azucar	Estabilizante	Mezcla de zumo y pulpa				
2		X1	X2	X3	X4	X5				
3							100.00006			
4								RESTRICION		
5	Total	1	1	1	1	1	0		100	
6	Grasa	0.015	0.034	0	0	0	0	<=	4	
7	STL	0.97	0.12	0	0	0	0		12	32
8	SLNG	0.95	0.093	0	0	0	0	=	12	
9	Proteina	0.362	0.031	0	0	0	0	>	4	
10	Mezcla de zumo y pulpa	0	0	0	0	1	0	=	30	
11	Azucar	0	0	1	0	0	0	=	15	
12	Estabilizante	0	0	0	1	0	0	=	0.5	%
13										
14	C.U	20	2.5	4	6	6				
15	C.Total	0	0	0	0	0	0			

3.4.7. Desarrollo en el solver

Figura 6

Solver para mezcla con 30% de zumo y pulpa

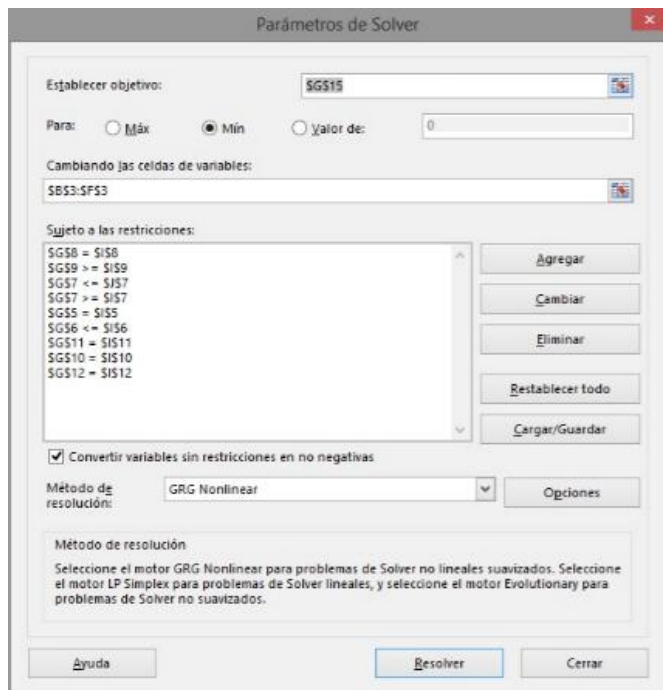


Figura 7

Solver para Mezcla con 40% de zumo y pulpa

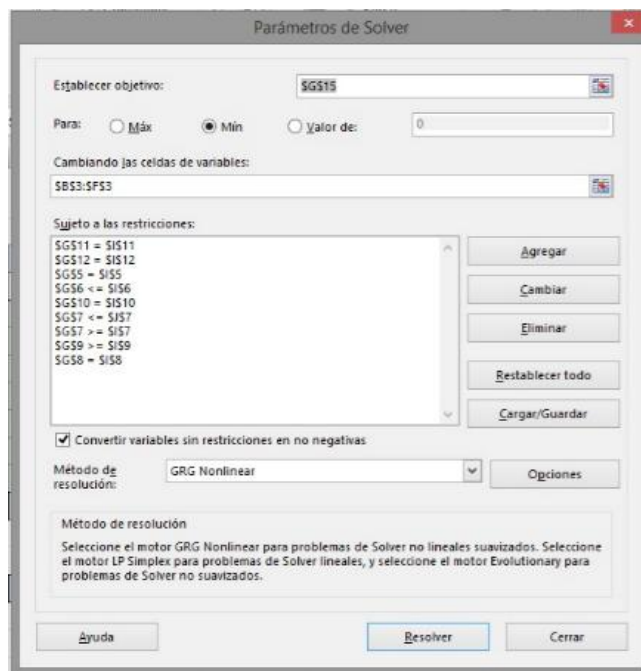
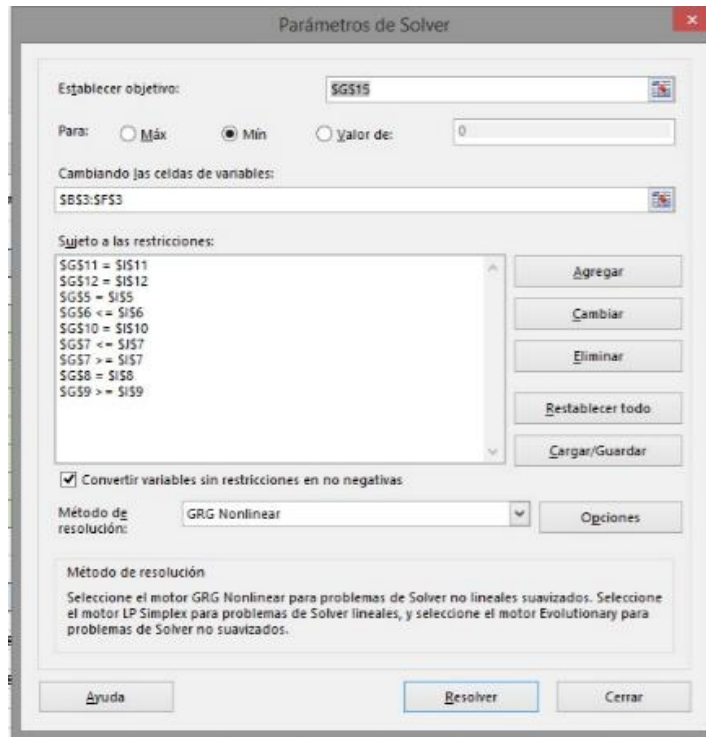


Figura 8

Solver para mezcla con 50% de zumo y pulpa



3.4.8. Experimentación

Para la experimentación, los resultados del ítem 3.5.7 se procedieron según la Figura 4, que a continuación se hace una descripción breve:

- 1) **Pesado de insumos:** se registraron las cantidades de insumos en (Kg) obtenidas durante la optimización de la formulación, tal como se muestra en la Figura 9, 10 y 11.
- 2) **Mezclado de componentes:** se calentaron y agitaron todos los ingredientes en un recipiente de acero de 6L de capacidad .
- 3) **Pasteurizado:** se procedió a pasteurizar seguidamente a 85°C por 5 minutos, controlados con termómetro digital y tiempo con cronometro.

- 4) **Enfriado:** a continuación, se enfrió la mezcla en un recipiente de 5L de capacidad utilizando un agua helada alcanzando a una temperatura de 15°C, y posteriormente se congeló a -20°C.
- 5) **Batido:** a continuación, se batió a la misma temperatura de -2°C hasta alcanzar el overrun deseado.
- 6) **Congelado:** La combinación, que había sido congelada y aireada con anterioridad, se vertió en envases de un litro de volumen. Luego, se llevó a un congelador casero a -20°C para solidificar el helado.
- 7) **Almacenado:** Los helados fueron guardados en una congeladora a la espera de su evaluación correspondiente.

3.5. ANALISIS FISICOQUIMICO DEL HELADO

3.5.1. Proteína

Se aplicó la metodología usada por Gálvez & Mérida,(2022) para la determinación de proteína del helado formulado se usó del método Kjeldahl AOAC 2001.11. El análisis se dividió en cuatro etapas: Preparación previo a la destilación, digestión, destilación y titulación.

3.5.2. Grasa

Se aplicó la metodología usada por Gálvez & Mérida,(2022) Se estableció el contenido graso de la mezcla de helado para cada tratamiento en dos ocasiones usando el método Gerber AOAC 995. 18. En primer lugar, se calentó agua a 60 °C. Después, se pesaron 9 g de la mezcla de helado en un butirómetro con una escala de 50%, añadiendo con una pipeta 9 ml del agua caliente. Posteriormente, se incorporaron 10 ml de ácido sulfúrico, asegurándose de que se deslizara lentamente a través del cuello del butirómetro

para que se depositara en el fondo. Una vez que la mezcla con el ácido sulfúrico estuvo lista en el butirómetro, se realizaron movimientos de rotación hasta conseguir una mezcla uniforme con un color marrón y se colocó el butirómetro en un agitador por un minuto. Luego, el butirómetro se llevó a una centrífuga de la marca Gerber y se centrifugó durante cinco minutos a una velocidad de 836 ± 25 rpm. Posteriormente, se añadió agua caliente hasta la parte baja del cuello del butirómetro y se centrifugó nuevamente durante dos minutos. Después, se agregó más agua hasta que la columna de grasa alcanzó la escala graduada en el cuello, y se centrifugó de nuevo durante un minuto para conseguir una completa separación de la grasa. Finalmente, se realizó la lectura utilizando la escala del butirómetro para determinar el porcentaje de grasa de cada tratamiento.

3.5.3. Carbohidratos totales

Para conocer el contenido de carbohidratos totales, se hizo una estimación por diferencia de los componentes anteriormente determinados (humedad, cenizas, proteína y grasa) expresado como Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). Para ello se hizo uso de la Ecuación : (Galvez & Mérida, 2022).

$$ELN = 100 - (\%Humedad + \%ceniza + \%Proteina + \%Grasa + \%Fibra dietetica)$$

3.5.4. Ceniza

Para la determinación de cenizas de la formulación del helado se hizo uso del método oficial AOAC 923.03 mediante la incineración en seco. La noche anterior a llevar a cabo el análisis se prepararon los crisoles, siendo lavados con agua; para luego ser secados en el horno de convección a 105°C . Luego se dejaron enfriar durante una hora dentro del desecador. Seguidamente se pesó cada crisol en la balanza digital y en ellos se

estableció una muestra de helado de $3,00 \pm 0,05$ g. De esta forma, se introdujeron nuevamente los crisoles al horno durante 4-5 horas y luego de que transcurriera ese tiempo se colocaron durante 30 minutos dentro del desecador. Luego, se colocaron los crisoles en la mufla a una temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 7 horas, hasta que se llegó a visualizar las cenizas con un color gris claro. Finalmente, se enfriaron los crisoles en el desecador durante 1 hora y se registraron los pesos con el fin de realizar los cálculos con la siguiente Ecuación:

$$\%CZ = \frac{(CZ)}{(MH)} * 100 \dots\dots\dots\text{ecuación (9)}$$

Donde:

CZ = masa ceniza

MI = masa muestra húmeda

(Galvez & Mérida, 2022)

3.5.5. Overrum

Se utilizó el enfoque metodológico propuesto por (Michue-Mango et al., 2015). La evaluación del aireado se realizó mediante muestreo, analizando el peso de la mezcla base en relación con el helado en un envase de volumen constante, conforme a la ecuación siguiente:

$$\text{Aireado}(\%) = \frac{\text{vol.helado}-\text{vol.mezcla}}{\text{vol.mezcla}} x 100 \dots\dots\dots\text{ecuación (10)}$$

3.5.6. Porcentaje de derretimiento y caída de la primera gota

Metodología utilizada por (Chacón-Villalobos et al., 2016) Tomando como base muestras de helado endurecido conservadas a cerca de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, se prepararon cilindros con un diámetro de 6 cm y un grosor de 2,5 cm, alcanzando un peso aproximado de 4 ± 5 g. Cada uno de estos cilindros fue ubicado en un tamiz con aberturas de 2,5 mm de ancho, que estaba sostenido sobre un beaker previamente tarado. Se registró el tiempo total de fusión del helado, asegurando que la temperatura se mantuviera entre 24 y 25 $^{\circ}\text{C}$, utilizando un sistema de aire acondicionado. A partir de las muestras de helado endurecido almacenado (alrededor de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), se cortaron cilindros de 6 cm de diámetro y 2,5 cm de grosor, resultando en un peso cercano a 4 ± 5 g. Cada cilindro se enfatizó en un tamiz con aberturas cuadradas de 2,5 mm de ancho, que estaba colocado sobre un beaker con tara. Se llevó un control del tiempo total de derretimiento del helado, manteniendo la temperatura en niveles de 24-25 $^{\circ}\text{C}$, mediante un sistema de aire acondicionado.

3.5.7. Densidad

La densidad se define como la proporción de la masa que hay en un volumen específico, o sea, el resultado de dividir su masa entre su volumen. Esta característica puede cambiar según los componentes que formen la sustancia. Por esto, se puede utilizar esta propiedad como herramienta de control de calidad. Para medir la densidad de las mezclas de helado, se sugiere el uso de un picnómetro o un areómetro (lactodensímetro) ajustados conforme a las especificaciones de la AOAC 33. 2. 03 (925. 22). (Ramírez-Navas et al., 2015).

3.6. ANALISIS SENSORIAL

3.6.1. Evaluación sensorial

Los helados formulados y preparados, se evaluaron sus características sensoriales, con panelistas a través de pruebas afectivas de escala hedónica, metodología usada por otros investigadores (Cáceres Ríos, 2016; Flores, 2015; Igor & Vigo, 2019). Se uso la Tabla 8.

Para llevar a cabo la evaluación sensorial, se utilizó la cartilla de evaluación que se presenta en el anexo 7. Antes de comenzar, se codificó cada muestra con una letra. Para la evaluación, se convocó a un panel de 50 personas, de ambos sexos y con edades comprendidas entre los 25 y 40 años, seleccionadas al azar. Se utilizaron vasos desechables transparentes, servilletas y formularios para la evaluación. A cada participante se le ofrecieron muestras de helado de 75 ml en cada vaso. Se les solicitó que indicaran el grado de aceptabilidad del producto según la escala establecida en la cartilla.

Tabla 8

Escala hedónica de puntuación de 5 puntos de categorización

Valor	Muestra grado de aceptabilidad
5	Me gusta muchísimo
4	Me gusta mucho
3	Me gusta
2	Me gusta ligeramente
1	No me gusta

3.6.2. Evaluación estadística para resultados sensoriales

Los resultados de la evaluación sensorial, fueron evaluados a través de la estadística no paramétrica, dentro de ello con la prueba de Friedman para un nivel de significancia del 5%.

3.7. ANÁLISIS DE COMPONENTES FUNCIONALES

3.7.1. Vitamina C

La cuantificación de la vitamina C en las muestras analizadas se llevo a cabo de siguiendo el procedimiento establecida (Ordóñez-Santos et al., 2013) Se utilizó un total de 5 g de muestra, que se sometieron a agitación durante 15 minutos en 100 mL de agua destilada. Posteriormente, se tomaron 10 mL del extracto y se mezclaron con 25 mL de una solución de ácido acético glacial al 20 % (Merck). Esta mezcla fue titulada utilizando una solución estandarizada de 2,6-dicloroindofenol a una concentración de 0,05 g por 100 mL (Merck). Para la calibración externa, se empleó un estándar de ácido ascórbico (Merck), y la concentración se reportó en mg de ácido ascórbico por cada 100 g de helado.

3.7.2. β -Carotenos

Para la identificación de los carotenos, se aplicó el procedimiento descrito por (Rodríguez-Amaya & Kimura, 2004) con ciertas modificaciones. La muestra fue

pesada y se le añadió una solución de extracción en la proporción de 50/25/25 (hexano/acetona/etanol, v/v/v). La mezcla resultante se centrifugó y se filtró, repitiendo el proceso hasta haber extraído todo el contenido y posteriormente se lavó la solución de extracción con agua destilada. Después, se utilizó un embudo de decantación para separar las fases y se midió la fase hexánica, cuantificándola mediante la ecuación 11. Los resultados se presentan en $\mu\text{g/g}$.

$$\mu\text{g de } \beta - \text{caroteno} \frac{\text{equi}}{100\text{g}} = \left(\frac{A \times v \times 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times 100 \times P_{\text{mx}}(g)} \right) \dots \dots \dots \text{ecuación (11)}$$

Donde:

A = absorbancia de la muestra

V = volumen total del extracto

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$ = coeficiente de absortividad de β -caroteno (2500)

P_{mx} = peso de la muestra en gramos

3.7.3. Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales en los extractos fue cuantificado siguiendo el procedimiento indicado por (Yıldız et al. , 2015) con ciertas adaptaciones. Antes de proceder con la medición, se elaboró una curva de calibración utilizando ácido gálico en concentraciones que oscilaban entre 10 y 50 ppm. Para la preparación de la muestra, se tomó 0,25 ml de extracto y se diluyó con 2,3 ml de agua destilada, posteriormente se incorporó 0,15 ml de Folin Ciocalteu a 1N y se agitó en un vortex durante 3 segundos. Se permitió reposar a temperatura ambiente por 5 minutos y se añadió 0,6 ml de carbonato de sodio al 19%, agitándose la mezcla durante 15 segundos y luego incubándose a

temperatura ambiente por 90 minutos en condiciones de oscuridad. La absorbancia de la mezcla se midió a 760 nm, utilizando metanol como referencia para la calibración del equipo.

3.7.4. Método secuestro de radical libre (DPPH)

Actividad de eliminación de radicales libres de DPPH: La capacidad de eliminación de radicales libres de DPPH en el helado enriquecido con jugo de caña de azúcar se evaluó de acuerdo a un método establecido (12). Se preparó el reactivo DPPH (0,1 mM) en metanol, después se incorporaron 2,9 mL de este reactivo a 100 μ L de la muestra, y se mezcló en tubos de ensayo a 500 \times g durante 2 minutos, seguido por la incubación de los tubos en condiciones de oscuridad a temperatura ambiente durante 30 minutos. La reducción de color se registró a 517 nm usando un espectrofotómetro de doble haz (Shimadzu). Actividad de eliminación de radicales libres de óxido nítrico: Se realizó la actividad de eliminación de radicales libres de óxido nítrico. Se combinó nitroprusiato de sodio (1,5 mL) con 0,5 mL de muestra en tubos de ensayo, y luego se incubó a temperatura ambiente por 30 minutos. Posteriormente, se añadió reactivo de Griess (1,5 mL) (contiene 1% de sulfanilamida, 0,1% de dicloruro de naftiletildiamina y 3% de ácido fosfórico) a los tubos, y la absorbancia se midió a 546 nm utilizando ácido ascórbico como patrón..

3.7.5. Método secuestro del radical libre catión (ABTS)

Este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS⁺, debido a su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes. El radical catiónico ABTS⁺ es un cromóforo verde azulado que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etil

benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. De esta manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS⁺ está determinado en función a la concentración.

En el análisis se utilizaron 100 μ L de la muestra y 1 mL de la solución del radical ABTS⁺. La solución del radical ABTS⁺ se preparó mezclando 5 ml de solución ABTS 7 [mM] con 88 μ L de solución de persulfato de potasio 140 [mM], posteriormente se diluyó en buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 5) hasta obtener una absorbancia de 0,7 nm aproximadamente. Las mediciones se realizaron a una longitud de onda de 734 nm a los 3 min de reacción y a temperatura ambiente. Se utilizó un lector multi-modal Cytation 3, marca BioTek (Vermont, USA). Los resultados se expresaron mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante trolox (0-200 μ mol/L) (Peñarrieta et al., 2008).

3.7.6. Método poder antioxidante reductor del hierro (FRAP)

El método FRAP se basa en la conversión del hierro férrico (Fe⁺³) presente en el reactivo FRAP a su forma ferrosa (Fe⁺²) gracias a la acción de antioxidantes. El reactivo FRAP incluye un buffer de ácido acético y acetato de sodio (pH 3.6), TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina) y FeCl₃. Esto produce un color azul que refleja de manera intensa la capacidad reductora de la muestra (se forma un complejo ferroso-TPTZ), el cual puede ser cuantificado a través de colorimetría (593 nm) utilizando un estándar de sulfato ferroso. Para analizar las muestras, se emplearon 900 μ L de la solución FRAP, 30 μ L de la muestra y 120 μ L de agua destilada. La solución FRAP se elabora añadiendo 25 ml de solución buffer ácido. acético-acetato de sodio (pH 3,6), 2,5 ml de solución 10 [mM] TPTZ diluida con HCl 40 [mM] y solución 20 [mM] FeCl₃. Se determinó la absorbancia

a una longitud de onda de 593 nm en un lector multi-modal Cytation 3, marca BioTek (Vermont, USA). Para cada lectura se tuvo en cuenta la lectura de la absorbancia de la muestra testigo. La absorbancia final de las muestras se comparó con la curva estándar de Trolox (100-1000 $\mu\text{mol/L}$) disuelto con etanol al 96% (Peñarrieta et al., 2008).

3.8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

3.8.1. pH

Se aplicó la metodología usada por (Ruger, 2001). Se estableció utilizando un pHmetro ajustado con soluciones de pH 4,0 y 7,0. La evaluación se realizó en la mezcla de helado antes de iniciar el proceso de aireación.

4. 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. FORMULACION OPTIMIZADA POR PROGRAMACION LINEAL

4.1.1. Resultado de la formulación para 30 % de mezcla de zumo y pulpa.

Figura 9

Resultado de la formulación para 30 % de mezcla de zumo y pulpa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Leche en Polvo Descremada	Leche Fluida	Azucar	Estabilizante	Mezcla de zumo y pulpa				
2		X1	X2	X3	X4	X5				
3		8.088091751	46.41196638	15	0.5	30	100.00006			
4										RESTRICION
5	Total	1	1	1	1	1	100.00006		100	
6	Grasa	0.015	0.034	0	0	0	1.6993282	≤	4	
7	Solidos Totales	0.97	0.12	0	0	0	13.414885		12	32
8	Solidos Lacteos No Grasos	0.95	0.093	0	0	0	12	=	12	
9	Proteina	0.362	0.031	0	0	0	4.3666602	≥	4	
10	Extracto	0	0	0	0	1	30	=	30	
11	Azucar	0	0	1	0	0	15	=	15	
12	Estabilizante	0	0	0	1	0	0.5	=	0.5	
13										
14	Costo Unitario	20	2.5	4	6	6				
15	Costo Total	161.761835	116.029916	60	3	180	520.79175			

Como resultado tenemos una formulación óptima para 100 kg de mezcla como sigue: Leche en polvo descremada = 8,0889 kg Leche fluida = 46,411 kg; Estabilizante = 0,5 kg; Azúcar = 15 kg; Extracto = 30 kg; El costo mínimo de los insumos es de S/. 520,79

4.1.2. Resultado de la formulación para 40 % de mezcla de zumo y pulpa.

Figura 10

Resultado de la formulación para 40 % de mezcla de zumo y pulpa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Leche en Polvo Descremada	Leche Fluida	Azucar	Estabilizante	Mezcla de zumo y pulpa				
2		X1	X2	X3	X4	X5				
3		9.17327888	35.3267211	15	0.5	40				
4								RESTRICCIONES		
5	Total	1	1	1	1	1	100		100	
6	Grasa	0.015	0.034	0	0	0	1.339	<=	4	
7	Solidos Totales	0.97	0.12	0	0	0	13.137		12	32
8	Solidos Lacteos	0.95	0.093	0	0	0	12	=	12	
9	Proteina	0.362	0.031	0	0	0	4.416	>=	4	
10	Extracto	0	0	0	0	1	40	=	40	
11	Azucar	0	0	1	0	0	15	=	15	
12	Estabilizante	0	0	0	1	0	0.5	=	0.5	
13										
14	Costo Unitario	20	2.5	4	6	6				
15	Costo Total	183.4655776	88.3168028	60	3	240	574.782			

Como resultado tenemos una formulación óptima para 100 kg de mezcla como sigue: Leche en polvo descremada = 35,326kg; Leche fluida = 9,1732kg; Estabilizante = 0,5 kg; Azúcar = 15 kg; Extracto = 40 kg; El costo mínimo de los insumos es de S/, 574,78.

4.1.3. Resultado de la formulación para 50 % de mezcla de zumo y pulpa.

Figura 11

Resultado de la formulación para 50% de mezcla de zumo y pulpa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		LPD	LF	Azucar	Estabilizante	Mezcla de zumo y pulpa				
2		X1	X2	X3	X4	X5				
3		10.25846	24.24154	15	0.5	50				
4								RESTRICCIONES		
5	Total	1	1	1	1	1	100	100		
6	Grasa	0.015	0.034	0	0	0	0.978	<=	4	
7	ST	0.97	0.12	0	0	0	12.860		12	32
8	SLNG	0.95	0.093	0	0	0	12.000	=	12	
9	Proteina	0.362	0.031	0	0	0	4.465	>	4	
10	Mezcla de zumo y pulpa	0	0	0	0	1	50	=	50	
11	Azucar	0	0	1	0	0	15	=	15	
12	Estabilizante	0	0	0	1	0	0.5	=	0.5	%
13										
14	C.U	20	2.5	4	6	6				
15	C.TOTAL	205.16919	60.60385	60	3	300	628.7730455			

Como resultado tenemos una formulación óptima para 100 kg de mezcla como sigue: Leche fluida = 10,2584 kg; Leche en polvo descremada = 24,241 kg; Estabilizante = 0,5 kg; Azúcar = 15 kg; Extracto = 50 kg; El costo mínimo de los insumos es de S/, 628,773.

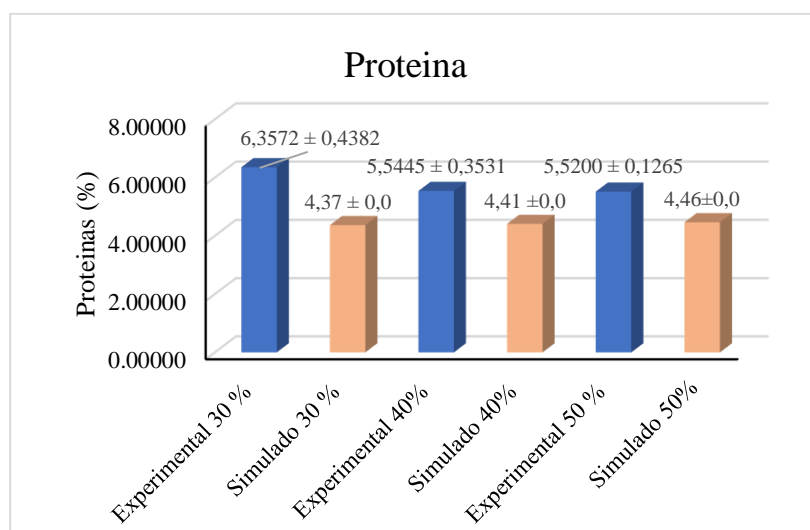
4.2. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL HELADO

4.2.1. Características químicas

Los resultados de la composición química de los helados formulados se muestran en la Tabla 9, se puede observar uno de los componentes principales nutricionalmente que es la proteína, bordea desde 5,52 a 6,36 % de contenido. También se puede observar el contenido de carotenoides totales como uno de los mayores microcomponentes en las formulaciones.

Tabla 9*Composición química de las tres formulaciones*

Componentes	Formulaciones		
	Con 30% de mezcla de zumo y pulpa.	Con 40 % de mezcla de zumo y pulpa.	Con 50 % de mezcla de zumo y pulpa.
Proteínas (%)	6,3572 ± 0,4382	5,5445 ± 0,3531	5,5200 ± 0,1265
Grasa (%)	1,3 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,6 ± 0,0
Humedad (%)	63,5964 ± 0,2732	64,1579 ± 0,1798	68,5060 ± 0,4374
Cenizas(g)	0,4721 ± 0,0	1,4058 ± 0,0	1,5333 ± 0,0
pH	4,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0
Vit C (mg/100g)	1,4285 ± 0,0	2,1427 ± 0,0	2,857 ± 0,0
βcarotenos(ug/100g)	9,028 ± 0,0	16,378 ± 0,0	27,207 ± 0,0

Figura 12*Resultados de proteína con diferentes formulaciones*

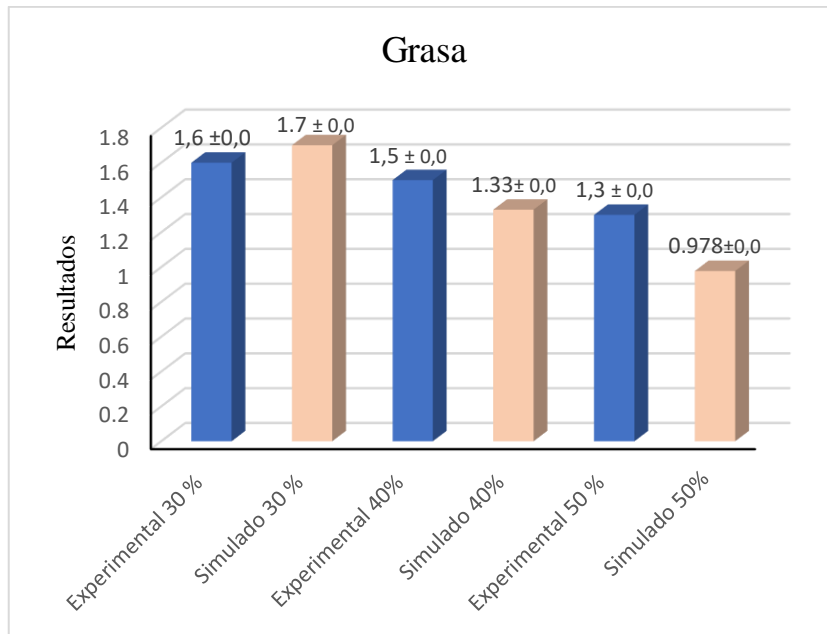
Del análisis realizado para la determinación de proteína concuerda con lo mencionado por Madrid Vicente et al.(2003) donde señala que debe tener de 1,0% a 6,0%, nuestro valor experimental fue mayor de 5% de proteína en las diferentes formulaciones como se muestra en la Tabla 9 destacando la formulación con mezcla

de zumo de zumo y pulpa (30%) contiene mayor porcentaje que las otras dos. Haciéndose la comparación del contenido proteico entre el simulado por optimización (4,37) y el valor experimental (5,54), existe una diferencia del 1,98 %), esta diferencia posiblemente se deba a muchos factores, como la composición de los insumos reales, en nuestro caso se usó la Tabla de composición del Instituto de Salud, otro factor puede ser el proceso, en el proceso consecuencia del tratamiento térmico el agua se va evaporándose y el producto se va concentrando.

Para el contenido graso se muestra un resultado de bajo contenido graso, entre 1,3 a 1,6 % (Figura 13). Este contenido graso de 1,6% ;1,5%; 1,3% se halla conforme a lo estipulado por la NTP (2018), que determina un mínimo del 6,0% para la obtención de un helado a base de leche.. López-Martínez (2021), menciona que el contenido de grasa debe ser menor del 4% para un helado con contenido graso bajo, nuestros resultados muestran valores semejantes a los manifestado, haciendo la comparación entre el resultado experimental (1.6) y valor simulado (1,7) se tiene un error del 0,1%, estos pequeños márgenes de error nos muestran la confiabilidad del uso del simulador de optimización en la formulación de alimento.

Figura 13

Resultado de grasa con diferentes formulaciones

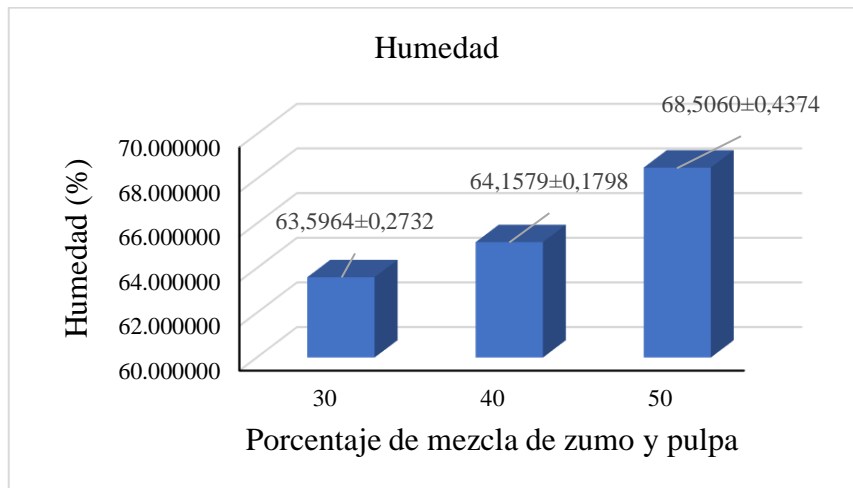


En la Figura 14 se muestra el resultado del contenido de agua en el helado, mostrándose valores entre 63% a 68%, con este valor el contenido de solido seco se encuentra entre 37 a 32 %. Con este valor de solidos totales se cumple con las exigencias de la NTP (2018) donde exige un mínimo de 27%. El helado es un producto que tiene como mayor componente al agua ya que la pulpa de aguaymanto el extracto de zanahoria y la leche contienen un alto porcentaje de agua, de las evaluaciones realizadas a las tres formulaciones se obtuvieron los datos que se muestra en la Figura 14, observando claramente que a mayor cantidad de zumo y pulpa es mayor el porcentaje de humedad obteniendo así en la formulación de mezcla de zumo y pulpa del 50% se obtiene un valor de contenido de agua del 68,50%; Además el agua es el ingrediente más abundante, ya que representa entre

un 60% y un 70% del total. Esto se debe a que la leche fluida, la fruta contienen una gran cantidad de agua, Romero del Castillo Shelly & Mestres Lagarriga(2004).

Figura 14

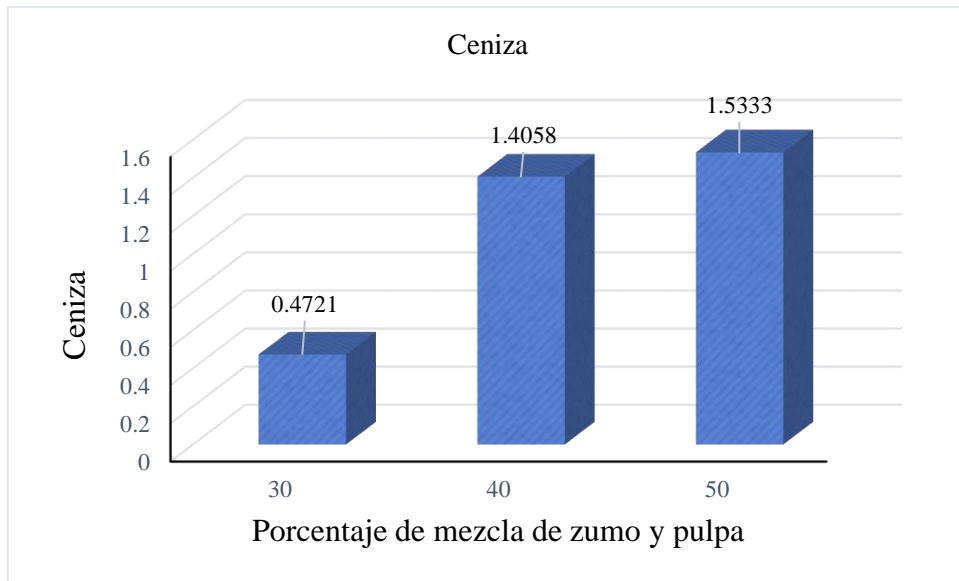
Resultado de humedad con diferentes formulaciones



Los resultados de ceniza se puede observar en la Figura 15, entre las muestras analizadas podemos observar que la formulación con 50% de mezcla de zumo y pulpa, muestra un valor de 1,533%, este resultado es de la suma de los insumos usado como leche, pulpa de aguaymanto y extracto de zanahoria manifiesta la presencia de las cenizas en un alimento es un indicador de buena calidad y de adulteración (López Auqui, 2020). La determinación de ceniza es uno de los análisis importantes en las muestras alimenticias al ser un indicativo de la presencia de minerales como calcio, hierro, zinc, etc.

Figura 15

Resultado de ceniza con diferentes formulaciones

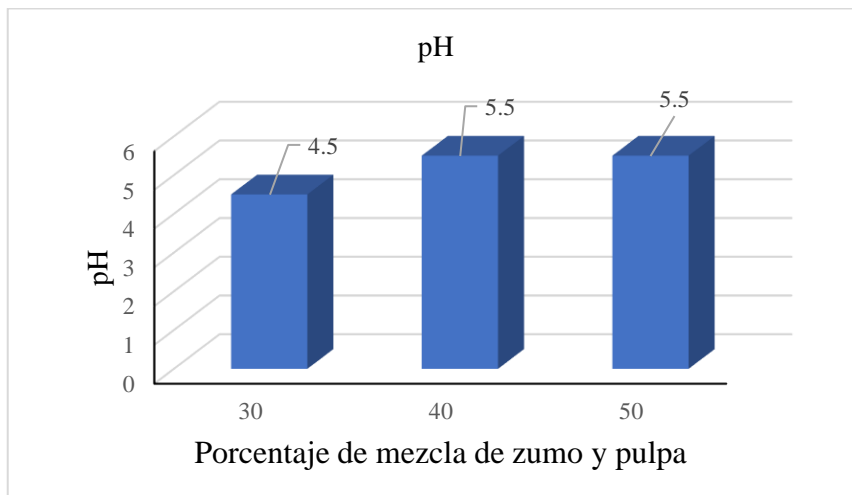


4.2.2. pH

En la figura 16 se observa el resultado de los valores del pH de las diferentes formulaciones en los diferentes porcentajes de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Figura 16

Resultado de PH con diferentes formulaciones

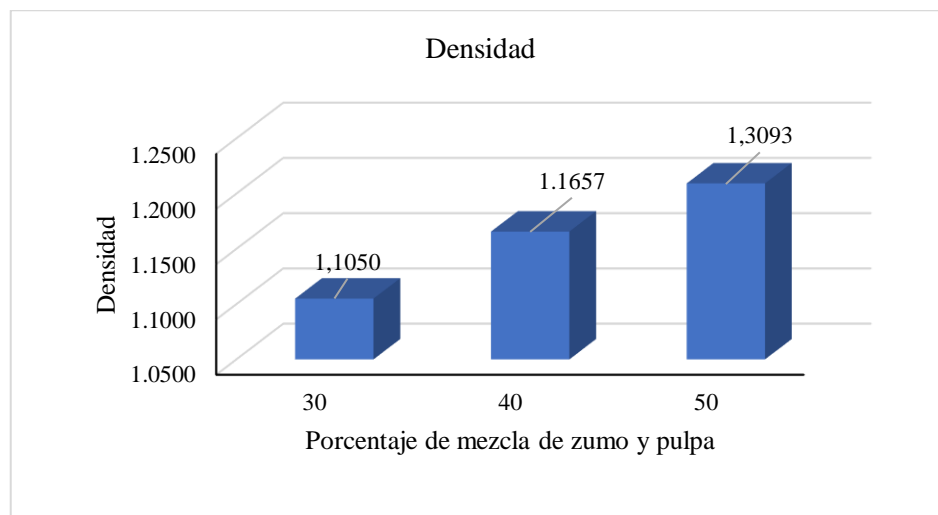


El pH es un factor importante en la producción de los alimentos, según (Huanca Mamani et al., 2023). en el caso de los helados con fruta, es importante que el pH no sea demasiado bajo, ya que podría precipitar la caseína. En la figura 16 se muestra los valores obtenidos en las diferentes muestras de helado teniendo como máximo 5,5 y un mínimo de 5,4, según (Chacón-Villalobos et al., 2016). El pH de una mezcla de helado suele estar alrededor de 5,4 a 7 aproximadamente. es importante determinar el pH en los diferentes alimentos ya que nos ayuda a mantener la estabilidad.

En la Figura 17, muestra la densidad para las diferentes formulaciones de mezcla de zumo y pulpa. Marshall (2003), señala que la densidad del helado puede oscilar entre 1,0544 y 1,1232 g/ml. En la figura 16 se puede apreciar que la densidad se encuentra dentro del rango como manifiesta Marshall.

Figura 17

Resultado de la densidad con diferentes formulaciones



El valor de la densidad bajo o alto será consecuencia del overrun del helado. Este aumento podría atribuirse a que la densidad del helado fluctúa dependiendo de su composición, como lo indican Goff y Hartel, (2013).

La Figura 18, muestra el contenido de vitamina C en las formulaciones con mezclas de zumo y pulpa, según Cabanillas Trigos & Duran Zaravia, (2014), manifiesta que en 100 g de helados, hay 0,5 mg de vitamina C, también se puede apreciar que a mayor mezcla de zumo y pulpa mayor contenido de vitamina C.

Figura 18

Resultados de contenido de vitamina C en diferentes formulaciones

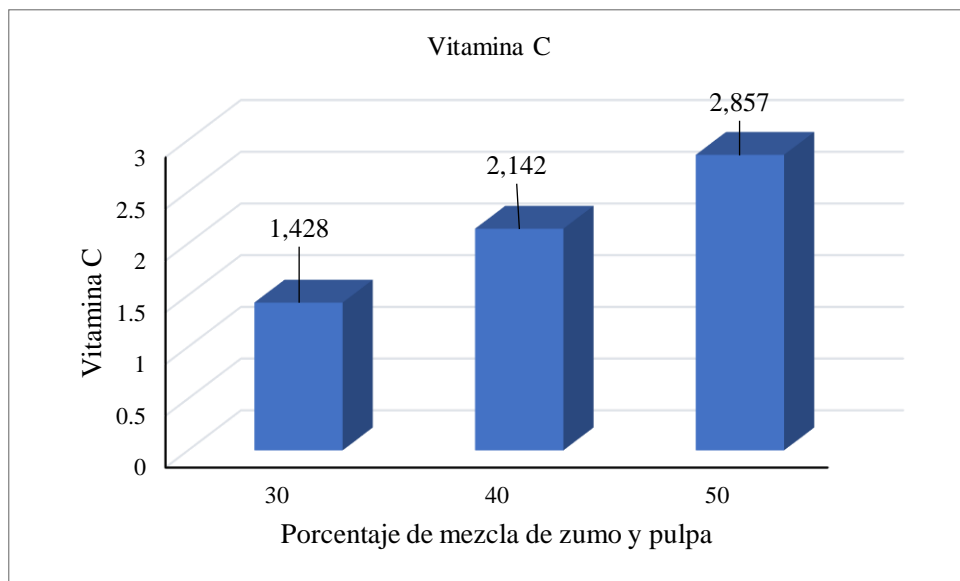
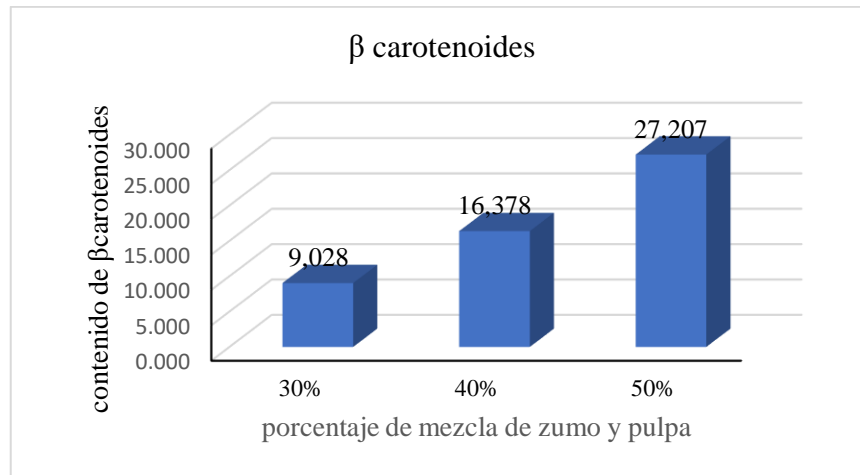


Figura 19

Resultados de contenido de carotenoides en diferentes formulaciones



En la figura 19 la cantidad de carotenoides en el helado, obteniendo 27,207 \pm 0,0 en la formulación de 50%, según Coronado Mayta, R. (2019), la zanahoria es un alimento rico en beta-caroteno, un antioxidante que tiene muchos beneficios para la salud, según Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Francisco, H. (2004) La participación de los carotenoides en el atractivo color de las frutas y verduras es notable, subrayando su relevancia desde un punto de vista fisiológico y nutricional. Algunos de estos compuestos poseen la capacidad de actuar como provitamina A, donde 1 equivalente de retinol se traduce en 1 mg de retinol, que equivale a 12 mg de b-caroteno y 24 mg de a-caroteno. Además, se ha calculado que la ingesta promedio de vitamina A varía entre 744 y 811 equivalentes de retinol diarios para los hombres, mientras que las mujeres consumen entre 530 y 716 equivalentes de retinol al día. En la Tabla 10 observamos resultados del Overrun en el helado, se tiene resultados similares, con una variación del 2% en promedio. El aire incorporado al helado es fundamental para obtener un helado ligero, el batido tiene que ser en frío para poder aumentar el volumen, según Ramírez-Navas et al.(2015)

el rango de overrun suele ser mayor en los helados cremosos que en los de fruta y el aire, constituye entre el 30% y el 50% del volumen total de un helado.

El overrun, es un indicador de calidad, definido en la NTP (2018), con un valor que no supere el 120 %.

Tabla 10

Overrun en las formulaciones del helado con mezcla de zumo y pulpa

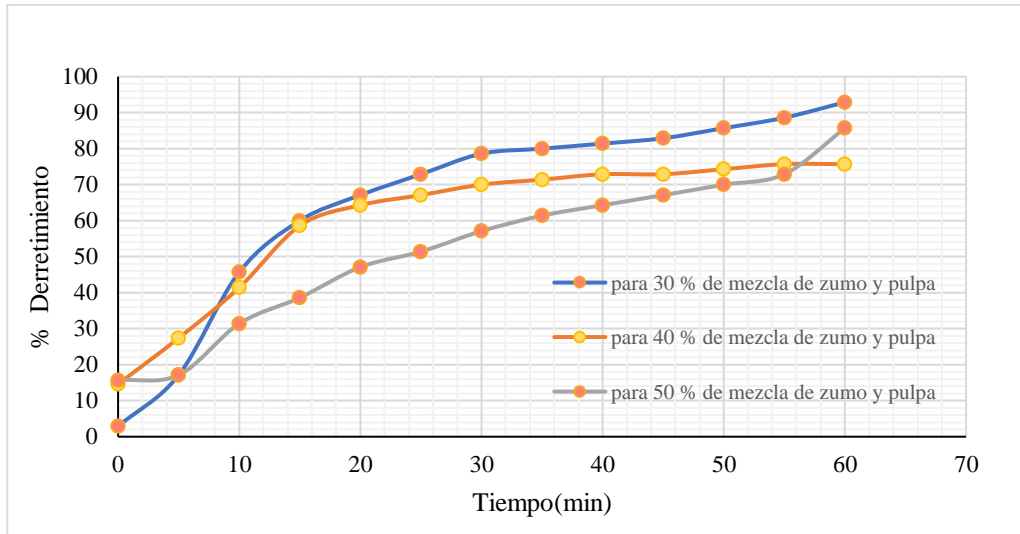
Formulación	Vi	Vf	% Aireado
Mezcla de zumo y pulpa 30%	25ml	18,0	38%
Mezcla de zumo y pulpa 40%	25ml	17,7	41%
Mezcla de zumo y pulpa 50%	25ml	17,3	41%

4.2.3. Porcentaje de derretimiento y caída de la primera gota

En la Figura 19 se muestra el derretimiento en función del tiempo, este derretimiento es un indicador de estabilidad del helado en el medio ambiente, a mayor contenido de sólidos es mayor estabilidad, así también dependerá del contenido de aire, estabilizante, contenido de pectina en la fruta y de la temperatura.

Figura 20

Curva de derretimiento del helado con diferentes formulaciones

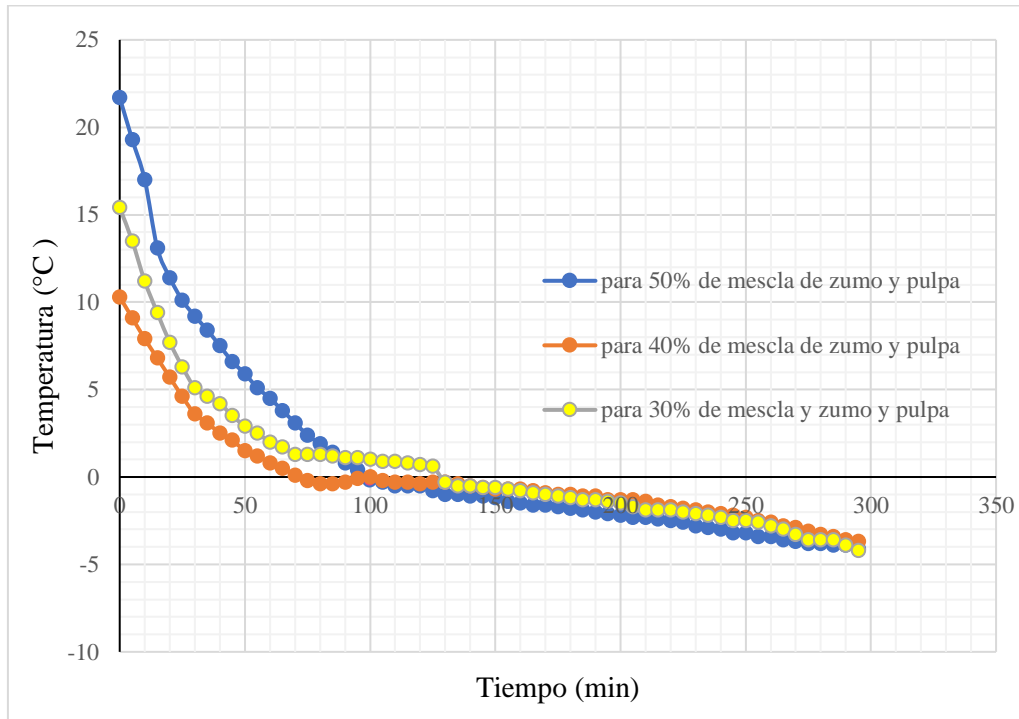


La caída de la primera gota es un indicador también de estabilidad de los helados. Se estableció el tiempo que tarda en caer la primera gota para las tres formulaciones, obteniéndose resultados de 27, 30 y 35 minutos, respectivamente. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Posada et al. (2012), quien indica que el helado debe presentar un tiempo de caída de su primera gota superior a 15 minutos.

4.2.4. Punto de congelación

Figura 21

Curva de congelación para diferentes formulaciones



En la Figura 21 observamos las curvas de congelación obtenida para las formulaciones en estudio. Fue llevado a cabo en un congelador doméstico, es por ello el resultado muestra una curva típica de congelación lenta. El punto de congelación podemos apreciar como un valor de 0,4 a 0,5 °C, valor típico a lo mostrado por muchos alimentos. Este valor será función de varios factores, como temperatura del medio, contenido de agua libre, contenido de sólidos. Según Goff et al,(2013) la cantidad de sólidos en una solución determina la temperatura de congelación.

4.2.5. Contenido fenólico y flavonoides

La Tabla 11, muestra resultados experimentales de fenoles totales y flavonoides. Los resultados muestran a mayor contenido de mezcla de zumo y pulpa usada, mayor valor el contenido de fenoles totales y flavonoides. Estos valores se deben a los frutos como aportantes al helado.

Tabla 11

Variación de contenido de fenoles en las tres formulaciones

Formulaciones	Fenoles totales mg GAE/g	Flavonoides mg QE/g
Mezcla de zumo y pulpa 30%	52,88 ±3,72	34,22 ±1,69
Mezcla de zumo y pulpa 40%	69,21± 4,10	48,85± 4,20
Mezcla de zumo y pulpa 50%	106,39 ±7,70	85,89 ±6,40

La adición de fruta y extracto en la elaboración de helado aumenta la presencia de fenoles, también se considera a los fenoles como antioxidantes ayudando así a mejorar la salud, la presencia de felones en las tres formulaciones de helado que presentamos se determinó mediante el método folin- ciocalteu de la cual obtuvimos que la formulación con una mezcla de zumo y pulpa de 50% contiene 106,21 mg GAE/g, concordando con (Cutti Cutti, 2022), donde manifiesta que a mayor adición de frutos es mayor la presencia de fenoles.

La determinación de los flavonoides se desarrolló mediante el método de cloruro de aluminio, el helado mostro un resultado para la formulación del 50% de mezcla de zumo y pulpa un valor de 85,89 mg QE/g, de ello podemos afirmar que

la presencia de flavonoides se debe a la adición de pulpa de fruta y extracto de zanahoria. Los flavonoides tienen múltiples beneficios para la salud ayudado a mejorar la piel, el corazón y también como antioxidante, según (Martínez-Flórez et al., 2002), los flavonoides son compuestos fenólicos constituyentes de la parte no energética de la dieta humana.

4.2.6. Actividad antioxidante

Tabla 12

Actividad antioxidante en las tres formulaciones

Formulaciones	DPPH	ABTS	FRAP	Unidad
Mezcla de zumo y pulpa 30%	56,66 ±0,55	5,76± 1,67	120,61± 0,80	µmoles ET/g
Mezcla de zumo y pulpa 40%	57,94± 0,19	21,00 ±2,67	121,1± 3,42	µmoles ET/g
Mezcla de zumo y pulpa 50%	58,30± 0,47	35,52 ±2,33	130,75 ±6,13	µmoles ET/g

La actividad antioxidante evaluado al helado se tiene en la Tabla 1, resultado mostrado para diferentes métodos, como DPPH, ABTS y FRAP, los valores de 58,30± 0,47 µmoles ET/g; 35.52 ±2,33 µmoles ET/g; 130,75 ±6,13 50% respectivamente para la mezcla de zumo y pulpa 50%, que fue la mezcla con mayor aceptabilidad sensorial. Estos valores de actividad antioxidante es consecuencia de haber agregado los frutos al helado.

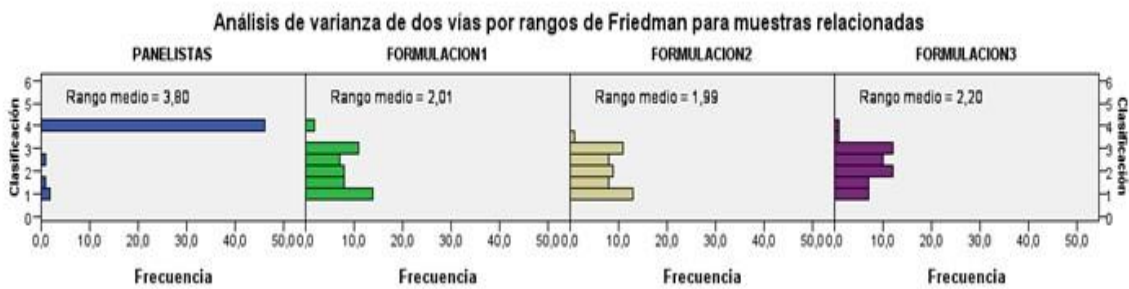
4.3.EVALUACION SENSORIAL (ACEPTABILIDAD)

4.3.1. Para el atributo de apariencia

En la Figura 22 se puede apreciar que, conforme al análisis de rangos de Friedman, la formulación que sobresale por su cualidad sensorial de apariencia es la formulación número 3. Esta composición está integrada por un 50 % de una mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Figura 22

Rangos de análisis de Friedman del atributo apariencia.



En la Tabla 13 se representan los datos estadísticos de Friedman relacionados con la característica de la apariencia del helado elaborado con la incorporación de jugo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Tabla 13

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para el análisis de la varianza de dos factores por rangos

Estadísticos	Valores
N total	50
Estadístico de prueba	73,397
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<,001

Al examinar la tabla 13, se observa que el estudio de Friedman acerca de la apariencia del helado de leche con jugo de zanahoria y pulpa de aguaymanto muestra variaciones significativas entre las distintas formulaciones. Así, se valida la hipótesis alternativa. Para esto, se llevó a cabo la prueba de comparación de medias presente en la figura 23.

Figura 23

Comparación de medias de apariencia

		Subconjunto	
		1	2
Muestra ¹	FORMULACION2	1,990	
	FORMULACION1	2,010	
	FORMULACION3	2,200	
	PANELISTAS		3,800
Estadístico de contraste		1,470	. ²
Sig. (prueba 2lateral)		,480	.
Sig. ajustada (prueba 2lateral)		,480	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Cada casilla muestra el rango promedio de muestras.

²No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

De la figura 23 se deduce que, según el análisis de Friedman, las formulaciones 1(30%) y 3(50%) muestran mejor promedio y la formulacion2(40%) es el que presento menor promedio, por lo tanto, para el atributo de apariencia el

que mejor promedio mostro fue la formulación 3 (50%) con calificativo según la escala hedónica aplicada de, me gusta mucho corresponde a un valor de 4

En la figura 26 se presenta la información del campo continuo relacionada con el atributo del color de la formulación3 (50%). Los resultados señalan que el valor medio, fundamentado en la escala hedónica empleada en la evaluación sensorial, es de 4,06, lo que equivale al descriptor de "gusta mucho" en comparación con las ilustraciones 24 y 25.

Figura 24

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de apariencia formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

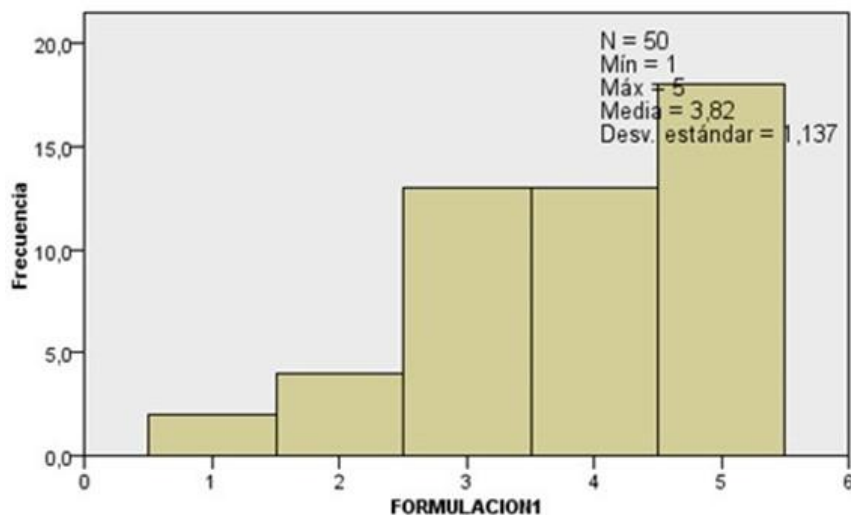


Figura 25

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de apariencia formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

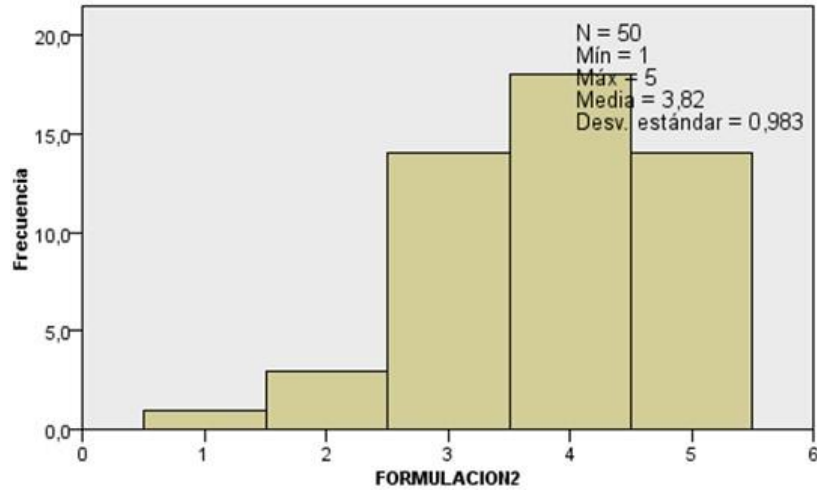
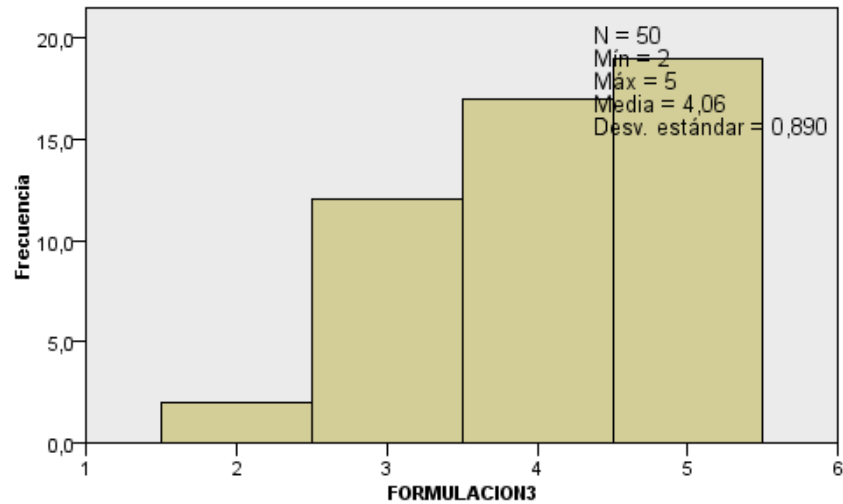


Figura 26

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de apariencia formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto



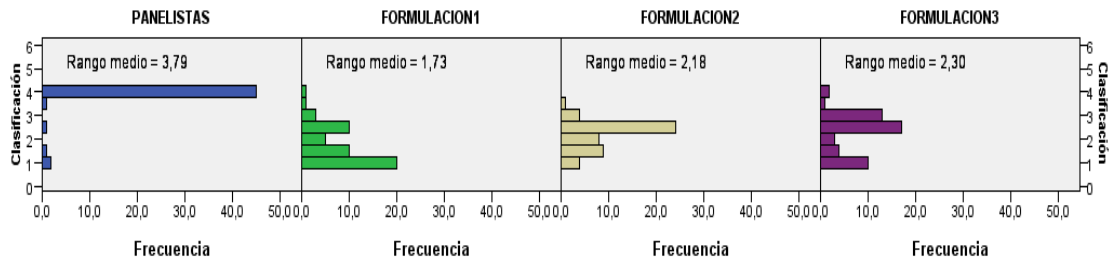
4.3.2. Para el atributo de color

En la Figura 27 se evidencia que la óptima formulación en la evaluación sensorial de color, según el análisis de rangos por Friedman, es la tercera

formulación que corresponde a una formulación con 50 % de incorporación de zumo de zanahoria/pulpa de aguaymanto

Figura 27

Rangos de análisis de Friedman del atributo de color



En la tabla 14 se muestra los estadísticos de Friedman para el atributo de color del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Tabla 14

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos

Estadísticos	Valores
N total	50
Estadístico de prueba	79,626
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<,001

Al analizar la tabla 14 se puede comprobar que, según el análisis estadístico de Friedman, el atributo de color del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto muestra diferencias significativas entre las distintas formulaciones, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Para evaluar esto, se llevó a cabo la prueba de comparación de medias que se muestra en la figura 28.

Figura 28

Comparación de medias para el atributo de color

		Subconjuntos homogéneos		
		Subconjunto		
		1	2	3
Muestra ¹	FORMULACION1	1,730		
	FORMULACION2		2,180	
	FORMULACION3		2,300	
	PANELISTAS			3,790
Estadístico de contraste		. ²	,720	. ²
Sig. (prueba 2lateral)		.	,396	.
Sig. ajustada (prueba 2lateral)		.	,635	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Cada casilla muestra el rango promedio de muestras.

²No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

De la figura 28 se puede inferir que, según el análisis de Friedman, las formulaciones 2(40%) y 3(50%) obtuvieron un mejor promedio, mientras que la formulacion1 (30%) es el que presento promedio más bajo, por lo tanto, en lo que respecta al atributo de color, la formulación que destacó con un mejor promedio fue la tercera (50%) con una calificación de “me gusta mucho “en la escala hedónica utilizada, lo que equivale a un valor de 4

En la Figura 31 se presenta la información del campo continuo relativa al atributo de color de la formulación 3 (50%). Según la escala hedónica utilizada en la evaluación sensorial, el valor promedio se sitúa en 4,26, lo que corresponde a la calificación de "me gusta mucho", en comparación con lo observado en las Figuras 29 y 30.

Figura 29

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de color formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

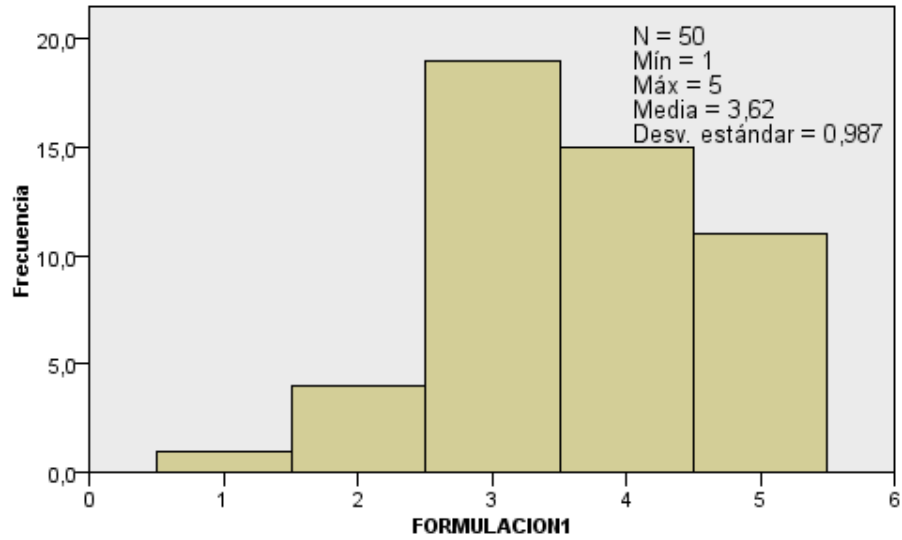


Figura 30

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de color formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

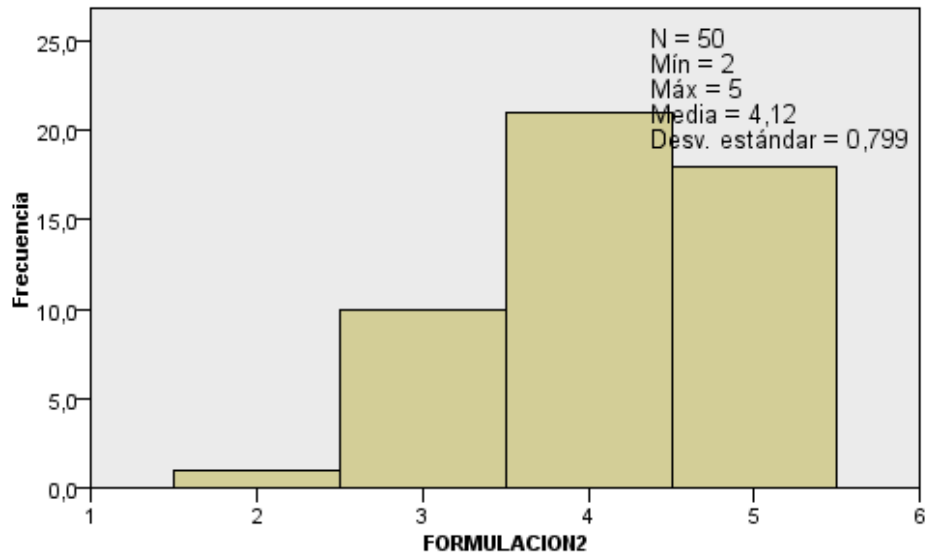
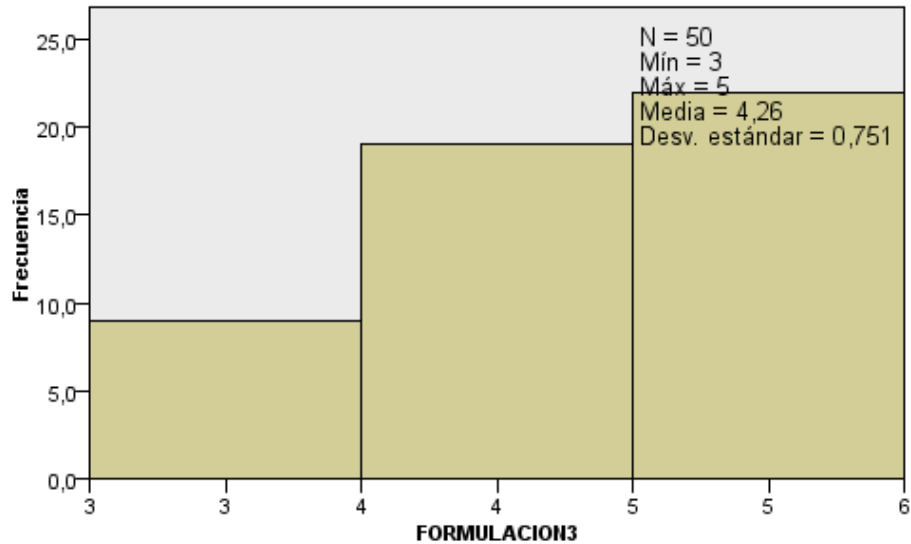


Figura 31

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de color formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

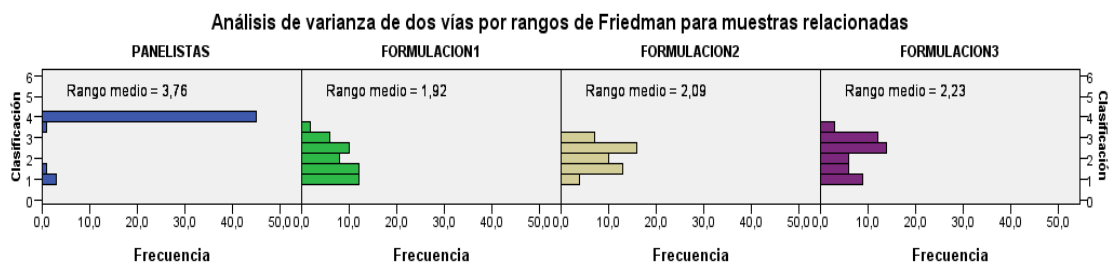


4.3.3. Para el atributo de aroma

En la Figura 32 se puede apreciar que, de acuerdo con el análisis de rangos realizado por Friedman, la formulación que destaca como la mejor para el atributo sensorial del aroma es la formulación 3, la cual consiste en una mezcla que incluye un 50% de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Figura 32

Rangos de análisis de Friedman del atributo aroma.



En la tabla 15 se muestran las estadísticas de Friedman para el atributo de aroma del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Tabla 15

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos

Estadísticos	Valores
N total	50
Estadístico de prueba	75,699
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<,001

Al analizar la tabla 15, se observa que el análisis estadístico de Friedman revela diferencias significativas en el atributo del aroma del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto entre las diversas formulaciones. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Para corroborar estos hallazgos, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias.

Figura 33

Prueba de comparación de medias para el atributo de aroma

Subconjuntos homogéneos		
	Subconjunto	
	1	2
FORMULACION1	1,920	
FORMULACION2	2,090	
Muestra¹		
FORMULACION3	2,230	
PANELISTAS		3,760
Estadístico de contraste	2,280	. ²
Sig. (prueba 2lateral)	,320	.
Sig. ajustada (prueba 2lateral)	,320	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Cada casilla muestra el rango promedio de muestras.

²No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

De la figura 33 se deduce que, según el análisis de Friedman, las formulaciones 2(30%) y 3(50%) muestran mejor promedio y la formulación 1(30%) es el que presento menor promedio, por tanto, para el atributo de aroma el que mejor promedio mostro fue la formulación F3(50%) con el calificativo según la escala hedónica, que corresponde me gusta mucho que corresponde al valor de 4.

En la figura 36 se presenta la información del campo continuo relacionada con el atributo de aroma de la formulación 3 (50%). Se determina que el valor promedio, de acuerdo con la escala hedónica utilizada en la evaluación sensorial, es de 4,24, lo que se traduce en una calificación de "me gusta mucho", en comparación con lo que se observa en las figuras 34 y 35.

Figura 34

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de aroma formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

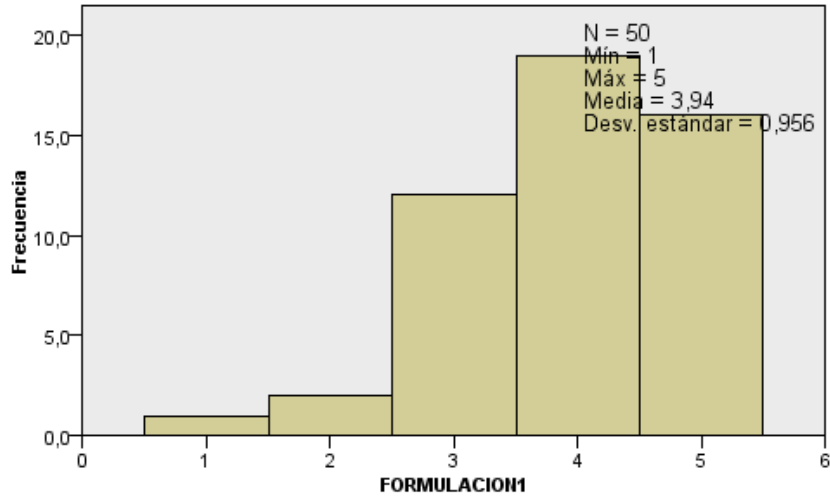


Figura 35

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de aroma formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

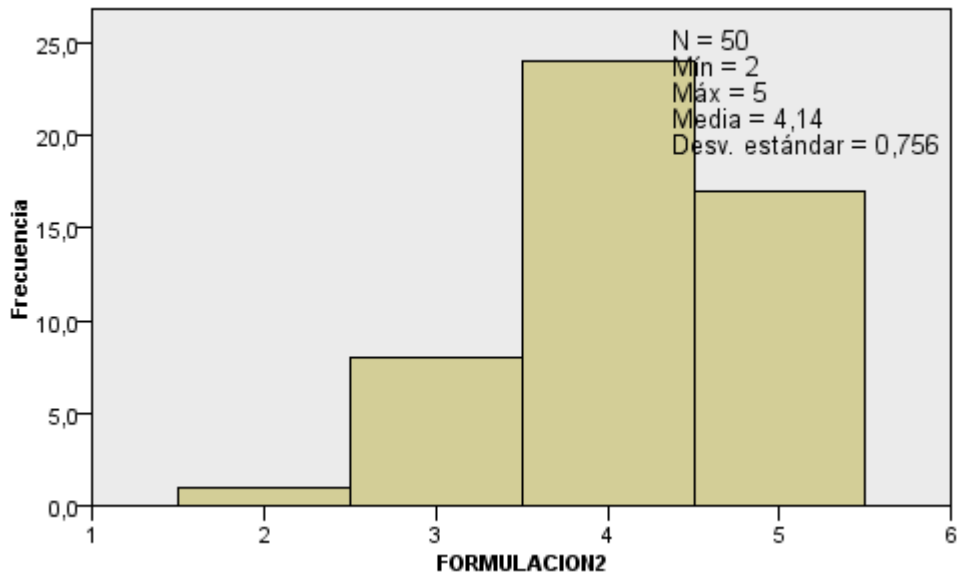
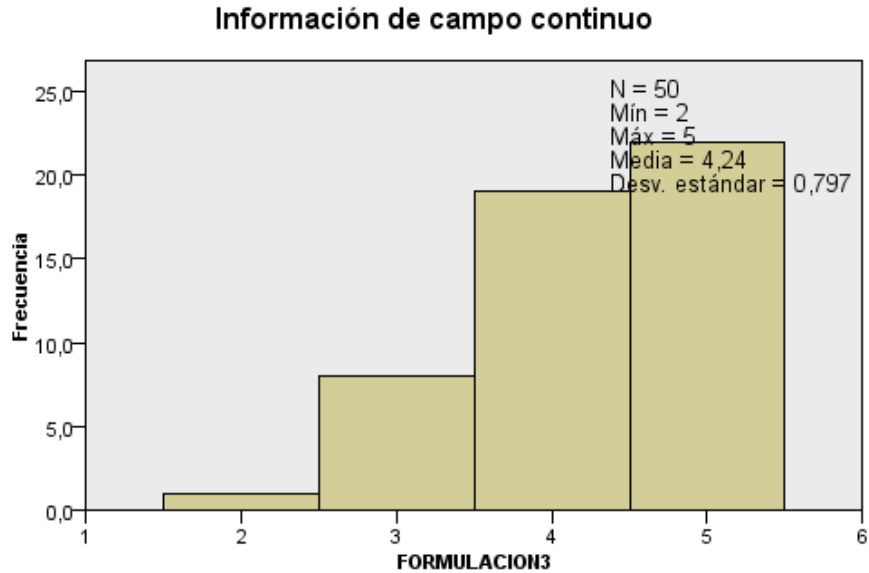


Figura 36

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de aroma formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

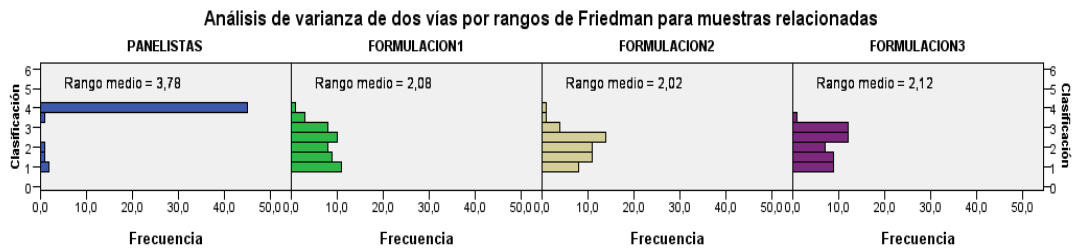


4.3.4. Para el atributo de sabor

En la Figura 37 se puede apreciar que, de acuerdo con el análisis de rangos por Friedman la, formulación mas destacada en el atributo sensorial de sabor es la formulación 3, que se compone de un 50 % de adición zumo de zanahoria/pulpa de aguaymanto

Figura 37

Rangos de análisis de Friedman del atributo sabor.



En la tabla 16 se muestran las estadísticas de Friedman para el atributo de sabor del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Tabla 16

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos

Estadísticos	Valores
N total	50
Estadístico de prueba	73,973
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<,001

Al analizar la tabla 16, se puede observar que, con el análisis de Friedman, para el atributo de sabor del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto presenta diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y para respaldar esta conclusión se llevo a cabo una prueba de comparación de medias.

Figura 38

Prueba de comparación de medias para el atributo de sabor

Subconjuntos homogéneos		
	Subconjunto	
	1	2
FORMULACION2	2,020	
FORMULACION1	2,080	
FORMULACION3	2,120	
PANELISTAS		3,780
Estadístico de contraste	,360	,2
Sig. (prueba 2lateral)	,835	.
Sig. ajustada (prueba 2lateral)	,835	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Cada casilla muestra el rango promedio de muestras.

²No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

De acuerdo con el análisis de Friedman presentado en la figura 38, se observa que las formulaciones 1 (30%) y 3 (50%) obtienen los mejores promedios, mientras que la formulación 2 (40%) es la que presenta el promedio más bajo. Por lo tanto, en cuanto al atributo de sabor, la formulación que destacó fue la F3 (50%), la cual recibió la calificación "me gusta mucho" según la escala hedónica, correspondiente al valor de 4.

En la figura 41, se presenta la información del campo continuo para el atributo de aroma de la formulación 3 (50%). Según la escala hedónica utilizada en la evaluación sensorial, se determina que el valor promedio asciende a 4,06, lo cual se traduce en una calificación de "me gusta mucho". Esta valoración se compara con los datos mostrados en las figuras 39 y 40.

Figura 39

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de sabor formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

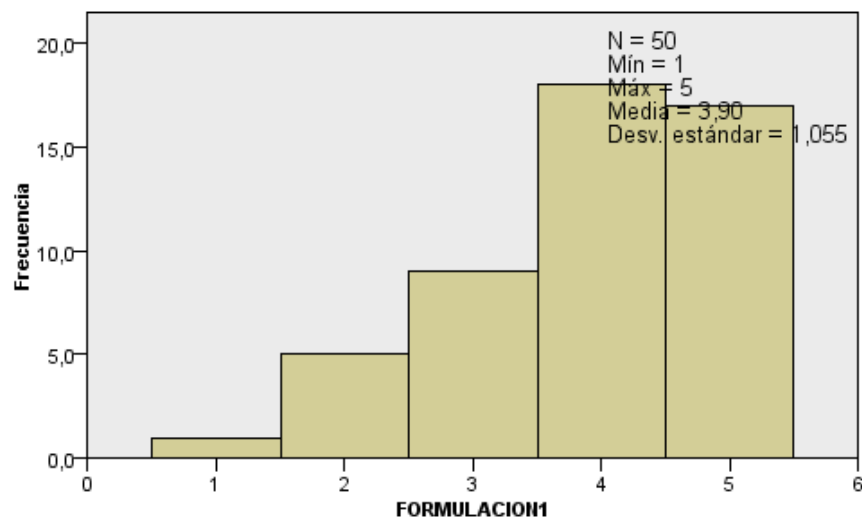


Figura 40

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de sabor formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

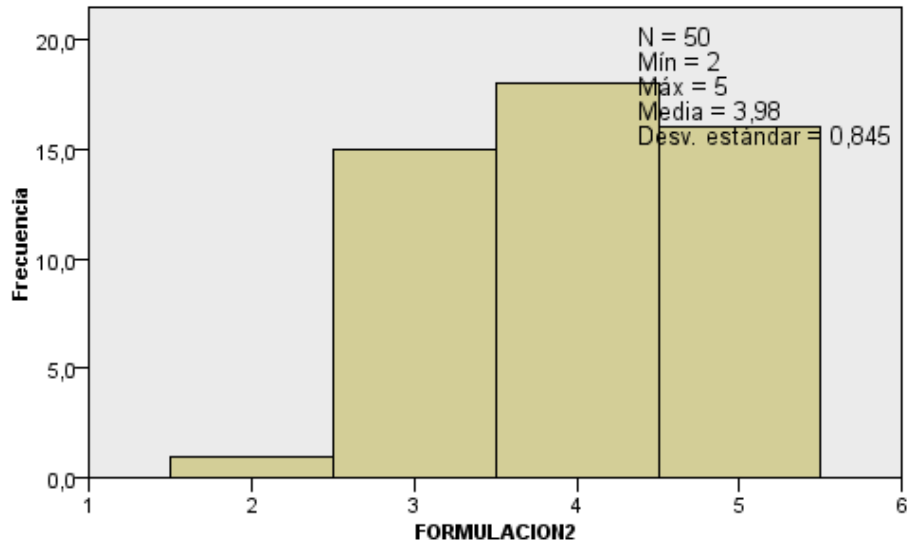
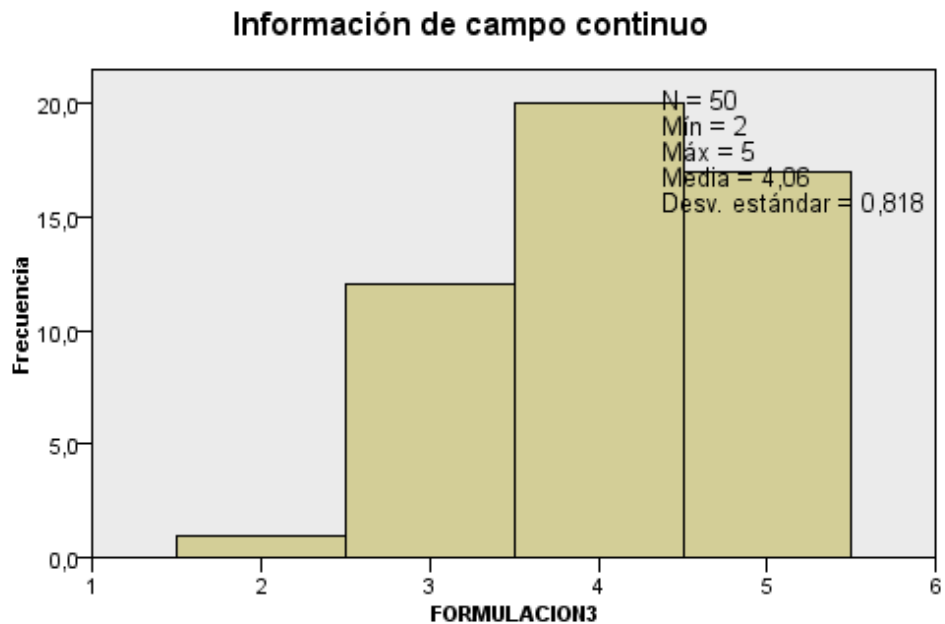


Figura 41

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de sabor formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

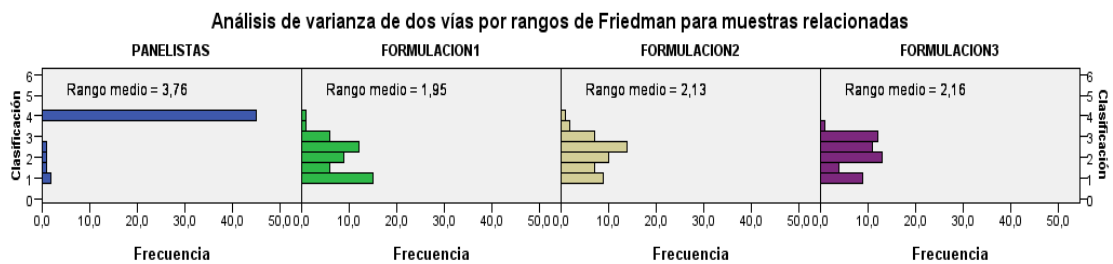


4.3.5. Para el atributo de dulzor

En la Figura 42 se puede apreciar que, según el análisis de rangos por Friedman, la formulación más adecuada para el atributo sensorial de dulzor es la formulación 3, que consiste en una mezcla con un 50% de extracto de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Figura 42

Rangos de análisis de Friedman del atributo dulzor.



En la tabla 17 se muestran las estadísticas de Friedman para el atributo de dulzor del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Tabla 17

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos

Estadísticos	Valores
N total	50
Estadístico de prueba	72,713
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<,001

Al examinar la tabla 17 se puede constatar que; según el análisis de Friedman, para el atributo de dulzor en el helado de leche con zumo de zanahoria y

pulpa de aguaymanto presenta diferencias significativas entre los distintos tratamientos. por ende, se acepta la hipótesis alternativa; para respaldar esta conclusión, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias.

Figura 43

Prueba de comparación de medias para el atributo de dulzor.

Subconjuntos homogéneos		
	Subconjunto	
	1	2
FORMULACION1	1,950	
FORMULACION2	2,130	
FORMULACION3	2,160	
PANELISTAS		3,760
Estadístico de contraste	1,120	.2
Sig. (prueba 2lateral)	,571	.
Sig. ajustada (prueba 2lateral)	,571	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Cada casilla muestra el rango promedio de muestras.

²No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

De la figura 43 se concluye que, según el análisis de Friedman, las formulaciones 2(40%) y 3(50%) muestran mejor promedio y la formulación 1(30%) es el que presento menor promedio, por tanto, para el atributo de dulzor el que mejor promedio mostro fue la formulación F3(50%) con el calificativo según la escala hedónica, que corresponde me gusta mucho que corresponde al valor de 4.

En la figura 44 se presenta la información del campo continuo relacionada con el atributo de dulzor de la formulación 3(50%). Según la escala hedónica

utilizada en la evaluación sensorial, el valor promedio alcanza 4,08, lo que se traduce en el calificativo "me gusta mucho", en comparación con lo que se observa en las figuras 44 y 45.

Figura 44

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de dulzor formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

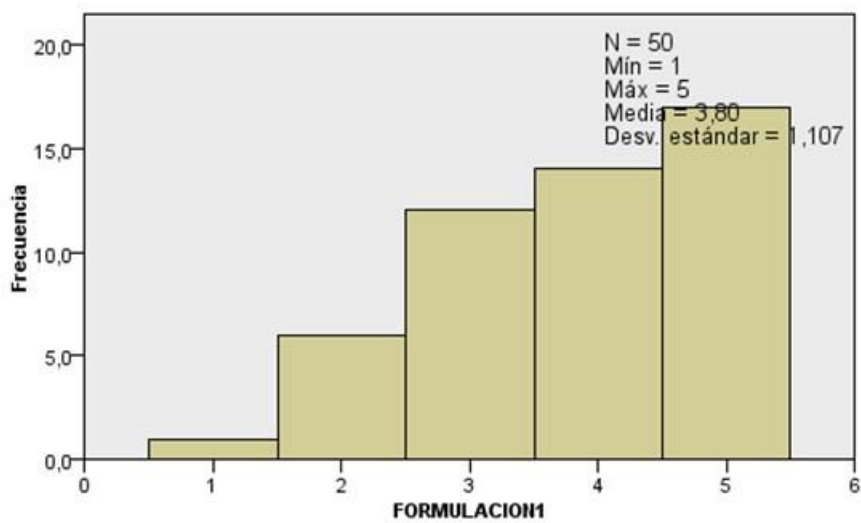


Figura 45

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de dulzor formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

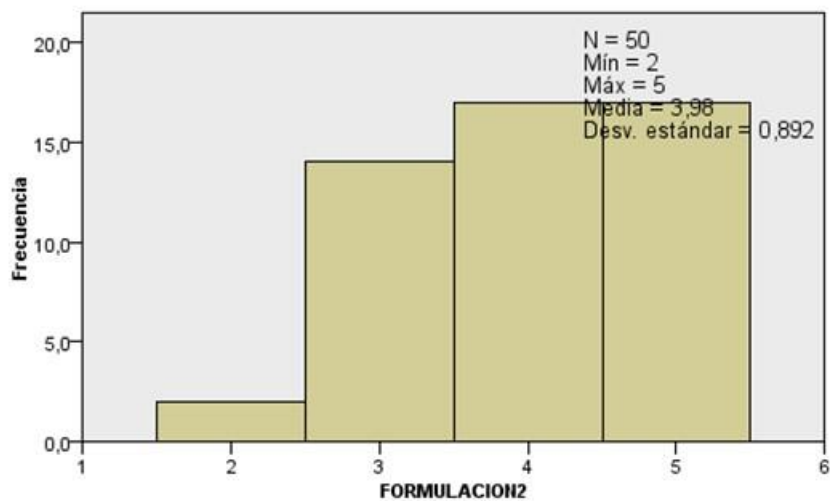
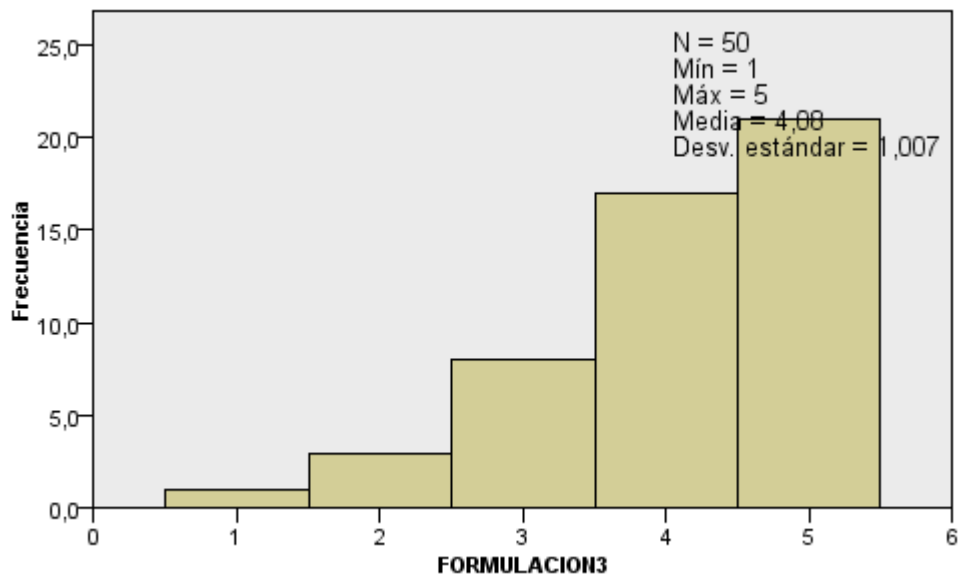


Figura 46

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de dulzor formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

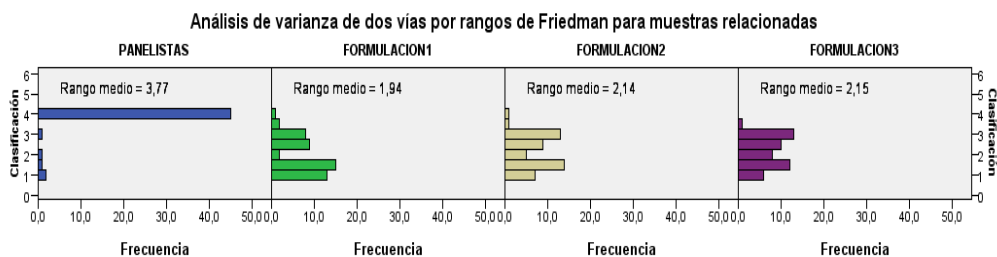


4.3.6. Para el atributo de cremosidad

Al observar la figura 47 se puede apreciar que, según el análisis de rangos de Friedman, la formulación que destaca como la más adecuada para el atributo sensorial de cremosidad es la formulación 3, la cual consiste en una combinación que incluye un 50% de extracto de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Figura 47

Rangos de análisis de Friedman del atributo cremosidad. Rangos de análisis de Friedman del atributo cremosidad.



En la tabla 18 se muestran las estadísticas de Friedman para el atributo de cremosidad del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto.

Tabla 18

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de varianza de dos factores por rangos

Estadísticos	Valores
N total	50
Estadístico de prueba	71,822
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<,001

Al observar la tabla 18 se comprueba que según el análisis de Friedman para el atributo de cremosidad del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto muestra diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa; para ello se realizó la prueba de comparación de medias.

Figura 48

Prueba de comparación de medias para el atributo de cremosidad

Subconjuntos homogéneos		
	Subconjunto	
	1	2
Muestra ¹	FORMULACION1	1,940
	FORMULACION2	2,140
	FORMULACION3	2,150
	PANELISTAS	3,770
Estadístico de contraste	1,480	. ²
Sig. (prueba 2lateral)	,477	.
Sig. ajustada (prueba 2lateral)	,477	.

Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Cada casilla muestra el rango promedio de muestras.

²No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

De la figura 47 se concluye que, según el análisis de Friedman, las formulaciones 2(40%) y 3(50%) muestran mejor promedio y la formulación 1(30%) es el que muestra menor promedio, por ello, para el atributo de cremosidad el que mejor promedio evidencio fue la tercera formulación de (50%) con el calificativo según la escala hedónica, que corresponde “me gusta mucho” que corresponde al valor de 4.

En la figura 51 se muestra la información del campo continuo para el atributo de cremosidad de la formulación 3 (50%) determinando que el valor promedio, según la escala hedónica empleada en la evaluación sensorial, alcanzo a 4,16 que corresponde al calificativo” me gusta mucho”.

Figura 49

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de cremosidad formulación de 30 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

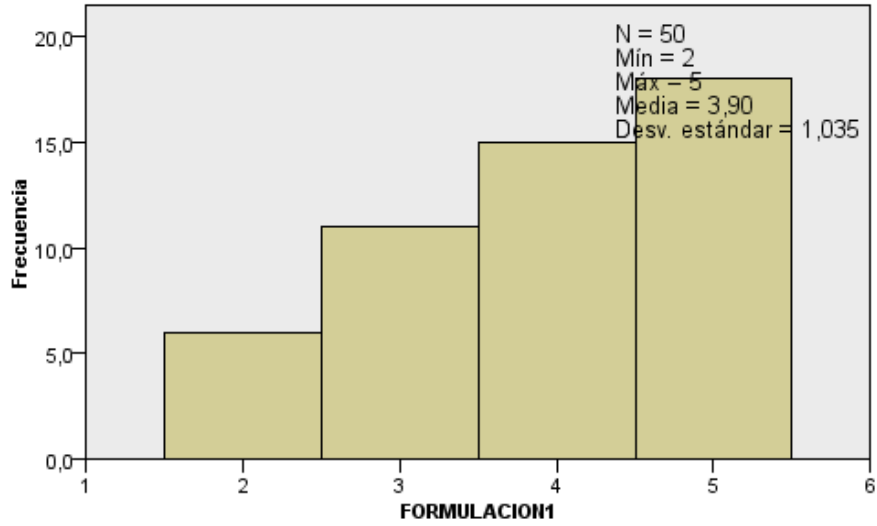


Figura 50

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de cremosidad formulación de 40 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

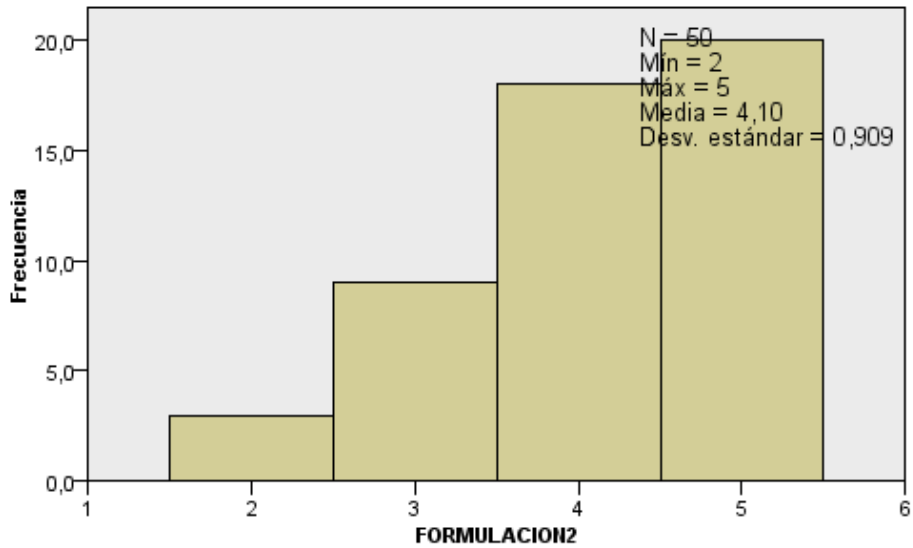
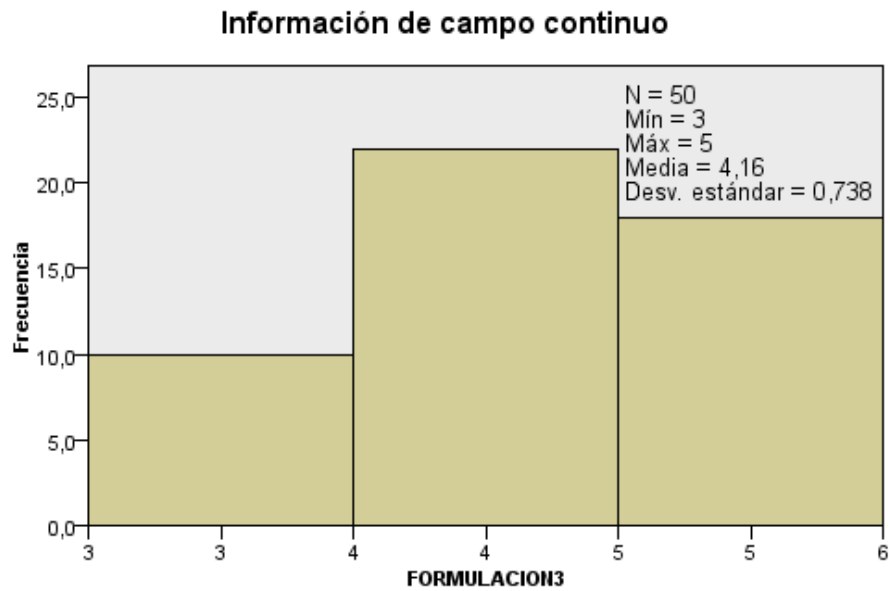


Figura 51

Información del campo continuo según Friedman para el atributo de cremosidad formulación de 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto



5. CONCLUSIONES

- La programación lineal es una herramienta adecuada para la formulación y, demostrando en el trabajo para los tres tipos de mezclas 30 %, 40%,50%.
- Las características físico-químicas del helado de leche con zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto en 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, fueron: proteínas $5,5200\pm 0,1265\%$; grasa $1,6\pm 0,0\%$; humedad $68,5060\pm 0,4374\%$; cenizas $1,5333\pm 0,0g$; pH $5,5\pm 0,0$; vitamina C $2,857\pm 0,0$; overrum 41%; porcentaje de derretimiento 57,1%
- Los compuestos bioactivos correspondiente al 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, fueron: Carotenoides totales $27,20\pm 0,0$ ug/100g; flavonoides $85,89 \pm 6,40$ mg GAE/g; actividad antioxidante $58,30\pm 0,47$ (DPPH) μ moles ET/g; $5,76\pm 1,67$ (ABTS) μ moles ET/g; $120,61\pm 0,80$ (FRAP) μ moles ET/g.
- La formulación 3, con 50 % de mezcla de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, es la que mejor puntaje que ha obtenido por los panelistas evaluadores, obteniendo un valor medio 4 ME GUSTA MUCHO en escala de 1 a 5,: de apariencia, color, aroma, sabor, dulzor, cremosidad procesados por la estadística no paramétrica de prueba de Friedman.
- Se determino los compuestos fenólicos y actividad antioxidante en las tres formulaciones obteniendo fenoles $106,39 \pm 7,70$ mg GAE/g; actividad antioxidante $58,30\pm 0,47$ μ moles ET/g (DPPH); $5,76\pm 1,67$ μ moles ET/g (ABTS); $120,61\pm 0,80$ μ moles ET/g (FRAP) el contenido fenolico y la capacidad antioxidante se vio influenciada por la adicción de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto en el helados.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas con sustituciones de zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto con valores menores del 30% en las próximas investigaciones.
- Realizar una investigación de las características nutricionales del helado de zanahoria con pulpa de aguaymanto y evaluar la durabilidad del helado formulado.
- Analizar la duración del batido y el proceso de maduración en relación con el overrum en helado de leche que incluye pulpas de frutas exóticas (pitahaya, tuna).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo Gómez, D. A., & Bedoya Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno.
- Alfadul, S. M., & Elneshwy, A. A. (2010). Use of nanotechnology in food processing, packaging and safety–review. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 10(6).
- Almquist, H. J. (1953). Application of the law of diminishing returns to estimation of B-vitamins requirements for growth. *Poultry Science*, 32(6), 1001-1003.
- Ameta, S. K., Rai, A. K., Hiran, D., Ameta, R., & Ameta, S. C. (2020). Use of nanomaterials in food science. Biogenic nano-particles and their use in agroecosystems, 457-488.
- Angulo Celestino, F. G. N. (2017). Efecto de la concentración de leche de quinua, leche de coco y leche evaporada sobre el overrun, viscosidad aparente, fusión, acidez titulable y aceptabilidad general en helado tipo crema.
- Araya L, H., & Lutz R, M. (2003). alimentos funcionales y saludables. *Revista chilena de nutrición*, 30(1), 8-14. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182003000100001>
- Arora, J. S. (2004). *Introduction to optimum design*. Elsevier.
- Arteaga, G. E., Li-Chan, E., Vazquez-Arteaga, M. C., & Nakai, S. (1994). Systematic experimental designs for product formula optimization. *Trends in Food Science & Technology*, 5(8), 243-254. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0924-2244(94)90017-5)
- Asp, N.-G., & Bryngelsson, S. (2008). Health Claims in Europe: New Legislation and passclaim for Substantiation. *The Journal of Nutrition*, 138(6), 1210S-1215S. <https://doi.org/10.1093/jn/138.6.1210S>
- Ayuso, M. del C. H. (2007). *Introducción a la programación lineal*. UNAM.

- Ayúzar, A. (2005). Requerimientos nutricionales de energía y macronutrientes.
- Barbosa, p. (1997). Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Universidade/UFRGS/Associação brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 6.
- Bendezu Villar, G. A. (2019a). Obtención y caracterización fisicoquímica nutricional y sensorial del gel de aguaymanto (*physalis peruviana*) edulcorada con stevia (*stevia rebaudiana*). Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5321>
- Bendezu Villar, G. A. (2019b). Obtención y caracterización fisicoquímica nutricional y sensorial del gel de aguaymanto (*physalis peruviana*) edulcorada con stevia (*stevia rebaudiana*). Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5321>
- Biasutti, M., Venir, E., Marino, M., Maifreni, M., & Innocente, N. (2013). Effects of high pressure homogenisation of ice cream mix on the physical and structural properties of ice cream. *International Dairy Journal*, 32(1), 40-45.
- Bofill-Pérez, M., García-Noa, E., & Sariego-Toledo, Y. (2019). Optimización en la producción de surtidos de helados Alondra. *Tecnología Química*, 39(3), 508-523.
- Bower, P., Kontopantelis, E., Sutton, A., Kendrick, T., Richards, D. A., Gilbody, S., Knowles, S., Cuijpers, P., Andersson, G., & Christensen, H. (2013). Influence of initial severity of depression on effectiveness of low intensity interventions: Meta-analysis of individual patient data. *Bmj*, 346.
- Brown, L., Poudyal, H., & Panchal, S. K. (2015). Functional foods as potential therapeutic options for metabolic syndrome. *Obesity reviews*, 16(11), 914-941.

- Burgos Sierra, J. T., & Calderón Rivera, F. R. (2009). Determinación del contenido de carotenoides totales en ocho especies de frutas y verduras comercializadas en la zona metropolitana de San Salvador.
- Cabanillas Trigos, A. D., & Duran Zaravia, Y. F. (2014). Evaluación de la formulación en el contenido de vitamina C y aceptabilidad del helado de camu camu (*Myrciaria dubia*) tipo sorbete bajo en calorías. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/134>
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M. L., & Jiménez-Goebel, C. (2016). Características fisicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 19-36.
- Chan, J. C. M., Hui, Y. Y., & Sculli, D. (1992). Computerization of production management information: A case study in a food processing factory. *Computers in industry*, 18(1), 91-98.
- Clarke, C. (2015). *The science of ice cream*. Royal Society of Chemistry.
- Conejero Calvo de León, E. (2013). Programación lineal: Aplicación a la producción de helados.
- Corbella, M. J. G. (2007). Valor nutritivo de los helados: Su integración en la dieta saludable. *Offarm: farmacia y sociedad*, 26(8), 86-92.
- Corvitto, A., & Méndez, C. (2011). *The secrets of ice cream: Ice cream without secrets*. Grupo Vilbo Barcelona, Spain.
- Cruz, A. G., Antunes, A. E., Sousa, A. L. O., Faria, J. A., & Saad, S. M. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42(9), 1233-1239.
- Cutti Cutti, B. (2022). Influencia del jugo concentrado de ayrampo (*Berberis flexuosa*) en el helado de leche sobre su aceptabilidad general y capacidad antioxidante.

- Dhand, S., & Singla, A. (2016). Sensitivity analysis and optimal production scheduling as a dual phase simplex model. *Indian Journal of science and technology*.
- Di Bartolo, E. (2005). Guía para la elaboración de helados. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos. Argentina.[Internet].
- Donskova, L. A. (2013). Conceptual Framework for the Development of Combined Meat Products. *Izvestia Uralskogo Gosudarstvennogo Ekonomiceskogo Universiteta*, 46(2).
- Eras, J., & Pino, J. (2013). Determinación de parámetros técnicos para la elaboración de helados con frutas nativas del cantón Loja. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Fagoyinbo, I. S., Akinbo, R. Y., Ajibode, I. A., & Olaniran, Y. O. A. (2011). Maximization of profit in manufacturing industries using linear programming techniques: Geepee Nigeria Limited. 1st International Technology, Education and Environment Conference, 1(1-2), 159-166.
- Galvez, J. J., & Mérida, J. D. (2022). Desarrollo de un helado funcional reducido en grasa sabor a vainilla mediante la adición de diferentes concentraciones de inulina Orafiti® HPX. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2022.
- Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). The Ice Cream Industry. En H. D. Goff & R. W. Hartel, *Ice Cream* (pp. 1-17). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1_1
- Goff, H. D., Hartel, R. W., Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). The ice cream industry. *Ice cream*, 1-17.
- Gonzalez, O. (2020, abril 20). Alimentación del niño preescolar, escolar y del adolescente | *Pediatría integral*. <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2020-03/alimentacion-del-nino-preescolar-escolar-y-del-adolescente-2/>

- Granato, D., & Ares, G. (2014). *Mathematical and statistical methods in food science and technology*. John Wiley & Sons.
- Haghighi, M., Yarmand, M. S., Emam-Djomeh, Z., McClements, D. J., Saboury, A. A., & Rafiee-Tehrani, M. (2018). Design and fabrication of pectin-coated nanoliposomal delivery systems for a bioactive polyphenolic: Phloridzin. *International journal of biological macromolecules*, 112, 626-637.
- Hernández Toxqui, A. G., Ramírez Ramírez, J., Pino Moreno, J. M., Talamantes Gómez, J. M., Angeles Campos, S. C., & Ramírez Orejel, J. C. (2021). Development of Nutraceutical Ice Creams Using Flour Yellow Worm Larvae (*Tenebrio molitor*), Chia (*Salvia hispanica*), and Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 629180.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2001). *Investigación de operaciones*. Ed. México D. F: McGraw-Hill.
- Huanca Mamani, G., Quiroga Sossa, B. M., & Ticona Huanca, O. R. (2023). Evaluación fisicoquímica y sensorial del helado con tres niveles de yogurt y suero de leche bovina. *CIBUM SCIENTIA*, 2(2), 7-16. <https://doi.org/10.53287/jzki7577nt34b>
- Hwang, J.-Y., Shyu, Y.-S., & Hsu, C.-K. (2009). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 312-318.
- Khosrow Shahi, S., Didar, Z., Hesarinejad, M. A., & Vazifedoost, M. (2021). Optimized pulsed electric field-assisted extraction of biosurfactants from Chubak (*Acanthophyllum squarrosum*) root and application in ice cream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(9), 3693-3706. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11000>

- Kriri, Q. M. (2018). Use of Linear Programming for Optimal Production in a Production Line in Saudi Food Co. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 12(3), 467-471.
- Lara, J., Hobbs, N., Moynihan, P. J., Meyer, T. D., Adamson, A. J., Errington, L., Rochester, L., Sniehotta, F. F., White, M., & Mathers, J. C. (2014). Effectiveness of dietary interventions among adults of retirement age: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC medicine*, 12, 1-12.
- Lipatov, L. N. (1986). The bare pomeron in quantum chromodynamics. *Zh. Eksp. Teor. Fiz*, 90, 1536.
- Lipiński, K., Mazur, M., Antoszkiewicz, Z., & Purwin, C. (2017). Polyphenols in monogastric nutrition—a review. *Annals of Animal Science*, 17(1), 41-58.
- Lisitsyn, A. B., Chernukha, I. M., & Nikitina, M. A. (2020). A system approach to simulation of individual food products. *Теория и практика переработки мяса*, 5(3), 12-17.
- Liu, Q., Chang, X., Shan, Y., Fu, F., & Ding, S. (2021). Fabrication and characterization of Pickering emulsion gels stabilized by zein/pullulan complex colloidal particles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(9), 3630-3643.
- Liu, X., Sala, G., & Scholten, E. (2023). Structural and functional differences between ice crystal-dominated and fat network-dominated ice cream. *Food Hydrocolloids*, 138, 108466. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108466>
- López Auqui, M. S. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos y la relación de ácidos grasos saturados e insaturados en helados artesanales de consumo masivo elaborados en la provincia de Tungurahua [B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/31591>

- López Gómez, E. (2022). Estimación de la vida útil de bases para helado mediante el modelado cinético de atributos fisicoquímicos y microbiológicos.
- López-Martínez, M. I., Moreno-Fernández, S., & Miguel, M. (2021). Development of functional ice cream with egg white hydrolysates. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100334.
- Luo, Y., Wang, Q., & Zhang, Y. (2020). Biopolymer-based nanotechnology approaches to deliver bioactive compounds for food applications: A perspective on the past, present, and future. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(46), 12993-13000.
- Madrid Vicente, A., Cenzano del Castillo, I., & Vicente, A. M. (2003). Helados: Elaboración, análisis y control de calidad. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-TEST:232885/Description>
- Marins, F. A. S., & Perin Filho, C. (1996). Programação linear por partes: Revisão teórica e aplicações. *Production*, 6, 146-163.
- Marshall, R. T., Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2003). *Ice cream*. Springer Science & Business Media. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DN9Ju6oiSWkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Marshall,+Robert+T.%3B+Goff,+Douglas+H.%3B+Hartel,+Richard+W.+\(2003\).+%E2%80%9CIce+cream%E2%80%9D.+Springer+Science+Business+Media+New+York,+USA&ots=pm5qkiGOxr&sig=wTqnAry9A5FnxP2xVKVCPn1AMFk](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DN9Ju6oiSWkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Marshall,+Robert+T.%3B+Goff,+Douglas+H.%3B+Hartel,+Richard+W.+(2003).+%E2%80%9CIce+cream%E2%80%9D.+Springer+Science+Business+Media+New+York,+USA&ots=pm5qkiGOxr&sig=wTqnAry9A5FnxP2xVKVCPn1AMFk)
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M., & Tuñón, M. J. (2002). Los flavonoides: Propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición hospitalaria*, 17(6), 271-278.

- McClements, D. J., Decker, E. A., Park, Y., & Weiss, J. (2009). Structural design principles for delivery of bioactive components in nutraceuticals and functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(6), 577-606.
- Megiddo, N. (1991). Linear programming. *Encyclopedia of Microcomputers*.
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 181-188. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00247-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00247-9)
- Michue-Mango, J. E., Encina-Zelada, C. R., & Ludeña-Urquizo, F. E. (2015). Optimización del overrun (aireado), de la dureza, la viscosidad y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas. *Ingeniería Industrial*, 0(033), 229. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2015.n033.543>
- Montagnese, C., Santarpia, L., Buonifacio, M., Nardelli, A., Caldara, A. R., Silvestri, E., Contaldo, F., & Pasanisi, F. (2015). European food-based dietary guidelines: A comparison and update. *Nutrition*, 31(7-8), 908-915.
- Moughan, P. J., Rutherford, S. M., Montoya, C. A., & Dave, L. A. (2014). Food-derived bioactive peptides – a new paradigm. *Nutrition Research Reviews*, 27(1), 16-20. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000206>
- Mulyanto. (2016). Productivity of R&D institution: The case of Indonesia. *Technology in Society*, 44, 78-91. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.12.001>
- Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 87(1), 1-10.
- Musina, O., Putnik, P., Koubaa, M., Barba, F. J., Greiner, R., Granato, D., & Roohinejad, S. (2017). Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: A case study. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011>

- Nadar, D. K. (2016). Some applications of simplex method. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, 4(1), 60-63.
- Ofori, S. (2013). *Optimal Revenue Generation Using Linear Programming: A Case Study of Dormaa East District Assembly*. Citeseer.
- Ordóñez-Santos, L. E., Ospina Portilla, M. A., & Rodríguez Rodríguez, D. X. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de investigación*, 10(2), 44-51.
- Peñarrieta, J. M., Alvarado, J. A., Åkesson, B., & Bergenståhl, B. (2008). Total antioxidant capacity and content of flavonoids and other phenolic compounds in canihua (*Chenopodium pallidicaule*): An Andean pseudocereal. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52(6), 708-717. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700189>
- Pesti, G. M., Arraes, R. A., & Miller, B. R. (1986). Use of the quadratic growth response to dietary protein and energy concentrations in least-cost feed formulation. *Poultry science*, 65(6), 1040-1051.
- Péter, S., Eggersdorfer, M., Van Asselt, D., Buskens, E., Detzel, P., Freijer, K., Koletzko, B., Kraemer, K., Kuipers, F., & Neufeld, L. (2014). Selected nutrients and their implications for health and disease across the lifespan: A roadmap. MDPI.
- Prosekov, A., Babich, O., Kriger, O., Ivanova, S., Pavsky, V., Sukhikh, S., Yang, Y., & Kashirskih, E. (2018). Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. *Food Bioscience*, 24, 46-49.
- Ramadan, M. F. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International*, 44(7), 1830-1836. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.042>

- Ramírez-Navas, J., Velásquez, C., & Rubiano, A. (2015). Parámetros de calidad en helados / Quality Parameters of Ice Cream. *Revista ReCiTeIA*, 15, 79-94.
- Rodriguez-Amaya, D. B., & Kimura, M. (2004). *HarvestPlus handbook for carotenoid analysis* (Vol. 2). International Food Policy Research Institute (IFPRI) Washington.
- Romeo, G. (2020). Linear programming. En *Elements of Numerical Mathematical Economics with Excel* (pp. 383-415). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817648-1.00007-4>
- Romero del Castillo Shelly, M., & Mestres Lagarriga, J. (2004). *Productos lácteos: Tecnología*. Edicions UPC. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36810>
- Romero, P. F., Chávez, E. R., & Leiva, A. T. (2019). Efecto del tiempo de la maceración prefermentativa sobre la capacidad antioxidante, carotenos, vitamina C de una bebida fermentada de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) al estado maduro. *Aporte Santiaguino*, ág: 186-199. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.641>
- Rosero Noguera, R., Posada, S. L., & Ortiz, D. M. (2011). Programación lineal aplicada a la formulación de raciones para rumiantes. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 53-60.
- Ruger, P. (2001). Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream.
- Serra, V., Salvatori, G., & Pastorelli, G. (2021). Dietary polyphenol supplementation in food producing animals: Effects on the quality of derived products. *Animals*, 11(2), 401.
- Simonovic, S. P. (1992). Reservoir systems analysis: Closing gap between theory and practice. *Journal of water resources planning and management*, 118(3), 262-280.

- Sofjan, R. P., & Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*, 14(3), 255-262.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>
- Stigler, G. J. (1945). The cost of subsistence. *Journal of farm economics*, 27(2), 303-314.
- Story, M., Kaphingst, K. M., Robinson-O'Brien, R., & Glanz, K. (2008). Creating healthy food and eating environments: Policy and environmental approaches. *Annu. Rev. Public Health*, 29, 253-272.
- Tian, Z., Dong, T., Wang, S., Sun, J., Chen, H., Zhang, N., & Wang, S. (2024). A comprehensive review on chemical composition, flavors, and the impacts of heat processing on the aroma formation of fresh carrot. *Food Chemistry: X*, 101201.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101201>
- VandeHaar, M. J., & Black, J. R. (1991). Ration formulation using linear programming. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 7(2), 541-556.
- Veisseyre, R. (1972). *Lactología Técnica*, Zaragoza. Editorial Acribia.
- Williamson, G. (2017). The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutrition bulletin*, 42(3), 226-235.
- Yao, K., McClements, D. J., Yan, C., Xiao, J., Liu, H., Chen, Z., Hou, X., Cao, Y., Xiao, H., & Liu, X. (2021). In vitro and in vivo study of the enhancement of carotenoid bioavailability in vegetables using excipient nanoemulsions: Impact of lipid content. *Food Research International*, 141, 110162.
- Yildirim-Elikoglu, S., & Erdem, Y. K. (2018). Interactions between milk proteins and polyphenols: Binding mechanisms, related changes, and the future trends in the dairy industry. *Food reviews international*, 34(7), 665-697.

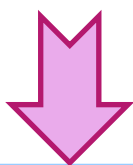
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2015). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2320-2327.
- Yosefiyan, M., Mahdian, E., Kordjazi, A., & Hesarinejad, M. A. (2024). Freeze-dried persimmon peel: A potential ingredient for functional ice cream. *Heliyon*, 10(3), e25488. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25488>
- Zhang, Q., Zhou, Y., Yue, W., Qin, W., Dong, H., & Vasanthan, T. (2021). Nanostructures of protein-polysaccharide complexes or conjugates for encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 169-196.

ANEXOS

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

1 g de muestra 1 g catalizador



Titular con ácido
clorhídrico
valorado



ANEXO 2

ANÁLISIS DE VITAMINA C

1. Estándar

100 mg de
ac. oxálico

solución de ac.
oxálico al 0,5%



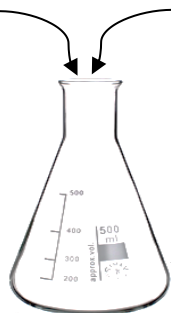
Estandarizar 100 ml



Análisis de estándar de trabajo

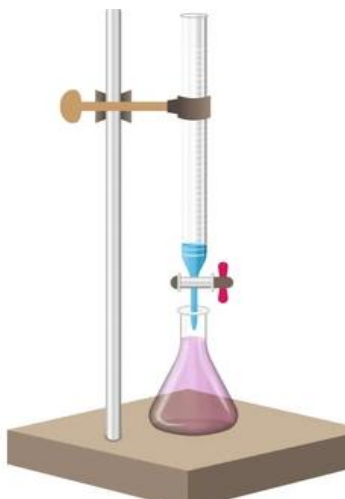
1 ml del
estándar

30 ml de solución de
ac. oxálico al 0,5%



Agitar

Titular con solución de 2,6
DFIF (colorante)



Análisis de muestra

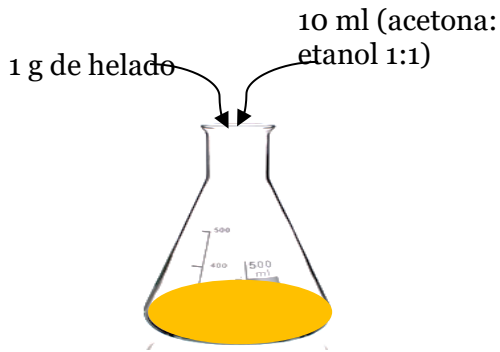
4 gr de
muestra

20 ml de solución
de ac. oxálico



ANEXO 3

DETERMINACION DE B-CAROTENO



reposar por 24 horas con agitación



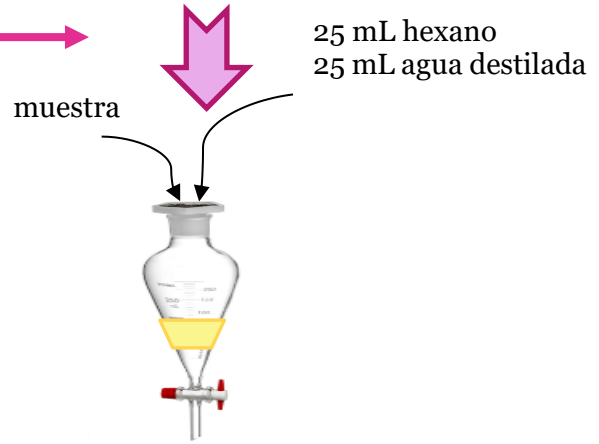
filtrar con papel filtro

grueso



Enrazar con (acetona: etanol 1:1)

enrazar a 50 ml



reposar por 30 minutos



extracto



Abs 470 nm =



$$\mu\text{g de } \beta\text{-caroteno} \frac{\text{equiv}}{100\text{g}} = \frac{A * V * 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%} * 100 * \text{peso muestra(g)}}$$

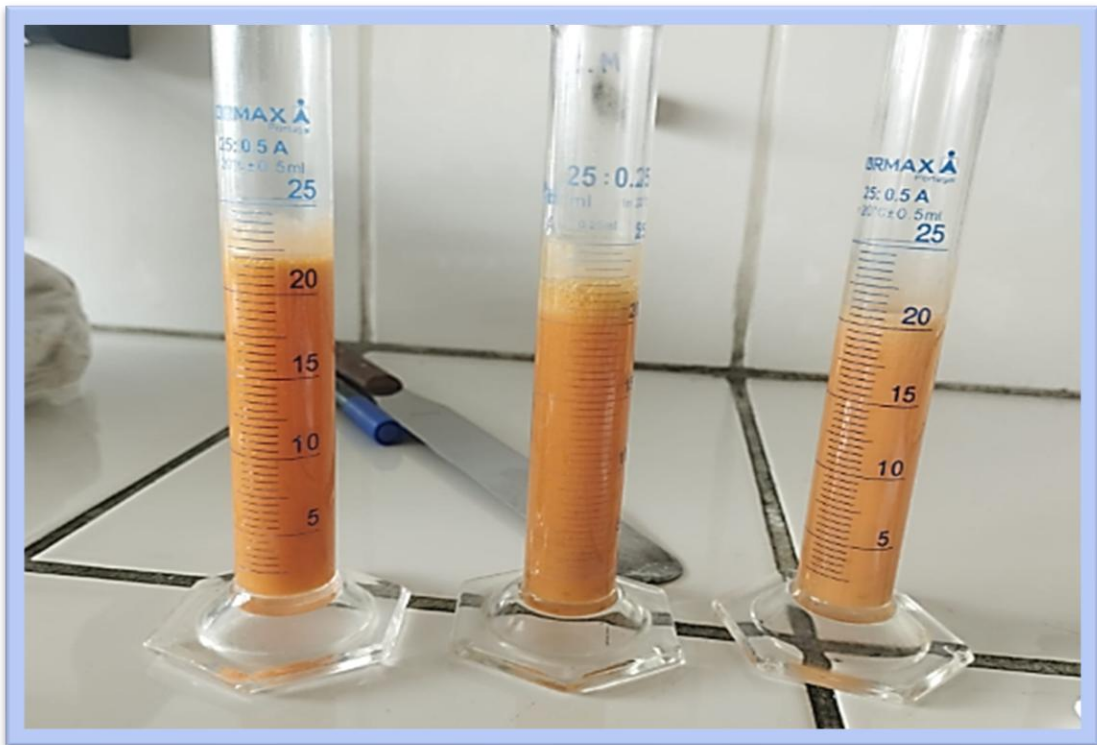
ANEXO 4

DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE DERRETIMIENTO Y CAÍDA DE LA PRIMERA GOTTA



ANEXO 5

DETERMINACION DE OVERRUM



ANEXO 6

DETERMINACION DEL PUNTO DE CONGELACION



ANEXO 7

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DEL PROCESO DE OPERACION DEL HELADO

a. Preparación de la base:

Mezclar el azúcar con el C.M.C. leche en polvo descremada



b. Mezclado / pasteurizado:

En esta operación se procedió a mezclar la base y el zumo de zanahoria y aguaymanto. Se realiza en un pasteurizador, en este caso el mezclado se realizó con ayuda de una espátula. Esta fase se realizó a una temperatura de a 85°C durante 5min con una constante agitación.



c. Enfriamiento:

En esta etapa se realizó un golpe de frío, con ayuda de hielos se reduce la temperatura a 5°C.



d. Maduración:

En esta etapa la mezcla la base de helado se dejó reposar en la refrigeradora a temperatura 5°C por un tiempo de 12h, para que los ingredientes se dispersen de manera uniforme.

Las principales finalidades que se logran con la maduración son: la hidratación de las proteínas y otros sólidos contenidos en la mezcla, así como del estabilizante-emulsionante.



e. Batido:

Se vuelve a mezclar los ingredientes una vez ya se retire de refrigeración para que la mezcla se vaya oxigenando este proceso se realiza a 5°C por 15 minutos.



f. Envasado y almacenado

El producto luego se envasa y se lleva a almacenar en congelación (-23 °C), donde debe permanecer hasta su consumo.



ANEXO 8

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

evaluación sensorial de helados de leche; zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto

Prueba de aceptación

Fecha: ___ / ___ / ___

Instrucciones: ante de empezar a evaluar, por favor limpiar su paladar tomando un trago de agua. Frente a usted se encuentra tres muestras de helados de leche; zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, los cuales serán evaluados. debe evaluar la aceptación en base a los atributos de apariencia, cremosidad, aroma, dulzor, sabor y aceptación general. Coloque una valoración a cada uno de los atributos para cada una de las muestras en base a la escala hedónica de valoración que se presenta a continuación:

1	2	3	4	5
No me gusta	Me disgusta ligeramente	Me gusta	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo

Muestra	Atributos					
	Apariencia	Cremosidad	Aroma	Dulzor	Sabor	Color
Muestra 1						
Muestra 2						
Muestra 3						

Observaciones:

¡MUCHAS GRACIAS!

ANEXO 9

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 202.057:2006 (2018)

NORMA TÉCNICA PERUANA DISPONIBLE PARA SU LECTURA EN LÍNEA SOLO UNA VEZ HASTA EL DÍA 05/04/2025 20:37:33

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 202.057
2006 (revisada el 2018)

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Helados.
Requisitos

MILK AND MILK PRODUCTS. Ice cream. Requirements

2018-09-11
2ª Edición

INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

R.D. N° 027-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-09-21

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 67.100.40

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Producto lácteo, helado, leche

© INACAL 2018



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

© INACAL 2018

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 817, San Isidro
Lima - Perú
Tel.: +51 1 640-8820
administracion@inacal.gob.pe
www.inacal.gob.pe

© INACAL 2018 - Todos los derechos son reservados

ÍNDICE

		página
	ÍNDICE	ii
	PRÓLOGO (de revisión 2018)	iii
	PRÓLOGO (de revisión 2013)	v
	PREFACIO	vi
1	Objeto	1
2	Referencias normativas	1
3	Definiciones	3
4	Clasificación	4
5	Requisitos	5
6	Inspección y muestreo	8
7	Envase y rotulado	8
8	Antecedentes	9

INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

PRÓLOGO (de revisión 2018)

A.1 La Norma Técnica Peruana (NTP) NTP 202.057:2006 (revisada el 2013) LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Helados. Requisitos, 2ª Edición, se encuentra incluida en el Programa de Actualización de Normas Técnicas Peruanas.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0090-2013/CNB-INDECOPI, fue revisada por el Comité Técnico de Normalización (CTN) de Leche y productos lácteos, y puesta a consulta pública por un periodo de 30 días calendario. No recibió observaciones por parte de los representantes de los sectores involucrados: producción, consumo y técnico.

A.3 El CTN de Leche y productos lácteos, recomendó mantener la vigencia de la NTP y la Dirección de Normalización (DN), procedió a mantener su vigencia, previa revisión final, aprobando la versión revisada el 1 de septiembre de 2018.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, más no su actualización.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del INACAL, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo citados en esta NTP.

A.5 La presente Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 202.057:2006 (revisada el 2013) LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Helados. Requisitos, 2ª Edición.

B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL CTN DE LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS

Secretaría

Coordinado por la Dirección de Normalización - INACAL¹

¹ Acuerdo de sesión del Comité Permanente de Normalización (CPN).

Presidente	José Llamosas – Gloria S. A.
ENTIDAD	REPRESENTANTE
ALS LS PERÚ S. A. C.	Sara Gonzales Carrasco
CERPER - Certificaciones del Perú S. A.	Giuliana Del Rosario Depaz Lilia Fuertes Flores
Certificaciones y Calidad S. A. C. – Certifical	Rosario Grados Vásquez
Certificadora y Laboratorios Alas Peruanas S. A. C. - CERTILAB A.P. S. A. C.	Rosa Nelly Rosas Gómez
Centro Nacional de Alimentación y Nutrición - Instituto Nacional de Salud	Juan José Quispe Mejía Clara Urbano Cáceres
DIGESA - Comité Nacional del Codex Alimentarius	Sonia Córdova Jara
Frutarom Perú S. A.	Celste Garcia Funegra
Intertek Testing Services Perú S. A.	Ana Vera Campos de Aguilar
Laboratorios Municipalidad de San Isidro	Carla del Pilar Calizaya Limaco
Laive S. A.	Diana Rodríguez Castillo
La Molina Consultores	María Zulema Villena Rozas
Mead Johnson Nutrition	Silvana Agreda Sanguinetti
NSF INASSA S. A. C.	Cecilia Ascención Varela
Sociedad de Asesoramiento Técnico S. A. C.	Roxana Valenzuela Palacios
Consultora	Angélica Mercedes Ramírez Lino
Consultora	María Virginia Castillo Jara

PRÓLOGO (de revisión 2013)

A.1 La Norma Técnica Peruana (NTP) NTP 202.057:2006 **LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Helados. Requisitos**, 2ª Edición, se encuentra incluida en el Plan de Revisión y Actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 7 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0032-2006/INDECOPI-CRT por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT), fue sometida a consulta en el 2013 al Comité Técnico de Normalización (CTN) de Leche y productos lácteos a fin de ratificar su vigencia.

A.3 El CTN de Leche y productos lácteos recomendó mantener la vigencia de la NTP sin modificaciones y la Comisión aprobó la versión revisada, el 14 de noviembre de 2013.

INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

PREFACIO

A. RESEÑA HISTORICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Leche y productos lácteos, mediante el Sistema 2.º Ordinario, durante los meses de junio a diciembre de 2005, utilizando como antecedentes a los que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Leche y productos lácteos presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT–, con fecha 2005-12-06, el PNTP 202.057:2005, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2006-02-17. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 202.057:2006 LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Helados. Requisitos, 2ª Edición, el 10 de mayo de 2006.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 202.057:1975. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACION DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARIA	ADIL
PRESIDENTE	José Llamosas – Gloria S. A.
SECRETARIO	Rolando Piskulich - ADIL

ENTIDAD	REPRESENTANTE
Inspectorate Services Perú S. A. C.	Silvia Quevedo
CENAN	Héctor Roncal Clara Urbano
Cerper S. A.	Elsa Vargas Teresa Zacarías
CESMEC PERÚ S. A. C.	Raquel Agüero
Consultora Privada	Sonia Córdova
DIGESA	Aydeé Valenzuela Jesús Vargas
INASSA	Sara González
La Molina Calidad Total - Laboratorios	Rosa Nelly Rosas María Elena Mallma
La Molina Consultores	Emily Vivanco
Laive S. A.	Virginia Castillo
3 M del Perú	Milagros Risco
Ministerio de la Producción	Martha Gutiérrez
Montana S. A.	Celeste García
Nestlé Perú S. A.	Jorge La Rosa
Soc. de Asesoramiento Técnico S. A.	Verónica Benites
Universidad Nacional Agraria La Molina	Fanny Ludeña

---0000000---

LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Helados. Requisitos

1 Objeto

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los helados en sus diferentes tipos.

2 Referencias normativas

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos, con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

NTP 209.038:1994² ALIMENTOS ENVASADOS. Rotulado

NTP 202.085:1991³ LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS.
Definiciones y clasificación

² La NTP 209.038:1994 fue dejada sin efecto. La versión vigente a la fecha es la NTP 209.038:2009 (revisada el 2014).

³ La NTP 202.085:1991 fue dejada sin efecto. La versión vigente a la fecha es la NTP 202.085:2015.

2.2 Normas Técnicas de Asociación

FIL-IDF 125 A:1988 ⁴	Helados comestibles y mezclas de hielo - Determinación del contenido de grasa
FIL-IDF 16 C:1987 ⁵	Crema - Determinación del contenido de grasa - Método gravimétrico (Método de referencia)
ISO 3728:2004 (IDF 70:2004)	Helado de crema y helado de leche. Determinación del contenido total de sólidos (método de referencia)
FIL-IDF 100B:1991 ⁶	Leche y productos lácteos. Enumeración de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30 °C
FIL-IDF 73B:1998 ⁷	Leche y productos lácteos. Enumeración de coliformes Parte 2: Técnica del número más probable a 30 ° C sin reanimación
ISO 6785:2001 (IDF 93:2001) ⁸	Leche y productos lácteos. Detección de Salmonella
FDA online/ BAM:1995 ⁹	CFSAN 8 th Edición. Revisión A, 1998. Modificada por la revisión: 2001, Enero Cap, 10 A-E. Detección de Listeria monocytogenes

⁴ La FIL-IDF 125 A:1988 fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por la ISO 8262-2(IDF 124-2:2005).

⁵ La FIL-IDF 16 C:1987 fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por la IDF 16:2008. La versión vigente a la fecha es la ISO 2450:2008 (IDF 16:2008).

⁶ La FIL-IDF 100B:1991 fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por la ISO 4833:2003. La versión vigente es la ISO 4833-1:2013.

⁷ La FIL-IDF 73B:1998 fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por la ISO 4831 y la ISO 4832.

⁸ La ISO 6785:2001 (IDF 93:2001) fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por la ISO 6579-1:2017.

⁹ La edición vigente es la del 03/2017.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 202.057
3 de 9

FIL-IDF 145A:1997 ¹⁰	Leche y productos a base de leche. Enumeración de <i>Staphylococcus aureus</i>
AOAC 990.12:1990 ¹¹	Recuento de aeróbios en placas en alimentos. Película seca rehidratable
AOAC 989.10:1989 ¹¹	Bacterias y coliformes en productos lácteos. Película seca rehidratable
AOAC 2003.08:2003 ¹¹	Enumeración de <i>Staphylococcus aureus</i> en alimentos lácteos seleccionados

3 Definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

3.1

helados

son aquellos productos alimenticios edulcorados, obtenidos a partir de una emulsión de grasa y proteínas con la adición de otros ingredientes o a partir de una mezcla de agua y otros ingredientes que se someten a congelación con o sin incorporación de aire y que se almacenan, distribuyen y expenden en estado de congelación, o parcialmente congelados

3.2

bases o mezclas para helados

son aquellos productos líquidos o deshidratados a base de leche y sus derivados, destinados a la fabricación de helados en máquinas elaboradoras, dispensadoras y expendedoras o a nivel doméstico, de acuerdo con las instrucciones suministradas por el fabricante

¹⁰ La FIL-IDF 145A:1997 fue dejada sin efecto y ha sido reemplazada por las normas ISO 6888-1 e ISO 6888-2 y sus modificatorias.

¹¹ La última edición de la AOAC es la 20^{ma} del 2016.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 202.057
4 de 9

3.2.1

base o mezcla líquida para helado

esta mezcla, en estado líquido, contendrá todos los ingredientes necesarios en las cantidades adecuadas, de modo que, al congelarlo, dé un producto final que se ajuste a una de las clases de helados descritas en la presente NTP

3.2.2

base o mezcla líquida concentrada para helado

es aquella que después de añadirle la cantidad de agua potable o leche esterilizada, descrita por el fabricante, dé como resultado un producto que se ajuste a una de las clases de helados descritas en la presente NTP

3.2.3

base o mezcla deshidratada para helados

es el producto seco (con un contenido de humedad no mayor de 4 %) que, después de añadirle la cantidad de agua potable o leche esterilizada, descrita por el fabricante, dé un producto que se ajuste a una de las clases de helados descritas en la presente NTP

3.3

postres de helado

es toda presentación de helados, en cualquiera de sus variedades, que posteriormente se someterán a un proceso de elaboración y decoración, con productos alimenticios aptos para el consumo humano

4 Clasificación

4.1 Helados de crema: Aquellos que tienen un alto contenido de grasa comestible y un contenido mínimo de sólidos lácteos no grasos de 6 % .

4.2 Helados de leche: Aquellos en que predomina el contenido de sólidos lácteos, sin considerar los azúcares.

© INACAL 2018 - Todos los derechos son reservados

4.3 Sorbetes: Aquellos que tienen en su composición sólidos lácteos y cuyo contenido de grasa vegetal o grasa de leche, sólidos no grasos y sólidos totales es inferior al del helado de leche.

4.4 Helados de agua: Aquellos elaborados con agua potable, azúcar, esencias autorizadas o jugos de frutas y en algunos casos, glucosa y espesantes.

5 Requisitos

5.1 Requisitos generales

5.1.1 Color y sabor: El helado deberá tener un color y sabor característicos del producto.

5.1.2 Apariencia y textura: El helado deberá tener una apariencia atractiva, textura suave, consistencia uniforme y no tendrá hielo visible ni cristales de lactosa; además deberá estar libre de gránulos de grasa y no deberá contener sustancias ni partículas extrañas.

5.1.3 Todas las mezclas líquidas para preparar helados deben ser previamente pasteurizadas o sometidas a cualquier otro proceso de higienización aprobado.

5.1.4 En los helados donde se requiera incorporar aire a la mezcla durante la congelación, éste deberá ser de tipo sanitario y el volumen incorporado por cada 100 mL de mezcla fundida, no podrá ser mayor de 120 % calculado según la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Vol. Total de congelado} - \text{Vol. de la mezcla fundida (a 20 °C)}}{\text{Vol. de la mezcla fundida (a 20 °C)}} \times 100$$

5.1.5 Los helados deben conservarse a temperatura máxima de -16 °C . Los helados duros a nivel de expendio fijo y móvil deben tener una temperatura máxima de -8 °C . Los helados blandos deben tener una temperatura de congelación máxima de -5 °C,

© INACAL 2018 - Todos los derechos son reservados

que les confiera una consistencia suave. El transporte de los helados duros deberá hacerse de tal manera que el producto se mantenga a una temperatura máxima de -16°C .

5.1.6 Para poder incluir en su denominación y/o rotulado, el nombre de una fruta, ésta deberá ser añadida previamente a la congelación, en forma de jugo y/o pulpa y/o trozos, en una proporción mínima de 20 % m/m . En el caso de frutas ácidas (limón, fresa, maracuyá, entre otros) y de plátano, el agregado mínimo será de 10 % m/m . Cuando se utilicen frutas secas y/o coco rallado la adición será como mínimo de 8 % m/m .

Se permite el refuerzo del aroma con esencias autorizadas, con declaración en el rotulado.

5.1.7 Cuando en la denominación de los distintos tipos de helados, se haga referencia al contenido de huevo, el producto deberá ser adicionado en una cantidad mínima de 3 % m/m de yema.

5.1.8 Los helados que se denominen "de chocolate" deberán ser adicionados en una cantidad mínima de 3 % m/m de cacao en polvo y/o chocolate.

5.1.9 Serán considerados como ingredientes los siguientes productos alimenticios:

- productos lácteos;
- azúcar;
- yogurt;
- manjar blanco;
- grasa vegetal;
- proteína vegetal;
- frutas frescas o procesadas;
- huevo y derivados;

- edulcorantes;
- granos o semillas, enteros, en trozos, en pasta, tostados o no;
- bebidas fermentadas o alcohólicas: vinos, licores, bebidas destiladas u otras, en cantidades máximas de 3 % ;
- productos frutivos: cacao y/o chocolate, malta, café y otros;
- agua potable; y
- otros productos alimenticios autorizados por la autoridad sanitaria nacional competente.

5.2 Requisitos fisicoquímicos ⁽¹⁾

Requisitos	Helado de crema	Helado de leche	Sorbete	Helado de agua	Métodos de ensayo ¹²
Grasa total (%) ⁽²⁾	mín. 6,0	mín. 1,5	máx. 1,5	-	FIL-IDF 16C:1987 o FIL-IDF 125 A:1988
Sólidos totales (%)	mín. 32,0	mín. 27,0	mín. 20,0	mín. 20,0	FIL-IDF 070:2004/ISO 3728

(1) Los análisis deben hacerse sobre la mezcla fundida.

(2) Se están considerando dos métodos que se utilizarán en función a la naturaleza del helado a analizar.

5.2.1 Aditivos alimentarios

Se podrán usar los aditivos alimentarios en las dosis permitidas por el Codex Alimentarius en su versión vigente para este grupo de productos, así como aquellos permitidos por la entidad sanitaria nacional competente.

¹² Véase las notas del capítulo 2 Referencias Normativas.

5.2.2 Requisitos microbiológicos¹³

Criterios microbiológicos	n	m	M	c	Método de ensayo ¹⁴
Aerobios mesófilos / g	5	100 000	500 000	2	FIL-IDF 100B:1991 (1)
Coliformes a 30 °C / g	5	10	100	2	FIL-IDF 073B:1998 (2)
Salmonella sp./ 25 g	5	Ausencia		0	FIL-IDF 093:2001/ISO 6785
Listeria monocytogenes / 25 g	5	Ausencia		0	FDA / BAM:1995
Staphylococcus aureus / g	5	10	100	2	FIL-IDF 145A:1997 (3)

Existen también opciones de métodos de ensayo rápidos, de acuerdo con lo siguiente:

(1) Para aerobios mesófilos: AOAC 990.12.

(2) Para coliformes a 30 °C: AOAC 989.10.

(3) Para S. aureus: AOAC 2003.08.

6 Inspección y muestreo

Para los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos se utilizarán los planes de muestreo establecidos en la Norma FIL - IDF 113A:1990¹⁵.

7 Envase y rotulado

7.1 Envase

Los envases y embalajes a utilizarse serán de materiales adecuados para la conservación y manipuleo del producto. No deberán transmitirle sabores ni olores extraños y podrán ser de dimensiones y formas variadas.

¹³ Para la implementación de esta Norma Técnica Peruana se debe cumplir con los criterios microbiológicos establecidos en las disposiciones legales vigentes por la autoridad sanitaria competente.

¹⁴ Véase las notas del capítulo 2 Referencias Normativas.

¹⁵ La norma FIL - IDF 113A:1990 ha sido dejada sin efecto por la ISO 5538:2004 (IDF 113:2004). La NTP-ISO 5538 (IDF 113:2004):2010 (revisada el 2015) es equivalente a la ISO 5538:2004 (IDF 113:2004).

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 202.057
9 de 9

7.2 Rotulado

Deberán cumplir con las disposiciones establecidas en la NTP 209.038 y la NTP 202.085 .

8 Antecedentes

8.1 Código alimentario argentino. Ley 18.284. y decreto 2126 71. Capítulo XII 33. Helados y polvos para prepararlos

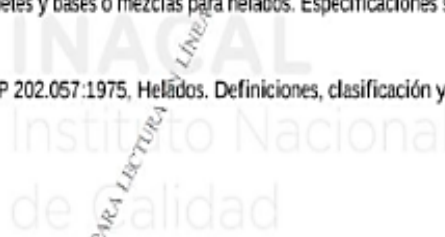
8.2 COVENIN 2392:1997 Helados y Mezclas para Helados. 2ª Revisión

8.3 Real Decreto 618/1998 Reglamentación técnico sanitario para la elaboración, circulación y comercio de helados y mezclas envasadas para congelar. España

8.4 NOM-036-SSA1-1993 Bienes y servicios. Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para helados. Especificaciones sanitarias

8.5 NTP 202.057:1975, Helados. Definiciones, clasificación y requisitos

NORMA TÉCNICA PERUANA DISPONIBLE PARA SU LECTURA EN LÍNEA SOLO UNA VEZ HASTA EL DÍA 03/04/2025 19:45:41
PROHIBIDA LA TOMA DE IMÁGENES
DNI 28510804
LEON JULIAN VALLA
INACTIVIDAD



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente

**Expositora: Dina Yupanqui RUIRO
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 83082

Resolución Decanal N° 021-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 28-03-2025

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día martes uno de abril del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Dina Yupanqui RUIRO**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA y Mg. José Alberto CUEVA VARGAS, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente**, presentado por la Bachiller **Dina Yupanqui RUIRO**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 021-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Dina Yupanqui RUIRO**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. José Alberto CUEVA VARGAS (Ausente), Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA. Luego el Presidente invitó al Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente**Expositora: Dina Yupanqui Ruiro**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 83082



Resolución Decanal N° 021-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 28-03-2025

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Dina Yupanqui Ruiro**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta y cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julian PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente
.....
Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro
.....
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA
Miembro
.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente

Expositora: Lisseth Sayre Quispe
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 83082

Resolución Decanal N° 021-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 28-03-2025

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día martes uno de abril del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Lisseth Sayre Quispe**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA y Mg. José Alberto CUEVA VARGAS, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente**, presentado por la Bachiller **Lisseth Sayre Quispe**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 021-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Lisseth Sayre Quispe**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. José Alberto CUEVA VARGAS (Ausente), Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA. Luego el Presidente invitó al Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente

**Expositora: Lisseth Sayre Quispe
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 83082

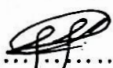
Resolución Decanal N° 021-2025-UNSCH-FIQM/D


Fecha: 28-03-2025

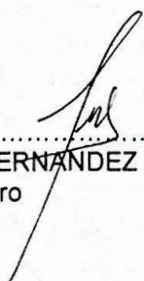
Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

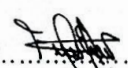
Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Lisseth Sayre Quispe**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta y cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente


.....
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro


.....
Mg. Jack Edson HERNÁNDEZ MAVILA
Miembro


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, las Srtas. **Lisseth SAYRE QUISPE** y **Dina YUPANQUI RUIRO**, egresadas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor Dr. Alberto Luis, HUAMANI HUAMANI, la Tesis: **Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente** y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de **19%** y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha abril 09 de 2025 e Identificador de la Entrega **Nº 2640278051**.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, abril 09 de 2025.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias

Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia Nº 033

Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente

por Lisseth Sayre Quispe Y Dina Yupanqui RUIRO

Fecha de entrega: 09-abr-2025 08:26a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2640278051

Nombre del archivo: 6._TESIS_DE_DINA-LISSETH_RECORTADA.pdf (3.56M)

Total de palabras: 18600

Total de caracteres: 93982

Caracterización físico-química, y aceptabilidad sensorial de helado formulado con leche, zumo de zanahoria y pulpa de aguaymanto, usados como colorante y micronutriente

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	16%	2%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
2	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	2%
3	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	1%
7	www.scielo.cl Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
10	www.bolivianchemistryjournal.org Fuente de Internet	1%

11	www.scielo.org.co Fuente de Internet	1 %
12	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
13	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %
16	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
17	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	hmong.es Fuente de Internet	<1 %
19	cuadros-comparativos.com Fuente de Internet	<1 %
20	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	upfim.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
23	doku.pub Fuente de Internet	<1 %

24

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

<1%

25

vsip.info

Fuente de Internet

<1%

26

Submitted to Universidad TecMilenio

Trabajo del estudiante

<1%

27

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 32 words

Excluir bibliografía

Activo