

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA: INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**ELABORACIÓN DE HELADO DE LECHE CON RELLENO DE
PULPA DE ARÁNDANO**

POR:

VALERIA IRAHOLA BAUTISTA

Trabajo final de grado presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

TARIJA - BOLIVIA

2026

DEDICATORIA

Como testimonio de su sacrificio y amor, me llena de orgullo dedicar esta tesis a quienes fueron parte fundamental de este logro.

A mi querido padre, Anibal Irahola, por ser mi inspiración y mi pilar fundamental en la vida. A mi querida madre, por ser ejemplo de fortaleza y valentía.

A mis tías, por cada gesto de cariño, apoyo y confianza a lo largo de este camino y a mi abuelito Rafael Irahola, por su amor, protección, consejos, compañía y por alegrar mis días con su presencia.

A mis amigas, que me acompañaron en esta aventura, compartiendo momentos de aprendizaje, esfuerzo y alegría.

Y, por supuesto, a mí misma, por tener la valentía de afrontar cada desafío, aprender de los errores y seguir adelante a pesar de las dificultades. Por la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia que hicieron posible alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por acompañarme, protegerme y guiarme en cada paso de mi vida.

A mi padre, por su amor, paciencia, confianza y apoyo incondicional. Por el esfuerzo constante, el respaldo emocional y económico que me permitió culminar esta importante etapa de mi vida, y por creer siempre en mi capacidad para alcanzar mis metas.

A mi madre, por su amor incondicional y por alentarme siempre a seguir adelante.

A mi docente guía Ing. Erick Ramírez Ruiz por su orientación, dedicación y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

A todos mis docentes, por las enseñanzas, consejos y conocimientos impartidos a lo largo de mi formación académica.

Agradezco al Ing. Aníbal Cazasola por su apoyo, el tiempo brindado, sus valiosos consejos y el acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de este trabajo y me acompañaron durante este importante camino.

ÍNDICE

RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	1
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Planteamiento del problema	4
1.5	Formulación del problema	5
1.6	Objeto de estudio	5
1.7	Campo de acción	5
1.8	Planteamiento de hipótesis	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Origen del helado	6
2.2	Definición de helado	6
2.3.1	Helado tipo paleta	7
2.4	Clasificación general de los helados	7
2.4.1	Helado de leche	8
2.4.2	Helado de fruta	9
2.5	Caracterización del helado de leche	9
2.5.1	Propiedades fisicoquímicas del helado de leche	9
2.5.2	Propiedades microbiológicas del helado de leche	9
2.5.3	Propiedades nutricionales del helado de leche	10
2.6	Aplicación del helado de leche en la dieta equilibrada	10
2.7	Caracterización de la leche entera y arándano para la elaboración de helado	11
2.7.1	Caracterización de la leche entera	11

2.7.1.1	Propiedades fisicoquímicas de la leche entera.....	11
2.7.1.2	Propiedades microbiológicas de la leche entera	12
2.7.1.3	Propiedades nutricionales de la leche entera	12
2.7.2	Caracterización del arándano	13
2.7.2.1	Propiedades fisicoquímicas del arándano	14
2.7.2.2	Propiedades nutricionales del arándano	15
2.8	Caracterización de los insumos para la elaboración de helado	15
2.8.1	Sacarosa.....	15
2.8.2	Dextrosa	16
2.8.3	Crema de leche (origen animal)	16
2.8.4	Leche en polvo entera.....	16
2.8.5	Estabilizante (Liga neutra).....	16
2.9	Congelación de alimentos	17
2.9.1	Etapas del proceso congelación de alimentos.....	19
2.9.2	Tipos de congelación de alimentos	19
2.9.2.1	Congelación rápida	20
2.9.2.2	Congelación por aire	20
2.9.3	Caracterización de las variables del proceso de congelación.....	21
2.9.3.1	Velocidad de congelación	21
2.9.3.2	Tiempo de congelación	22
2.9.3.3	Temperatura de congelación	22
2.9.3.4	Composición del alimento	23

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	27
3.2	Tipo de intervención experimental.....	27
3.3	Paradigma de investigación	27
3.3.1	Paradigma positivista	28
3.4	Enfoque de la investigación	28
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos	28
3.5.1	Análisis fisicoquímicos de la leche entera “Prolac”	29

3.5.2	Análisis microbiológicos de la leche entera “Prolac”	29
3.5.3	Análisis fisicoquímicos del arándano.....	30
3.5.4	Análisis microbiológicos del arándano.....	30
3.5.5	Análisis fisicoquímicos del helado de leche con relleno de pulpa de arándano ...	31
3.5.6	Análisis microbiológicos del helado de leche con relleno de pulpa de arándano...	31
3.6	Equipos, instrumentos, utensilios y materiales de laboratorio	32
3.6.1	Equipos.....	32
3.6.2	Instrumentos de laboratorio.....	33
3.6.3	Material de laboratorio	33
3.6.4	Utensilios de cocina	34
3.6.5	Reactivos químicos.....	34
3.6.6	Insumos alimentarios	35
3.7	Proceso de elaboración del helado de leche con relleno de pulpa de arándano .	35
3.7.1	Descripción del diagrama del proceso de elaboración de helado	36
3.7.1.1	Arándano	37
3.7.1.2	Lavado.....	37
3.7.1.3	Triturado.....	37
3.7.1.4	Estandarización	37
3.7.1.5	Pasteurización de la pulpa	38
3.7.1.6	Envasado de la pulpa.....	38
3.7.1.7	Enfriamiento.....	39
3.7.1.8	Dosificación y mezclado.....	39
3.7.1.9	Pasteurización de mezcla láctea.....	40
3.7.1.10	Maduración	41
3.7.1.11	Congelación	41
3.7.1.12	Envasado de helado	42
3.7.1.13	Almacenamiento	42
3.8	Evaluación sensorial	42
3.8.1	Evaluación sensorial para el helado de leche con relleno de pulpa de arándano	43
3.9	Diseño experimental	43
3.9.1	Diseño factorial 2^k	44
3.9.2	Diseño factorial 2^3 en el proceso de dosificación del helado	44
3.10	Operacionalización de variables para la elaboración de helado	45

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1	Caracterización del arándano y la leche entera “Prolac”	47
4.1.1	Caracterización del arándano	47
4.1.1.1	Propiedades físicas del arándano	47
4.1.1.2	Análisis fisicoquímicos del arándano.....	48
4.1.1.3	Análisis microbiológicos del arándano.....	49
4.1.2	Caracterización de la leche entera “Prolac”.....	50
4.1.2.1	Análisis fisicoquímicos de leche entera “Prolac”	50
4.1.2.2	Análisis microbiológicos de la leche entera “Prolac”	50
4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de helado	51
4.2.1	Pruebas experimentales del helado de leche con relleno de pulpa de arándano....	51
4.2.1.1	Caracterización de la pulpa de arándano ensayo 1.....	52
4.2.2	Pruebas iniciales del helado de leche con relleno, ensayo 2.....	53
4.2.3	Pruebas iniciales del helado de leche con relleno, ensayo 3.....	54
4.2.3.1	Análisis fisicoquímico de las pruebas iniciales de helado con relleno, ensayo 3....	54
4.2.3.2	Determinación del punto de congelación inicial de las pruebas iniciales de helado.	55
4.2.3.3	Determinación del tiempo y temperatura de congelación de las pruebas iniciales...	58
4.2.4	Prueba preliminar de helado de leche con relleno de pulpa de arándano	60
4.2.4.1	Estadístico caja y bigote para la prueba preliminar de helado con relleno.....	60
4.2.4.2	Análisis de varianza para el atributo sabor de pruebas preliminares de helado	61
4.3	Diseño factorial 2 ³ en la dosificación de la mezcla láctea del helado.....	63
4.3.1	Dosificación de la mezcla láctea para el factor crema de leche.....	63
4.3.2	Análisis de varianza para la variable pH en la etapa de dosificación de la mezcla	64
4.3.3	Análisis de varianza para la variable acidez en la etapa de dosificación de mezcla	67
4.3.4	Análisis de varianza para la variable tiempo de congelación del helado	70
4.4	Determinación del tiempo de congelación para el nivel bajo del factor crema.....	73
4.5	Determinación del tiempo de congelación para el nivel alto del factor crema.....	76
4.6	Dosificación de las muestras de helado para elegir la muestra final ensayo 8	78
4.6.1	Estadístico caja y bigote para elegir la muestra final de helado de leche	79
4.6.2	Estadístico de Tukey del atributo sabor del helado de leche con relleno	80
4.6.3	Estadístico de Tukey del atributo textura del helado de leche con relleno	80

4.6.4	Estadístico de Tukey del atributo cremosidad del helado de leche con relleno	81
4.6.5	Estadístico de Tukey del atributo palatabilidad del helado de leche con relleno	82
4.7	Determinación del tiempo de congelación de agua pura y muestra final de helado	82
4.8	Control de parámetros fisicoquímicos de helado de leche con relleno	84
4.8.1	Control de acidez en el almacenamiento del helado de leche con relleno	84
4.8.2	Control de pH en el almacenamiento del helado de leche con relleno	86
4.9	Caracterización del helado de leche con relleno de pulpa de arándano	87
4.9.1	Análisis fisicoquímico del helado de leche con relleno de pulpa de arándano	87
4.9.2	Análisis microbiológicos del helado de leche con relleno de pulpa de arándano ...	88
4.10	Balance de materia para el proceso de elaboración de helado	89
4.10.1	Balance de materia en la etapa de selección y lavado del arándano	91
4.10.2	Balance de materia en la etapa de triturado del arándano	91
4.10.3	Balance de materia en la etapa de estandarización de la pulpa de arándano	92
4.10.4	Balance de materia en la etapa de pasteurización de la pulpa de arándano	94
4.10.5	Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado de la mezcla láctea ..	95
4.10.6	Balance global en la etapa de pasteurización de la mezcla láctea	97
4.10.7	Balance en la etapa de congelación.....	98
4.10.8	Balance en la etapa de envasado	99
4.10.9	Rendimiento del proceso de elaboración del helado de leche con relleno	100
4.10.10	Resumen general del balance de materia de elaboración de helado	100
4.11	Balance de energía para la elaboración del helado de leche con relleno	101
4.11.1	Balance de energía en la etapa de pasteurización de la pulpa de arándano	103
4.11.2	Balance de energía en la etapa de pasteurización de la mezcla láctea	106
4.11.3	Balance de energía en la etapa de congelación	110
4.11.4	Calculo de consumo de energía de los equipos	113

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	117
5.2	Recomendaciones	118

BIBLIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Propiedades fisicoquímicas del helado de leche	9
Tabla 2.2	Propiedades microbiológicas del helado de leche	10
Tabla 2.3	Valor nutricional del helado de leche	10
Tabla 2.4	Propiedades fisicoquímicas de la leche entera	12
Tabla 2.5	Propiedades microbiológicas de la leche entera.....	12
Tabla 2.6	Valor nutricional de la leche entera.....	13
Tabla 2.7	Características fisicoquímicas del arándano.....	14
Tabla 2.8	Valor nutricional del arándano	15
Tabla 3.1	Análisis fisicoquímicos de la leche entera “Prolac”	29
Tabla 3.2	Análisis microbiológicos de la leche entera “Prolac”	30
Tabla 3.3	Análisis fisicoquímicos del arándano	30
Tabla 3.4	Análisis microbiológicos del arándano	31
Tabla 3.5	Análisis fisicoquímicos del helado de leche con relleno de pulpa	31
Tabla 3.6	Análisis microbiológicos del helado de leche con relleno de pulpa	32
Tabla 3.7	Insumos alimentarios.....	35
Tabla 3.8	Factores en el proceso de dosificación de la mezcla láctea.....	44
Tabla 3.9	Matriz de variables del diseño factorial 2 ³ en la dosificación.....	45
Tabla 3.10	Operacionalización de las variables en la elaboración de helado	46
Tabla 4.1	Propiedades físicas del arándano.....	47
Tabla 4.2	Análisis fisicoquímicos del arándano	49
Tabla 4.3	Análisis microbiológicos del arándano	49
Tabla 4.4	Análisis fisicoquímicos de la leche entera Prolac.....	50
Tabla 4.5	Análisis microbiológicos de la leche entera Prolac.....	51
Tabla 4.6	Parámetros de control de la pulpa de arándano	52
Tabla 4.7	Variación en la dosificación de los componentes de la mezcla láctea....	54
Tabla 4.8	Análisis fisicoquímico de la muestra HR5	55
Tabla 4.9	Análisis fisicoquímicos de la muestra HR6	56
Tabla 4.10	Análisis fisicoquímicos de la muestra HR7.....	56

Tabla 4.11 Determinación del punto de congelación inicial de las pruebas iniciales.	57
Tabla 4.12 Determinación del tiempo de congelación de las pruebas iniciales.....	58
Tabla 4.13 Análisis de varianza del atributo sabor.....	62
Tabla 4.14 Análisis de varianza del atributo textura.....	62
Tabla 4.15 Dosificación de los factores del diseño factorial.....	63
Tabla 4.16 Dosificación de las muestras para el factor crema de leche	64
Tabla 4.17 Análisis de varianza para la variable pH en la etapa de dosificación	62
Tabla 4.18 Análisis de varianza para la variable acidez en la etapa de dosificación	68
Tabla 4.19 Análisis de varianza para la variable tiempo de congelación del helado....	69
Tabla 4.20 Determinación del tiempo de congelación para el nivel bajo del factor ..	74
Tabla 4.21 Determinación del tiempo de congelación para el nivel alto del factor ...	76
Tabla 4.22 Dosificación de las muestras de helado para elegir la muestra final	78
Tabla 4.23 Estadístico de Tukey del atributo sabor	80
Tabla 4.24 Estadístico Tukey del atributo textura	81
Tabla 4.25 Estadístico Tukey del atributo cremosidad.....	81
Tabla 4.26 Estadístico Tukey del atributo palatabilidad	82
Tabla 4.27 Determinación del tiempo de congelación de agua pura y helado.....	82
Tabla 4.28 Control de acidez en el almacenamiento del helado	83
Tabla 4.29 Control de pH durante el almacenamiento de helado	86
Tabla 4.30 Análisis fisicoquímicos del helado de leche con relleno	88
Tabla 4.31 Análisis microbiológicos del helado de leche con relleno.....	88
Tabla 4.32 Capacidad calorífica de los principales componentes del alimento	103
Tabla 4.33 Composición fisicoquímica del arándano.....	103
Tabla 4.34 Composición fisicoquímica del estabilizante (liga neutra)	104
Tabla 4.35 Calores específicos	104
Tabla 4.36 Composición fisicoquímica de la leche entera Prolac	106
Tabla 4.37 Composición nutricional de la leche en polvo	107
Tabla 4.38 Composición nutricional de la crema de leche.....	108
Tabla 4.39 Composición nutricional de dextrosa “Ingretect”	108
Tabla 4.40 Composición fisicoquímica del helado de leche con relleno.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Tipos de helado	7
Figura 2.2	Clasificación de los helados de acuerdo a su composición	8
Figura 2.3	Fruto de arándano	14
Figura 2.4	Proceso de congelación de una sustancia pura y de un alimento...18	
Figura 2.5	Etapas del proceso de congelación.....	19
Figura 2.6	Tipos de congelación de alimentos	20
Figura 2.7	Descenso crioscópico de una solución acuosa de D-glucosa	23
Figura 2.8	Curva experimental de congelación de helado.....	24
Figura 3.1	Equipos para la elaboración de helado de leche.....	32
Figura 3.2	Instrumentos de laboratorio	33
Figura 3.3	Reactivos utilizados en la determinación de acidez	34
Figura 3.4	Diagrama del proceso de elaboración de helado de leche con relleno.36	
Figura 3.5	Arándanos lavados	37
Figura 3.6	Proceso de triturado y obtención de la pulpa	37
Figura 3.7	Proceso de estandarización de la pulpa de arándano	38
Figura 3.8	Envasado de la pulpa	38
Figura 3.9	Pulpa refrigerada	39
Figura 3.10	Dosificación y mezclado de la mezcla láctea	40
Figura 3.11	Pasteurización de la mezcla láctea	40
Figura 3.12	Maduración de la mezcla láctea.....	41
Figura 3.13	Proceso de congelación.....	41
Figura 3.14	Envasado de helado	42
Figura 3.15	Almacenamiento de helados	42
Figura 3.16	Evaluaciones sensoriales del helado de leche con relleno.....	43
Figura 4.1	Esquema de aplicación para la metodología experimental.....	50
Figura 4.2	Pruebas iniciales de helado de leche con relleno.....	53
Figura 4.3	Variación en la dosificación de las pruebas iniciales	55
Figura 4.4	Descenso crioscópico de las muestras iniciales de helado	57
Figura 4.5	Curva de congelación de las pruebas iniciales de helado	59
Figura 4.6	Variación en la dosificación de las pruebas preliminares.....	60
Figura 4.7	Caja y bigote de pruebas preliminares	61

Figura 4.8	Efectos principales para pH	65
Figura 4.9	Interacción de factores para pH	66
Figura 4.10	Diagrama de Pareto estandarizada para pH	67
Figura 4.11	Efectos principales para acidez.....	68
Figura 4.12	Interacción de factores para acidez	69
Figura 4.13	Diagrama de Pareto estandarizada para acidez	70
Figura 4.14	Efectos principales para tiempo de congelación	72
Figura 4.15	Interacción de factores para tiempo de congelación	72
Figura 4.16	Diagrama de Pareto estandarizada para tiempo de congelación	73
Figura 4.17	Curvas de congelación de helado para el nivel bajo del factor crema .	75
Figura 4.18	Curvas de congelación de helado para el nivel alto del factor crema .	77
Figura 4.19	Estadístico caja y bigote para elegir la muestra final de helado	79
Figura 4.20	Curva de congelación del agua pura y helado de leche con relleno ...	83
Figura 4.21	Control de acidez durante el almacenamiento del helado	85
Figura 4.22	Control de pH durante el almacenamiento del helado.....	87
Figura 4.23	Diagrama de flujo del balance de materia del proceso de elaboración.	89
Figura 4.24	Balance de materia en la etapa de lavado del arándano.....	91
Figura 4.25	Balance de materia en la etapa de triturado del arándano	92
Figura 4.26	Balance de materia en la estandarización de la pulpa de arándano....	93
Figura 4.27	Balance de materia en la etapa de pasteurización de la pulpa	94
Figura 4.28	Balance de materia en la etapa de dosificación y mezclado	95
Figura 4.29	Balance de materia en la etapa de pasteurización de la mezcla .	97
Figura 4.30	Balance de materia en la etapa de congelación.....	98
Figura 4.31	Balance de materia en la etapa de envasado de helado.....	99
Figura 4.32	Resumen del balance de materia para el proceso de elaboración	101
Figura 4.33	Balance de energía en la etapa de pasteurización de pulpa	105
Figura 4.34	Balance de energía en la etapa de pasteurización de la mezcla	109
Figura 4.35	Balance de energía en la etapa de congelación.....	111