

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



PROYECTO DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL
MUCILAGO DE CACTÁCEA (*Lobivia Pentlandii*) COMO
UNA ALTERNATIVA DE USO ALIMENTARIO”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA DE ALIMENTOS

POSTULANTE: UNIV. CARMEN ROSA COPA APAZA

TUTOR: ING. RAFAEL ÁLVARO GARCÍA PADILLA

LA PAZ – BOLIVIA
2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

Dedicatoria

A mi amada madre Eusebia Apaza (†) por su dedicación y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A mi hermana Eugenia y a mis sobrinas Amira, Laia, y a mi papá Bernardo Copa por el apoyo.

A mi querida Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Ingeniería y especialmente a la carrera de Ingeniería de Alimentos por permitirme lograr la formación profesional.

Al Ing. Álvaro García Padilla por el apoyo y asesoramiento en la etapa del desarrollo del proyecto, pero también por las enseñanzas académicas en aulas.

Un agradecimiento especial a la Lic. Marcela Melgarejo Mercado Ph. D. de la carrera de Ciencias Químicas por brindarme el espacio y apoyo necesario para el desarrollo del presente proyecto.

A todos los docentes que en la etapa de formación académica me brindaron su valioso conocimiento y apoyo.

A mis queridos(as) amigos(as): Hellen Lopez, Sheila Peñafiel, Jimena Ramírez, Melissa Mayta, Esther Paco, Grace Marconi, Viviana Huanca, Claudia Hilari, Wara Conrady, Gustavo Rojas, Milton Huanca, Joaquín Chila, Duglas Llano, Mario Lopez, etc. con los que compartí esta etapa de mi vida llena de grandes alegrías, les deseo muchos éxitos.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar la efectividad del mucilago de cactácea (*Lobivia Pentlandii*) como estabilizante para tener una alternativa más a los tradicionalmente utilizados. Inicialmente, se caracterizó los parámetros fisicoquímicos de la materia prima cactácea y a continuación se estudió la obtención del mucilago de la cactácea con un diseño experimental de 2^2 con tres réplicas con el apoyo del programa de Design Expert 7.0.0, y al evaluar los factores influyentes se observó que la temperatura y la relación de agua y cactácea eran significativos, así como el porcentaje de mucílago como variable respuesta; se determinó que trabajando a una temperatura de 50 (°C) y a una relación de sólido y líquido de 1:2 obtendríamos un 2,23 % de mucílago según las predicciones del programa para un mayor rendimiento.

El extracto del mucilago de cactácea y se procedió al secado mediante liofilización, luego se realizó un análisis fisicoquímico de: proteínas totales, pH, cenizas y contenido de humedad y carbohidratos totales.

Se determinó la cantidad de azúcares reductores que se obtuvieron por HPLC, que cuantitativamente se detectaron la xilosa, galactosa y arabinosa, además se evaluó la solubilidad del mucilago en diferentes solventes, donde presentó insolubilidad en alcohol y aceite de soya y girasol. Se evaluó la cantidad estimada de adición del mucilago en una base de helado, así como también se estudió la función del mucilago en el alimento como estabilizante y también se comparó con otro estabilizante.

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effectiveness of cactus mucilage (*Lobivia Pentlandii*) as a stabilizer in order to have another alternative to those traditionally used. Initially, the physicochemical parameters of the cactus raw material were characterized and then the obtaining of the cactus mucilage was studied with an experimental design of 2^2 with three replicates with the support of the Design Expert 7.0.0 program, and by evaluating the influential factors. It was observed that the temperature and the relation of water and cactus were significant, and the percentage of mucilage as a response variable; It was determined that working at a temperature of 50 (°C) and at a solid/liquid ratio of 1:2 we would obtain 2.23% of mucilage according to the predictions of the program for a higher yield.

The extract of the cactus mucilage was dried by lyophilization, then a physicochemical analysis of: total proteins, pH, ashes and moisture content and total carbohydrates was carried out.

The amount of reducing sugars obtained by HPLC was determined, which quantitatively detected xylose, galactose and arabinose, in addition the solubility of the mucilage in different solvents was evaluated, where it presented insolubility in alcohol and soybean and sunflower oil. The estimated amount of addition of the mucilage in an ice cream base was evaluated, as well as the function of the mucilage in the food as a stabilizer was studied and also compared with another stabilizer.

ÍNDICE

ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICAS	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Planteamiento del Problema.....	13
1.3. Justificación.....	14
1.3.1. Justificación Técnica	14
1.3.2. Justificación Social	15
1.3.3. Justificación Económica	15
1.3.4. Justificación ambiental	15
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos	16
1.5. Alcance del trabajo.....	16
2.1. Aditivos Alimentarios	18
2.2. Algunos aditivos importantes en la industria de alimentos:.....	19
2.2.1. Aplicaciones de aditivos.....	19
2.2.2. Estabilizantes	21
2.3. Las cactáceas	23
2.3.1. Características de las cactáceas	23
2.3.2. Raíces.....	24
2.3.3. Cuerpo	24

2.3.4. Hojas	24
2.3.5. Aréolas	25
2.3.6. Espinas	25
2.3.7. Las cactáceas en Bolivia.....	26
2.3.8. Mucílago	28
2.4. Secado por liofilización.....	30
2.5. Capacidad de retención de agua del mucílago	31
2.6. Influencia de la temperatura y pH en las gomas	32
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Caracterización de la materia prima.....	34
3.1.1. Obtención del mucilago de cactácea con el apoyo del programa de Design Expert 7.0.0	35
3.1.2. Secado del mucilago por liofilización	37
3.1.3. Caracterización de la materia prima	38
3.2. Determinación de azúcares reductores por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC)	39
3.3. Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA).....	40
3.4. Determinación del efecto de temperatura y pH en la viscosidad del mucilago con un viscosímetro vibracional	41
3.5. Elaboración del producto	42
3.6. Evaluación de la cantidad estimada de adición de mucílago	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
4. Resultados y Discusiones	48
4.1. Recolección de la cactácea.....	48
4.1.1. Caracterización de la materia prima cactácea.....	48
4.2. Extracción del mucílago de cactácea	49

4.2.1. Ensayos preliminares	52
4.2.2. Diseño experimental en la extracción del mucilago	52
4.2.3. Factores independientes para la extracción del mucilago	52
4.2.4. Variables respuesta	53
4.2.5. Programación del diseño experimental en Design-Expert 7.0.0	54
4.2.6. Resultado del análisis de la tabla ANOVA de la programación del diseño experimental	55
4.3. Mucílago.....	58
4.3.1. Secado del mucílago por liofilización.....	58
4.3.2. Caracterización del Mucílago	59
4.3.3. Solubilidad del mucílago	60
4.4. Determinación de los Azúcares Reductores por HPLC en el mucílago.....	61
4.5. Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA)	62
4.7. Efecto de la variación de la temperatura y pH en la viscosidad.....	63
4.7.1. Efectos de la variación de la temperatura en la viscosidad del mucilago.....	63
4.7.2. Efectos de la variación del pH en la viscosidad del mucilago.....	64
4.8. Aplicación del mucilago en helado de agua y crema	65
4.8.1. Aplicación del mucílago en helado de agua	65
4.8.2. Aplicación del mucilago en helado de crema.....	68
4.9. Evaluación sensorial de grado de preferencia del helado de crema	70
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1. CONCLUSIONES	76
5.2. RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	83

ANEXOS A.....	84
ANEXOS B.....	85
ANEXO B1.....	87
ANEXO B2.....	93
ANEXO C.....	94
ANEXO C1.....	94
ANEXO C2.....	96
ANEXO D.....	98
ANEXO E.....	101
ANEXO F.....	103
ANEXO G.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de aditivos y sus aplicaciones.....	19
Tabla 2: Tabla de datos de algunos aditivos para productos alimenticios.....	20
Tabla 3: Clasificación Taxonómica de la Cactácea <i>Lobivia Pentlandii</i>	27
Tabla 4: Tabla de resultados de la composición química de otros estudios realizados.....	30
Tabla 5: Extracción de mucilago de cladodios de <i>Opuntia</i>	34
Tabla 6: Tabla de parámetros fisicoquímicos que se realiza en el mucilago de cactácea.....	39
Tabla 7: Formulacion base para helado de agua.....	43
Tabla 8: Formulacion base para helado de crema.....	43
Tabla 9: Tabla de estimación de la cantidad de mucilago a añadir.....	46
Tabla 10: Tabla de resultados de la caracterización de la cactácea.....	49
Tabla 11: Tabla de resultados de la caracterización del mucílago de cactácea.....	59
Tabla 12: Tabla de solubilidad del mucílago a 22 °C.....	61
Tabla 13: Tabla de resultados de la determinación de Azucres Reductores del mucílago de cactácea por HPLC.....	62

Tabla 14: Tabla de resultados de la Capacidad de Retención de Agua del mucílago	63
Tabla 15: Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la cactácea.....	76
Tabla 16: Resultados de los parámetros del mucílago.....	77
Tabla 17: Resultados de los azúcares reductores	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Flujograma de la preparación de la cactácea.....	35
Figura 2: Flujograma de la obtención del mucílago	36
Figura 3: Equipo liofilizador al vacío BIOBASE.....	38
Figura 4: Cromatografo de Líquidos de Alta Eficiencia (HPLC).....	40
Figura 5: Equipo Viscosímetro Vibracional	42
Figura 6: Elaboración de la base de helado de agua	44
Figura 7: Elaboración de la base de helado de crema.....	45
Figura 8: Proceso de extracción del mucílago: Cactácea <i>Lovibia Pentlandii</i>	49
Figura 9: Proceso de extracción del mucílago: Residuo del pelado de la cactácea	50
Figura 10: Proceso de extracción del mucílago: Extracto de cactácea licuado con el mucílago	50
Figura 11: Proceso de extracción del mucílago: Extracto de mucílago filtrado.....	51
Figura 12: Proceso de extracción del mucílago: Residuo de fibra de la cactácea	51
Figura 13: Matriz de datos del programa Design-Expert 7.0.0 para la extracción del mucílago	54
Figura 14: Análisis de ANOVA para la corrida de datos experimentales	55
Figura 15: Análisis de ANOVA para la obtención de mucílago	56
Figura 16: Verificación de los supuestos del modelo de diseño de experimentos a) supuesto de normalidad, b) supuesto de varianza constante y c) supuesto de independencia.....	56
Figura 17: Predicción de puntos de trabajo para una máxima obtención de mucílago según el software.....	58
Figura 18: Mucílago en aceite.....	60
Figura 19: Extracto de mucílago: a) mucílago congelado, b) mucílago secado por liofilización	58

Figura 20: Pulverización del mucílago	59
Figura 21: Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) del mucílago.....	62
Figura 22: Evaluación de la primera gota de helado de agua	66

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Datos de importación en peso bruto de CMC en los últimos años de Bolivia ..	22
Gráfica 2: Datos de Importación del Precio por kilogramo de Carbometilcelulosa (CMC) en los últimos años en Bolivia.....	23
Gráfica 3: Gráfica de representación variación del porcentaje de mucílago con la temperatura	53
Gráfica 4: Grafica del efecto de la variación de la viscosidad con la temperatura en la solución del mucílago.....	64
Gráfica 5: Efecto de la presencia de ácidos en la viscosidad del mucilago	65
Gráfica 6: Gráfica de estimación de la cantidad a añadir de mucílago.....	66
Gráfica 7: comparación del mucílago con el estabilizante comercial como en helado de agua	67
Gráfica 8: Estimación de la cantidad a añadir de mucílago en halado de crema.....	68
Gráfica 9: Comparación del mucílago con el estabilizante comercial como en helado de crema	69
Gráfica 10: Porcentaje de aceptabilidad del aroma de los helados de crema	70
Gráfica 11: Porcentaje de aceptabilidad del sabor de los helados de crema.....	71
Gráfica 12: Porcentaje de aceptabilidad del dulzor de los helados de crema	71
Gráfica 13: Porcentaje de aceptabilidad de la textura de los helados de crema	72
Gráfica 14: Porcentaje de aceptabilidad de la apariencia de los helados de crema	73
Gráfica 15: Porcentaje de aceptación de la muestra con mucílago y el estabilizante comercial	73

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En la actualidad los estabilizantes que más se han utilizado en la industria del helado son de origen vegetal, tales como las gomas xantan, algarrobo y guar, extractos de algas como alginatos o carragenina, y derivados de la celulosa como la carboximetilcelulosa (CMC). (Jaimes Duque, Ramírez Navas, & Rodríguez de Stouvenel, 2017).

Los mucílagos son soluciones líquidas que tienen características viscosas y espesas que se producen mediante la dispersión de gomas en agua o la extracción de mucílagos de sustancias vegetales en presencia de agua. (Villa Uvidia, Osorio Rivera, & Villacis Venegas, 2020)

El mucílago constituye un hidocoloide que podría integrar la oferta de una gran gama de agentes espesantes de amplio uso en la industria de alimentos y farmacéutica, además de que tiene una gran capacidad de absorción de agua. (Abrajam Villaseñor, 2008)

Las características que sobresalen de este biopolímero se encuentran aquellas relacionadas con su rol fisiológico en la planta, como la capacidad de absorber agua, que también presenta relación con sus funciones fisiológicas en humanos, al ser parte de la fibra dietética soluble. (Saenz, Abrajam, Garcia Nauto, & Fabry, 2017)

Bolivia es el segundo país rico en cactáceas en Sud América, después de México, según Mario Rodríguez, además que estas plantas subsisten en climas áridos y semiáridos, pueden sobrevivir en zonas con poca disponibilidad de agua.

1.2. Planteamiento del Problema

El crecimiento demográfico es un factor preocupante en vista a que está relacionado directamente a la necesidad de alimentos; debido a ello se han realizado bastantes investigaciones de nuevos aditivos alimentarios de origen vegetal.

Así mismo el uso de aditivos en la industria alimentaria es indispensable debido a que estos le confieren excelentes cualidades al producto, siendo más atractivo para el consumidor final.

Se han estudiado las cualidades del mucilago de la cactácea penca de tuna (*Opuntia Ficus-Indica*), por su gran capacidad de absorber agua y en general la capacidad de subsistir en condiciones de poca disponibilidad de agua de las cactáceas.

Esta investigación está orientada a evaluar la funcionalidad del mucilago, extracto que se obtiene de la cactácea (*Lobivia Pentlandii*), como una nueva alternativa de uso alimentario, evaluando la efectividad como estabilizante en el helado de agua y crema, pudiendo así responder a la necesidad en la industria de alimentos de diferentes estabilizantes y su notable crecimiento en la importación en los últimos años según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Técnica

El mucílago se considera importante para la industria de los alimentos debido a sus propiedades de viscosidad. Tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua, así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua. (Huanca Alca, 2017)

El propósito de esta investigación es darle un valor agregado a una planta que existe en la zona altiplánica de la ciudad de La Paz, y que se pueda evaluar en una investigación inicial, la efectividad del mucilago en un producto de consumo humano como un agente estabilizante. Así mismo se espera que presente un impacto en la industria boliviana apoyando en el desarrollo industrial.

1.3.2. Justificación Social

En la presente investigación se pretende estudiar una nueva alternativa de insumo para la aplicación en la industria de alimentos, esto con el fin de valorar los recursos naturales de la zona altiplánica de nuestro país, de manera sostenible, de este modo esta investigación podrá generar un mayor desarrollo productivo, mejorando así las condiciones económicas y sociales de la población.

1.3.3. Justificación Económica

El estudio de la efectividad del mucílago de cactácea permitirá identificar las características del mismo para su aplicación en productos que tienen un amplio mercado, de esta manera dar inicio a una oportunidad para que en nuestro país producirlo a una mayor escala, así se generaría ganancias económicas para inversores y comunarios del área rural donde se encuentra esta planta, así mismo empleos directos e indirectos.

1.3.4. Justificación ambiental

La problemática ambiental de la generación de residuos sólidos en la producción industrial es evidente y en muchos casos no son biodegradables. En este estudio se obtendrá residuos que podrían ser usados en otros procesos, como ser el tratamiento de aguas, es por ello la importancia del inicio de este estudio ya que obtendremos datos significativos para posteriores estudios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la funcionalidad del mucílago de cactácea (*Lobivia Pentlandii*) como estabilizante para una nueva alternativa de uso alimentario.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar una caracterización de la materia prima cactácea.
- ✓ Obtención del mucílago de la cactácea con el apoyo del programa de Design Expert 7.0.0, y evaluar los factores influyentes.
- ✓ Realizar el proceso de secado del extracto de mucílago por liofilización y posteriormente caracterizarlo.
- ✓ Determinar la capacidad de retención de agua del mucílago.
- ✓ Determinar los azúcares reductores por HPLC del mucílago.
- ✓ Determinar el efecto de temperatura y pH en la viscosidad del mucílago.
- ✓ Estimar la cantidad de adición del mucílago en una base de helado y evaluar la funcionalidad.

1.5. Alcance del trabajo

El presente proyecto tiene como principales alcances:

- ❖ Acrecentar la información del mucílago de cactácea como un estabilizante, ya que actualmente no hay información de estudios realizados en Bolivia, por esta razón se proporcionará datos para un estudio básico de ingeniería.
- ❖ Obtener el mucilago de cactácea y determinar sus características fisicoquímicas.
- ❖ Aportar con información teórico – experimental la funcionalidad del mucilago de cactácea en un producto comercial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Aditivos Alimentarios

Los aditivos alimentarios, ya sean naturales o sintéticos, son utilizados para mejorar, resaltar ciertas cualidades de un producto procesado y muchas veces es inevitable su uso en un proceso industrial.

Un aditivo, natural o sintético, es una sustancia (o mezcla de varias sustancias) que se adiciona durante la producción o en el consumo de los alimentos para mejorarlos; como es obvio, tales sustancias no consideran elementos contaminantes indeseables, por ejemplo plaguicidas, fumigantes, metales pesados y otros dañinos a la salud humana. (Badui Dergal, 2012)

Según el CODEX STAN 192-1995 se entiende por aditivo alimentario cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características. (ONU & OMS, 2019)

Las gomas realizan al menos tres funciones en el procesamiento de los alimentos: emulsificantes, estabilizantes y espesantes. En la industria de procesamiento de alimentos, así como otras aplicaciones industriales de las gomas, aprovecha de sus propiedades físicas, especialmente su viscosidad y su estructura coloidal. (Pasquel, 2001)

2.2. Algunos aditivos importantes en la industria de alimentos:

Los aditivos alimenticios son obtenidas a partir de una variedad de fuentes: exudados y semillas de plantas terrestres, algas, productos de la biosíntesis de microorganismos, y la modificación química de polisacáridos naturales.

2.2.1. Aplicaciones de aditivos

La aplicación de los aditivos es muy amplia, aparte de la industria de alimentos, se utiliza en la industria de cosméticos, detergentes, papel, entre otros, pero por el momento podemos señalar algunos aditivos y sus aplicaciones, según el CODEX ALIMENTARIUS (CA):

Tabla 1: Tabla de aditivos y sus aplicaciones

ADITIVO	APLICACIONES
ACETATO DE SODIO	Pastas y fideos frescos y productos análogos
	Productos líquidos a base de huevo
	Productos pesqueros picados, mezclados y congelados
ÁCIDO CÍTRICO	Leches fermentadas (naturales / simples) tratadas térmicamente después de la fermentación
	Natas (cremas) esterilizadas y UHT, natas (cremas) para batir o batidas y natas (cremas) de contenido de grasa reducido (naturales / simples)
	Productos congelados a base de huevo
	Fórmulas (preparados) para usos médicos especiales destinados a los lactantes
	Concentrados para zumos (jugos) de frutas
	Alimentos complementarios para lactantes y niños pequeños
	Concentrados para néctares de frutas
PECTINAS	Leches fermentadas (naturales / simples) sin tratamiento térmico después de la fermentación
	Nata (crema) pasteurizada (natural / simple)
	Pastas y fideos deshidratados y productos análogos
	Carne fresca, incluida la de aves de corral y caza, en piezas enteras o en

GOMA ARABICA (GOMA DE ACACIA)	cortes
	Néctares de frutas
	Productos lácteos
	Productos congelados a base de huevo
	Pescado, filetes de pescado y productos pesqueros rebozados congelados, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos
	Carne fresca picada, incluida la de aves de corral y caza
	Café, sucedáneos del café, té, infusiones de hierbas y otras bebidas calientes a base de cereales y granos, excluido el cacao

Fuente: (ONU & OMS, 2019)

Según la Norma General para los Aditivos Alimentarios del CA, se cuenta con una base de datos de diferentes aditivos donde se establece las funcionalidades, dosificaciones según la categoría de determinados productos alimenticios, de ello podemos señalar algunos de estos de uso común en la industria de lácteos y helados, como ejemplo.

Tabla 2: Tabla de datos de algunos aditivos para productos alimenticios

SIN	ADITIVO	CANT. MAX.	CLASES FUNCIONALES:
E-401	Alginato de sodio	BPF	Incrementador del volumen, sustancias inertes, emulsionantes, espumantes, agentes gelificantes, agentes de glaseado, humectantes, secuestrantes, estabilizadores, espesantes
E-410	Goma de semillas de algarrobo	BPF	Emulsionantes, estabilizadores, espesantes
E-407	Carragenina	BPF	Incrementadores del volumen, sustancias inertes, emulsionantes, agentes gelificantes, agentes de glaseado, humectantes, estabilizadores, espesantes
E-412	Goma guar	BPF	Emulsionantes, estabilizadores, espesantes
E-440	Pectinas	BPF	Emulsionantes, agentes gelificantes, agentes de

			glaseado, estabilizadores, espesantes
E-466	Carboximetilcelulosa sódica (Goma de celulosa)	BPF	Incrementadores del volumen, emulsionantes, agentes endurecedores, agentes gelificantes, agentes de glaseado, humectantes, estabilizadores, espesantes
E-471	Monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos	BPF	Antiespumantes, emulsionantes, agentes de glaseado, estabilizadores
E-477	Ésteres de propilenglicol de ácidos grasos	5000 mg/kg	Emulsionantes
E-415	Goma xantana	BPF	Emulsionantes, espumantes, estabilizadores, espesantes

Fuente: (ONU & OMS, 2019)

BFB: Buenas Prácticas de Fabricación

SIN: Sistema Internacional de Numeración

2.2.2. Estabilizantes

Un estabilizante es un aditivo alimentario que apoya en conservar la estabilidad, estructura de un producto alimentario, brindándole un mejor aspecto.

2.2.2.1. Aspectos funcionales de los estabilizantes:

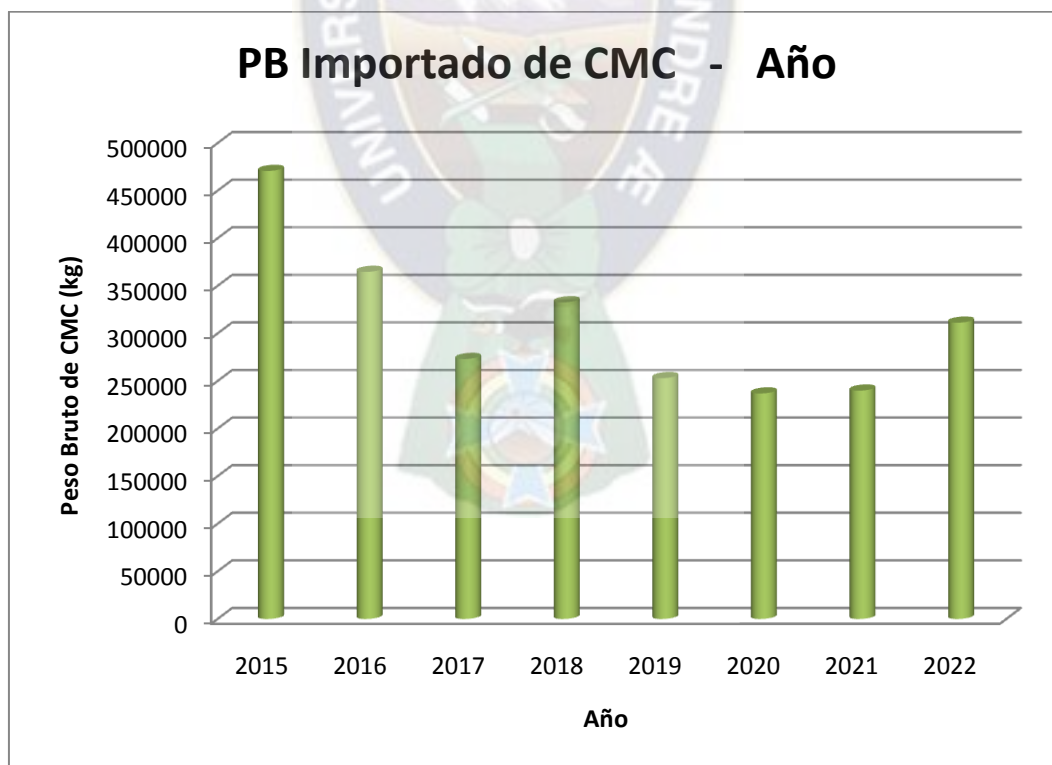
Un estabilizante por su capacidad de formar geles, proporcionara viscosidad y atrapar agua confiere a un producto una mejor apariencia, debido a que tienen la función principal mantener una dispersión pareja de dos o más sustancias, de tal manera de dar un aspecto homogéneo en el producto de todos o en la mayoría de los componentes.

La adición de estabilizantes en helados, por ejemplo, le brinda una mejor distribución de aire, lo que evita la formación de cristales grandes en la congelación y por lo tanto adquiriendo una mejor textura.

2.2.2.2. Importación de la Carboximetilcelulosa en Bolivia

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística de la importación de Carboximetilcelulosa (CMC) de los últimos años, nos muestran un claro decrecimiento de la cantidad importada en la Gráfica 1, sin embargo podemos observar como el precio por kilogramo de peso bruto del mismo va creciendo con el tiempo, como se visualiza en la Gráfica 2:

Gráfica 1: Datos de importación en peso bruto de CMC en los últimos años de Bolivia



FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, 2023

Gráfica 2: Datos de Importación del Precio por kilogramo de Carbometilcelulosa (CMC) en los últimos años en Bolivia



FUENTE: Elaboración propia en base a datos del INE, 2023

Asumimos que el decrecimiento de la importación de CMC va ligada al aumento del precio del producto, es por ello que vemos una oportunidad para el desarrollo de investigaciones para nuevas alternativas de aditivos de uso alimentario.

2.3. Las cactáceas

Son plantas suculentas o crasas y espinosas pertenecientes a la familia botánica de la Cactácea o cactáceas, en castellano. El término “cactiformes” se utiliza para plantas que no son cactáceas pero que por su aspecto (tallos suculentos, sin hojas u hojas muy reducidas y frecuentemente con espinas) son muy parecidas a aquellas.

2.3.1. Características de las cactáceas

Las cactáceas se caracterizan por ser plantas crasas perennes de hábito arbustivo (o raramente arborecente) o herbáceas, y generalmente espinosas. Dentro de esta amplia gama de

formas vegetativas, encontramos desde pequeños cactus, hasta enormes que a veces llega a los 20 m de altura.

2.3.2. Raíces

Los cactus poseen generalmente una raíz principal de forma cónica muy ramificada dando lugar a un sistema reticular esparcido y relativamente superficial. En ocasiones poseen una gruesa raíz napiforme o incluso tuberosa.

2.3.3. Cuerpo

Al ser en su mayoría suculentos, el cuerpo de los cactus está formado por tejidos esponjosos que tienen la propiedad de acumular agua. Sus tallos están constituidos por artículos o artejos de forma cilíndrica o espatulada, o son globosos sin artejos. Entre las especies de tipo epifitno, algunos tallos recuerdan a una hoja. La mayoría de los cactus desarrollan costillas que recorren el cuerpo a todo lo largo; otros desarrollan alas.

No todos los cactus emiten ramificaciones; algunas especies tienen un cuerpo único durante toda su vida. No obstante, muchas otras especies emiten ramas en el extremo de un tronco definido o bien desde la base del tallo, y pueden crecer en forma recta, inclinada o incluso postrada. A otros tipos de cactus les nacen hijuelos o retoños que pueden ser separados del tallo madre.

2.3.4. Hojas

Los cactus son plantas afiladas o casi afiladas, es decir las hojas están ausentes o son vestigiales (reducidas a escamas) o modificadas en espinas. Cuando se presentan, estas hojas pueden ser herbáceas o membranosas, alternas, en espiral, sésiles o pecioladas y con nervadura central o pinnatinervia.

2.3.5. Aréolas

Los tallos, normalmente conocidos como artejos en los cactus, llevan unas estructuras llamadas aréolas y que producen las hojas, flores, espinas y/o gloquidios. La presencia de aréolas constituye en carácter común y exclusivo dentro de la familia de las cactáceas. Su forma es de pequeñas almohadillas, a menudo cubiertas de pubescencia de tricomas pluricelulares y pueden estar situadas a lo largo de las costillas, como es el caso de cactus de tipo columnar o algunos de forma globular, sobre los tubérculos o mamillas de numerosas especies globosas y es disposición espirada en los tallos aplanados.

Las aréolas de los cactus son los órganos homólogos a las yemas de los vegetales superiores. No obstante existen dos formas distintas de disposición de las aréolas en las diferentes especies cactáceas. En la aréola existen dos puntos de crecimiento: uno en el origen da origen a las flores, y el otro da lugar a las espinas.

2.3.6. Espinas

Las espinas son de origen epidérmico y no conectan con los tejidos leñosos internos del tallo. Esta diferenciación anatómica permite afirmar que solamente podemos hablar de “espinas” en los cactus, mientras que las estructuras similares de otras espinosas se deben denominar “acúleos”.

Muchas especies de cactus poseen espinas con dos posiciones: las centrales y las radiales. Las primeras se localizan en el centro de las aréolas y parece ser que su principal función es la defensiva, suelen ser más robustas que las radiales y su coloración es más llamativa, para que sean advertidas a cierta distancia. Las espinas radiales que se localizan hacia la periferia, parecen estar destinadas a proteger la planta del exceso de radiaciones solares, son menos robustas y

están dispuestas radialmente para proporcionar más sombra, su coloración es clara y así reflejan de manera más eficiente las radiaciones.

2.3.7. Las cactáceas en Bolivia

Los géneros de la familia cactáceas que encierran las especies más ornamentales son: Rebutía, Lobivia (comb. Nov. Echinopsis), Parodia, Gymnocalycium y Echinopsis.

El número de las especies se ha incrementado exageradamente con el consiguiente caos en la diferenciación de los taxones. Para Bolivia se conocen más de 250 especies de las cuales el Dr. Cárdenas ha descrito 180 especies nuevas de cactus, a las cuales se agregan otras 16 variedades.

Bolivia es el segundo país más rico en especies de cactáceas, en el continente Sudamericano después de México, además cuenta con géneros muy interesantes desde el punto de vista filogenético. Muchas especies de esta familia producen frutos comestibles.

La taxonomía de la familia ha sido útilmente revisada y estandarizada por la International Organization For Succulen Plant Study. (Rodríguez, 2005)

2.3.7.1. Cactáceas Lobivia

Lobivia Britton et Rose, son plantas globosas desde deprimidas a cilindroides. Tallos simples, raro ramificados. Cortillas continuas o divididas en mamelones alargados de disposición espiralada. Areolas en las costillas o en las depresiones entre los mamelones. Flores acampanadas, de largo y ancho similar (cuando abiertas). Receptáculo cubierto por pelos largos y densos, que nacen de escamas más o menos pequeñas. Pétalos interiores de varios colores: rojos hasta amarillos, más raro blancos, fauces del tubo a veces engrasada (“himen”).

Las Lobivia típicas son plantas globosas de hasta 10 (-20) cm diámetro, costillas interrumpidas en mamelones alargados y flores con himen.

Otro grupo (*Mediolobivia*, *Digitorebutia*) tiene tallos pequeños, cilindroides, con raíz engrosada de 1 cm diámetro y 5 cm alto. Principalmente por su tamaño sus especies fueron mayormente ubicadas en Rebutía.

También hay otro grupo de especies (*Soherensia*) con tallos muy grandes: hasta 2 m alt. y 90 cm diámetro con costillas continuas y flores casi apicales. Los límites entre *Lobivia*, *Echinopsis* y *Trichocereus* son difíciles de definir por lo que algunos autores los unen bajo *Echinopsis*. (Kiesling, 1993)

2.3.7.2. Clasificación Taxonómica

Presentamos la clasificación taxonómica en la siguiente tabla:

Tabla 3: Clasificación Taxonómica de la Cactácea *Lobivia Pentlandii*

Familia	Cactáceas
Tribu	Lobivia

FUENTE: Elaboración propia.

Figura: Cactácea *Lobivia Pentlandii*



Fuente: Elaboración propia

2.3.8. Mucílago

Los mucílagos son fibras solubles constituyentes del vegetal, productos fisiológicos que se hallan localizadas en células especiales dentro de los tejidos, especialmente en el tegumento externo de las semillas y en distintos órganos (raíces, bulbos, tubérculos, flores y hojas). Su estructura química general corresponde a polisacáridos heterogéneos con un alto contenido en galactosa, manosa, glucosa y derivados de osas (principalmente ácidos urónicos).

Debido a la similitud de la composición química de los mucílagos y las gomas, y al ser ambos hidrocoloides vegetales, se suelen clasificar de forma errónea, así pues nos encontraremos en esta revisión bibliográfica algunas sustancias mucilaginosas nombradas de forma común como gomas, aunque realmente son mucílagos, por ejemplo: la Goma Guar, obtenida de las semillas de *Cyamopsis tetragonoloba* L., perteneciente a la familia de las *Fabáceas*.

Los mucílagos se clasifican en dos grandes grupos: mucílagos neutros y mucílagos ácidos.

2.3.8.1. Mucílagos neutros

Reciben esta denominación debido a que su estructura química corresponde a polímeros heterogéneos de la manosa que incorporan en su estructura un porcentaje variable de otras osas.

Los más frecuentes son:

- a) Glucomananas: que son polímeros constituidos por unidades de D-manosa y D-glucosa (20-50%) unidos por enlace glucosídico β (1-4), que al entrar en contacto con el agua dan lugar a disoluciones muy viscosas.
- b) Galactomananas: polímeros constituidos por una cadena principal de unidades de D-manosa unidas entre sí por enlaces β (1-4), con ramificaciones de galactosa unidas en α sobre el grupo hidroxilo del C-6 de la manosa, cuya proporción dependen de la especie vegetal.

c) Galactoglucomananas: en estos polímeros la cadena principal es un glucomanano con algunas D-manosas sustituidas por unidades de D-galactosa en α sobre los grupos hidroxilos del C-6. Suele presentar dos tipos de sustituyentes, los grupos O-acetil unidos por enlaces éster a las posiciones 2 y 3 del esqueleto del azúcar, y la galactosa unida por enlaces α (1-6).

2.3.8.2. Mucilagos ácidos

Reciben esta denominación al encontrar dentro de su estructura, que en muchas ocasiones no se conoce totalmente, derivados ácidos de osas. Se clasifican según las familias botánicas a las que pertenecen las plantas que los producen son:

- a) Mucílagos de plantas pertenecientes a la familia *Plantagináceas*: *Plantago psyllium*, *Plantago ovata* Forssk., *P. major* L. y *P. lanceolata* L.
- b) Mucílagos de plantas pertenecientes la familia *Malváceas*: *Malva sylvestris* y *Althaea officinalis*.
- c) Mucílagos de plantas pertenecientes a la familia *Linaceae*: *Linum usitatissimum* L. (Servan Alcántara, 2018)

2.3.8.3. Composición de mucilago de nopal

Realizamos una comparación de los resultados de la composición química obtenidos en otros estudios en la obtención del mucilago de cactácea de nopal, que es producido en grandes cultivos sobre todo en México para la producción de tuna y se tiene como residuo los cladodios de nopal. La siguiente tabla es una comparación de los diferentes resultados obtenidos:

Tabla 4: Tabla de resultados de la composición química de otros estudios realizados

INVESTIGACIÓN	RENDIMIENTO	HUMEDAD	PROTEÍNA	CENIZAS	FIBRA	CARBOHIDRATOS
Optimización de la Extracción del Mucílago de Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	-	9,31%	6,69%	11,91%	57,83%	13%
Extracción y caracterización de mucílago en <i>Opuntia spp.</i>	1,48%	5,60%	7,30%	37,30%	-	-

Fuente: (Sepulveda, Sáenz, Aliaga, & Aceituno, 2007) & (Rodríguez, Martínez Flores, & Ólmelas Nuñez, 2011)

2.4. Secado por liofilización

La liofilización es un método de secado que depende de las condiciones físicas para adicionar calor y extraer el vapor de agua, que se sublima directamente del material congelado a temperaturas bajas entre los -50 a -20 °C, en una cámara al vacío.

Este proceso tiene grandes ventajas en el producto final que permite conservar mejor las condiciones organolépticas y una mayor calidad, en comparación con otros métodos.

El factor principal es la rigidez estructural que se preserva en la sustancia congelada cuando se verifica la sublimación. Esto evita el colapso de la estructura porosa después del secado. Al añadir agua posteriormente, el producto rehidratado retiene la mayor parte de su estructura original. La liofilización de materiales biológicos y alimenticios también tiene la

ventaja de que conserva su sabor o aroma. Las temperaturas bajas que se emplean reducen al mínimo las reacciones de degradación que casi siempre ocurren en los procesos comunes de secado. Sin embargo, el secado por congelación es una forma de deshidratación de alimentos bastante costosa, debido a la velocidad lenta de secado y a la necesidad de usar vacío.

(Geankoplis, 1998)

La liofilización se desarrolló para superar las pérdidas de los compuestos responsables de los aromas en alimentos, los cuales se perdían en las operaciones convencionales de secado. El proceso de liofilización consiste esencialmente en dos etapas:

- 1) el producto se congela
- 2) el producto se seca por sublimación directa del hielo bajo una presión reducida.

La liofilización se ha mostrado como un método efectivo para ampliar la vida media de los alimentos, y tiene dos características importantes:

- 1) Ausencia de aire durante el procesado. La ausencia de aire y la baja temperatura previene el deterioro debido a la oxidación o las modificaciones del producto.

Secado a una temperatura inferior a la ambiente. Los productos que se descomponen o sufren cambios en su estructura, textura, apariencia, y/o aromas, como consecuencia de temperaturas altas, pueden secarse bajo vacío con un daño mínimo. (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2005)

2.5. Capacidad de retención de agua del mucílago

La estructura química general del mucílago, corresponde a los polisacáridos heterogéneos que poseen un alto contenido de manosa, glucosa, galactosa y otros derivados de las osas, especialmente los ácidos. Todos estos compuestos al tener contacto con el agua, forman

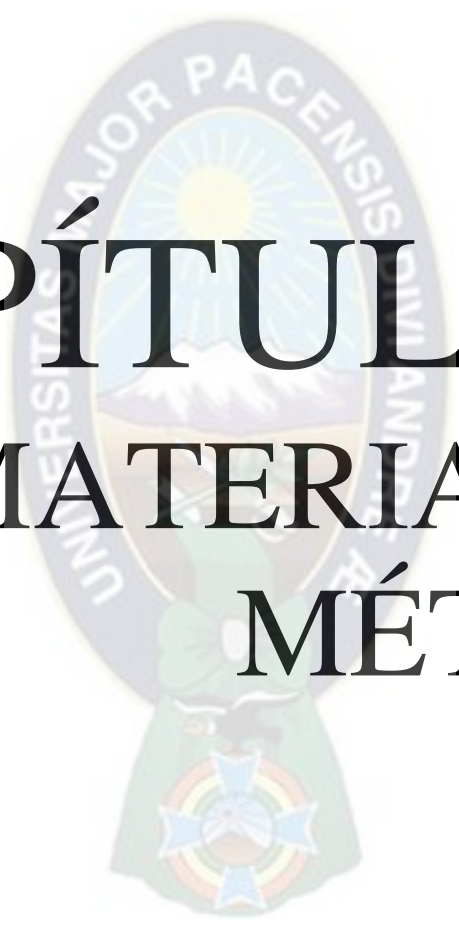
soluciones con alto nivel de viscosidad y otras soluciones no adherentes como geles, además que el mucílago tiene la capacidad de absorber más de cien veces su peso en agua. (Villa Uvidia, Osorio Rivero, & Villacis Venegas, 2020)

2.6. Influencia de la temperatura y pH en las gomas

Las gomas son polisacáridos que en concentraciones bajas forman dispersiones viscosas o geles. Entre ellas, la goma guar, goma xantana, etc., se usan en la industria de alimentos porque tienen la funcionalidad de ser espesantes y estabilizantes.

El tratamiento térmico sobre la estructura de las proteínas se puede evidenciar en el comportamiento reológico específicamente en la estabilidad del gel. (Aguilar, Gáston, Llopíz, & Jérez, 2005)

En el proceso de elaboración de las bases de helado a nivel industrial se lleva a altas temperaturas en la pasteurización para garantizar la inocuidad del producto. A su vez también son acidificados en diferentes concentraciones en el caso de la bases de helado de agua, dependiendo de los sabores llegan a tener un muy pH bajo.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

En esta parte iniciamos con una breve explicación en la obtención del mucílago de cactácea, además de su caracterización y su aplicación en un producto alimenticio.

3.1. Caracterización de la materia prima

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la cactácea de la especie *Lobivia Pentlandii* obtenidos de la comunidad de Viacha de la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Según el estudio de Vargas, Arroyo, Herrera et al., dan a conocer el porcentaje de mucilago extraigo según la edad de los cladodios de *Opuntia*:

Tabla 5: Extracción de mucilago de cladodios de Opuntia

Edad del cladodio/ <i>Opuntia</i>	Extracción %
2 meses / <i>O. fucis indica</i>	0,35
2 años / <i>O. fucis indica</i>	0,92
2 años/ <i>O. spinulifera</i>	4,4

Fuente: (Vargas Rodriguez, Arroyo Figueroa, Herrera Mendez, Perez Nieto, García Vieyna, & Rodriguez Nuñez, 2016)

Con esa información como base seleccionamos cactáceas de 2 años de edad de color verde para la aplicación del estudio.

Con la muestra se procede a determinar los siguientes parámetros:

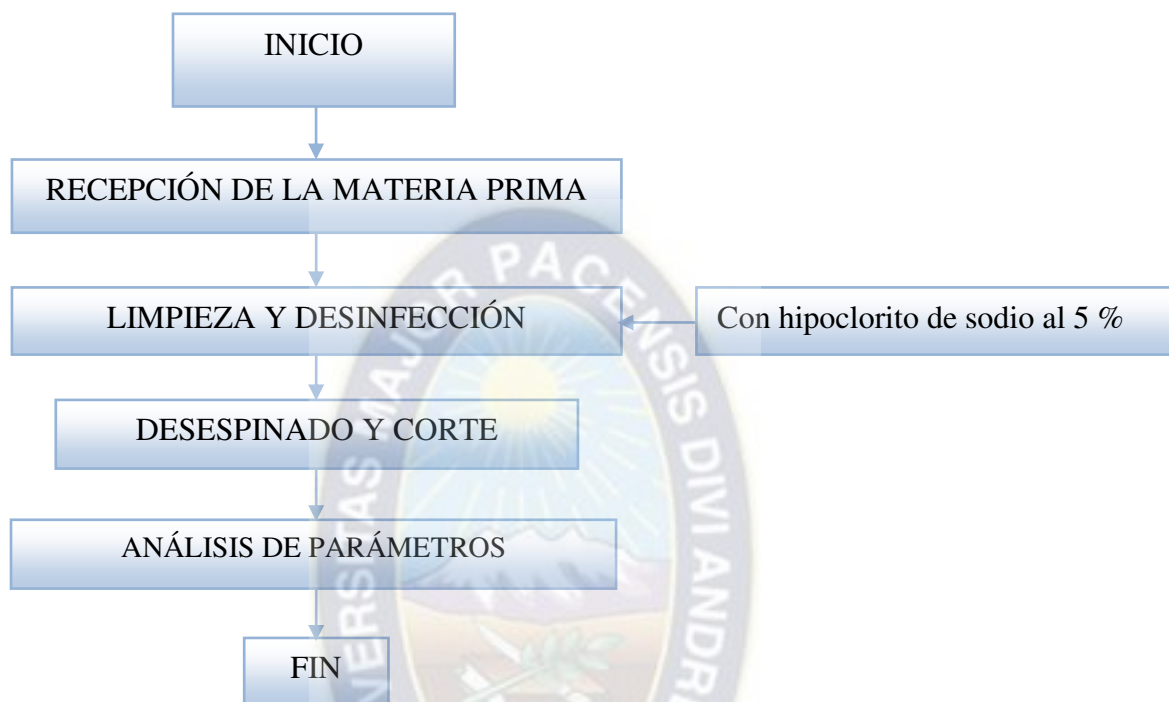
Tabla 4: Tabla de parámetros fisicoquímicos que se realiza en la cactácea

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
Cenizas	Incinerización	NB-075:2000
Humedad	Método de estufa	NB 074:2000
pH	Potenciómetro	
Carbohidratos totales	FEHLING	

Fuente: Elaboración propia

Para este estudio inicial se siguió el siguiente procedimiento:

Figura 1 : Flujograma de la preparación de la cactácea



Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Obtención del mucilago de cactácea con el apoyo del programa de Design Expert

7.0.0

Para la obtención del mucilago de cactácea se toma como apoyo el programa Design Expert 7.0.0. y se evalúa previamente los factores influyentes en el proceso y el número de corridas según el programa recomienda, para ello se estableció el siguiente diagrama de proceso el cual se siguió para la obtención del mucilago de cactácea.

Figura 2: Flujograma de la obtención del mucílago

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Secado del mucilago por liofilización

La liofilización es un método de secado muy eficaz debido a las cualidades que brinda en calidad, mejor sabor, color, olor en el producto final, y es por ello que es utilizado en la industria de alimentos, además en la industria farmacéutica.

Este método de secado es muy recomendado por diversos autores para los mucilagos por sus propiedades físicas aunque presenta un mayor tiempo de secado.

Según García en su investigación magistral de la optimización de la extracción acuosa y secado del biopolimero de nopal (*Opuntia ficus-indica*) nos muestra la aplicación de secado por aspersión y liofilización donde realiza una comparación de estos dos métodos, obteniendo así un resultado bastante interesante favoreciendo a la liofilización con un mayor rendimiento, sin embargo cabe resaltar que en el secado por atomización obtuvo una menor actividad de agua y humedad lo que favorece a su estabilidad en el almacenamiento, asevera García.

En nuestro caso aplicamos la liofilización como método de secado del mucilago de cactácea y una vez obtenido el producto caracterizar el mismo. Para ello se trabaja en coordinación con la Facultad de Ciencias Puras y Naturales en el Laboratorio de Microbiología y el Laboratorio de Bioorgánica donde se cuenta con un equipo liofilizador al vacío de la marca BIOBASE modelo BK-FD18P, el cual cuenta con tres soportes para muestras.

Figura 3: Equipo liofilizador al vacío BIOBASE



Fuente: Laboratorio de Bioorganica

3.1.3. Caracterización de la materia prima

3.1.3.1. Mucílago

Se efectua la caracterización fisicoquímica por métodos basados en bibliografía utilizados por diferentes autores, además de conocimientos adquiridos en los diferentes laboratorios desarrollados en la carrera:

Tabla 6: Tabla de parámetros fisicoquímicos que se realiza en el mucilago de cactácea

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
Cenizas	Incinerización	NB-075:2000
Proteínas totales	Método Kjeldahl	NB-076:2000
Humedad	Método de estufa	NB 074:2000
pH	Potenciómetro	
Carbohidratos totales	FEHLING	

Fuente: Elaboración propia

3.2. Determinación de azúcares reductores por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC)

La Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) es un método de análisis ampliamente utilizado por su facilidad de adaptación y determinaciones cuantitativas de manera exacta de especies químicas.

La determinación de los azúcares reductores de nuestra muestra en cuestión se la realiza por cromatografía líquida de alta eficiencia en el equipo de HPLC de la marca SHIMADZU UFLC, cuya inyección de la muestra al equipo es de 20 (μL), que posee una capacidad de 100 porta muestras, equipado de un índice de refracción y un detector de UV del Laboratorio Procesos Orgánicos del Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos (IIDEPROQ).

Para ello se trabaja con los estándares ya establecidos por el laboratorio, siendo así se prepara muestras de disoluciones utilizando como solvente el agua de grado HPLC, por

duplicado, esta previamente se filtra antes del ingreso al cromatografo con filtros de membrana de 0,2 μm de porosidad y posteriormente leídos en el método sugerido en el equipo.

Figura 4: Cromatografo de Líquidos de Alta Eficiencia (HPLC)



Fuente: Laboratorio de IIDEPROQ

3.3. Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua se la determina siguiendo la metodología de Merma Rio (2013) con unas ligeras modificaciones, pesando 0,2 g de muestra que se homogeniza con agua destilada (10 ml) y se deja reposar por 24 h a temperatura ambiente para luego centrifugar (5000 rpm x 10 min.). Posteriormente se separa el sobrenadante (P 1) y el precipitado se seca a 70°C por 15 horas y se pesa (P2). El resultado se expresa en gramos de agua por gramos de materia seca (g de agua/g de M.S.) y está dada por: (Merma Rio, 2013)

$$CRA = P1 - P2 \quad (1)$$

3.4. Determinación del efecto de temperatura y pH en la viscosidad del mucilago con un viscosímetro vibracional

Según Reyes, Corrales, Peña y Hernandez en su investigación del uso del mucilago (*Opuntia spp.*) como espesante en sopa de elote indican que a la viscosidad como la propiedad de flujo, el índice de consistencia y la deformación del gel, mismas características que son importantes para determinar el uso del mucilago como agente espesante y estabilizador de suspensiones. (Reyes Buendia, Corrales Garcia, Peña Valdivia, Hernandez Montes, & Ybarra Mondaca, 2020)

Para realizar la determinación de la viscosidad se toma como base genérica la norma NCh33.Of62.

Se determina la viscosidad de diferentes soluciones de mucilago al 1% sometidas a diferentes temperaturas por 15 min, estas se deja reposando por 24 h a temperatura ambiente. Luego se determina la viscosidad mediante el viscosímetro vibracional de la marca AND VIBRO VISCOSIMETER modelo SV – 10 con un rango de trabajo de 0,3 – 10000 mPa*s.

Para la obtención de datos se toma como base el procedimiento en el manual de usuario del equipo MANUAL DE OPERACIÓN del modelo SV – 10:

Preparación de la muestra:

1. Vertir la muestra en la copa hasta que la superficie de la muestra alcance entre las dos indicaciones de nivel (35 mililitros - 45 mililitros).
2. Tomar los mangos, y soporte el lado frontal de la unidad sensora y bajar lentamente las placas sensoras por debajo de la superficie de la muestra.

Procedimiento de medición o lectura de datos:

Para detener la medición, presione la tecla [STOP]. Para proceder a la siguiente medición, coloque la muestra y presione la tecla [START].

Para la lectura de datos se espera a que se estabilice y se mantenga constante el valor en el tablero de datos, luego se procede a realizar la limpieza con agua destilada a los sensores para la siguiente medición.

Figura 5: Equipo Viscosímetro Vibracional



Fuente: Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Escuela Militar de Ingeniería (EMI)

3.5. Elaboración del producto

Para la aplicación del mucilago se vio por conveniente aplicarlo en helados de agua y crema ya que son dos diferentes bases con proporciones de materia grasa y agua, de esta manera se observa que particularidades presentan cada una.

Se elabora una base de helado para evaluar la efectividad del mucilago como un estabilizante y a la vez compararlo con un estabilizante comercial usado en la industria.

En la formulación del helado de agua se usó los siguientes insumos:

Tabla 7: Formulación base para helado de agua

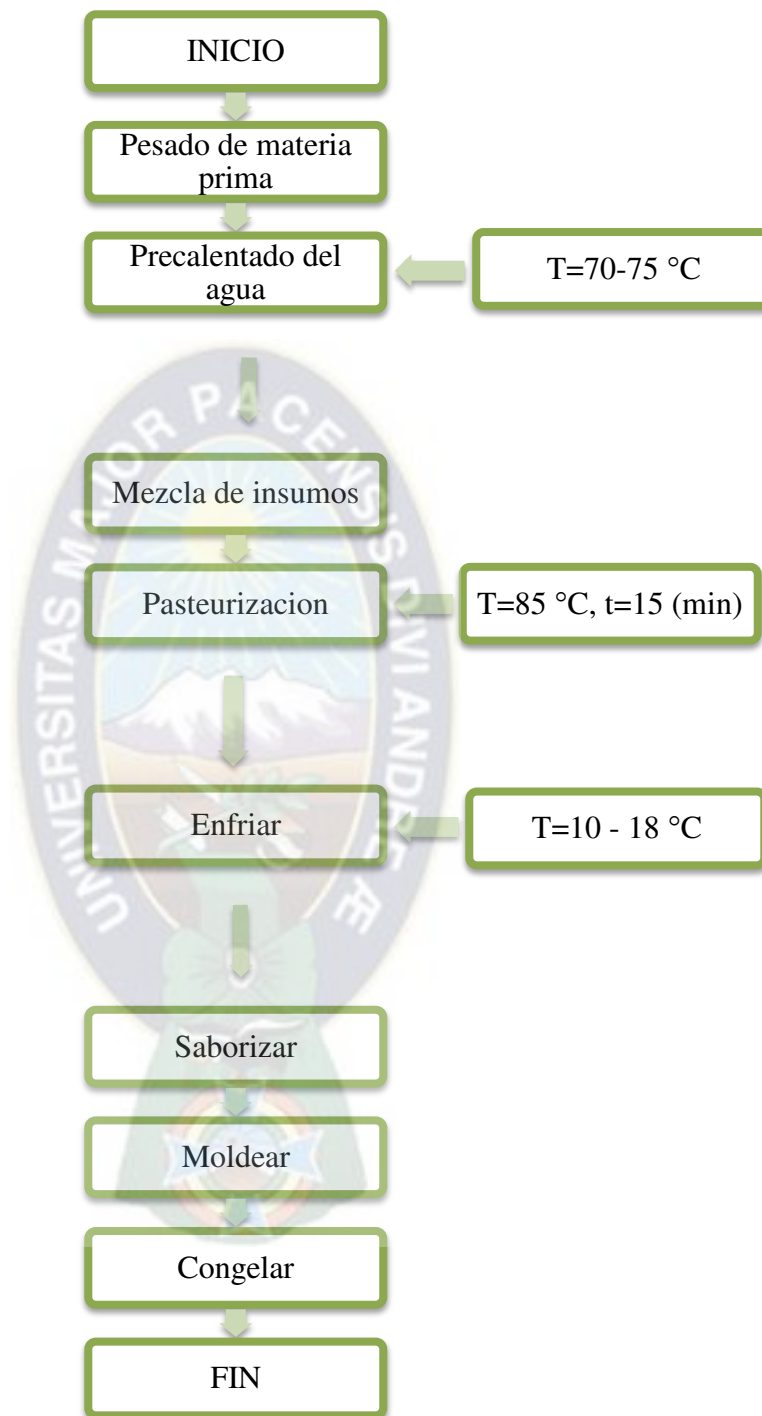
COMPONENTE	CANTIDAD
Azúcar	11,0 %
Benzoato de sodio	0,03 %
Estabilizante	0,2 %
Edulcorante	0,03 %
Agua	80,24 %
Azúcar invertida	8,5 %
Colorante rojo carmín	5 ml/l
Esencia de fresa	1 ml/l

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Formulación base para helado de crema

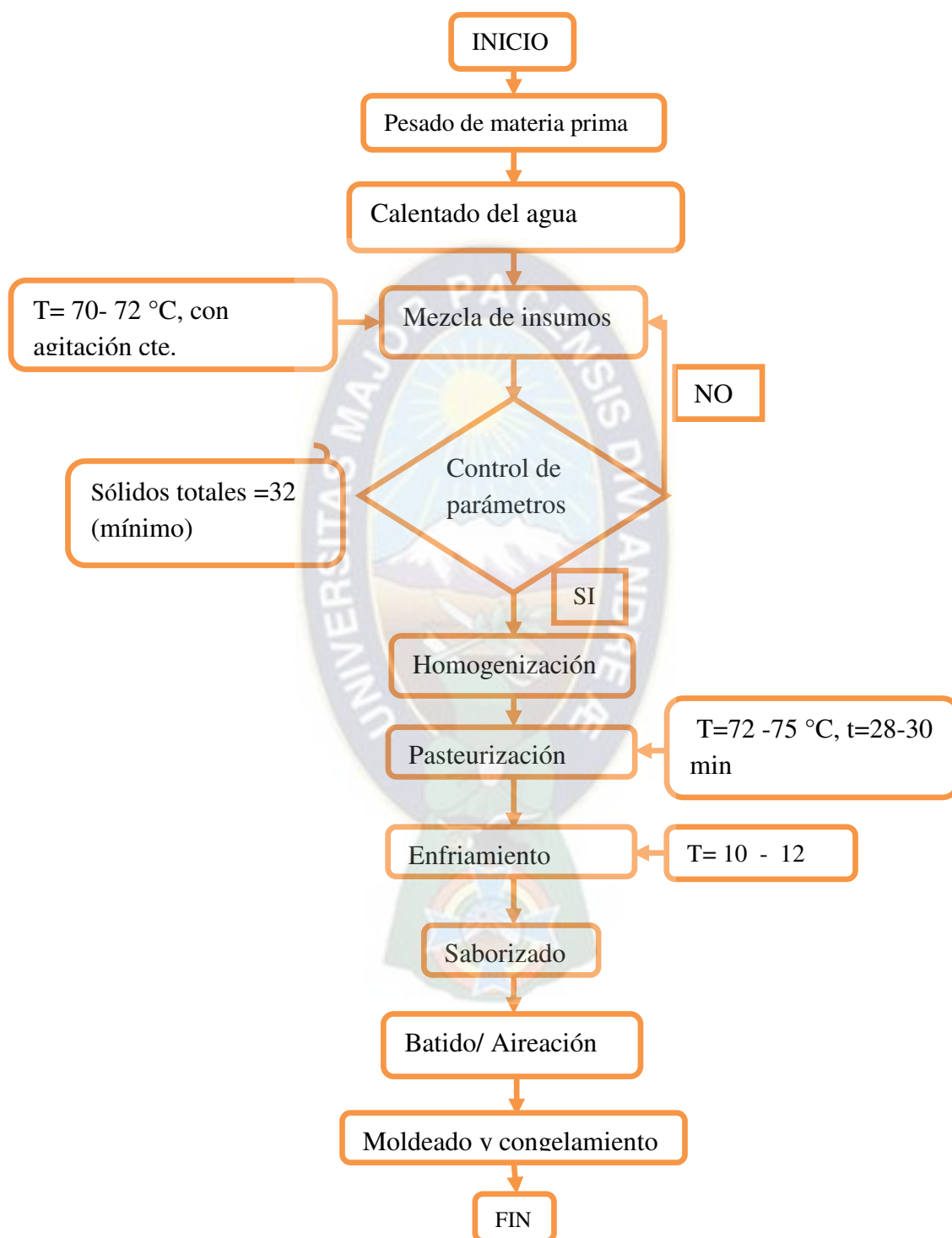
COMPONENTE	CANTIDAD
Azúcar	10 %
Maltodextrina	3 %
Materia Grasa	8 %
Azúcar invertida	6 %
Agua	63,8 %
Leche en polvo	8,5 %
Estabilizante	0,7 %
Esencia de piña	1,2 ml/l

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Elaboración de la base de helado de agua

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7: Elaboración de la base de helado de crema



Fuente: Elaboración propia

3.6. Evaluación de la cantidad estimada de adición de mucílago

Se evalúa la cantidad de mucílago a añadir a en una base congelada, además se compara con un estabilizante comercialmente utilizado. En el caso del estabilizante comercial para helados de agua, cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo D, indica una composición de: goma guar, CMC, goma xantana y azúcar, se desconoce las proporciones.

Tabla 9: Tabla de estimación de la cantidad de mucílago a añadir

ESTABILIZANTE	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	M4 (%)	M5 (%)
MUCÍLAGO	0	25	50	75	100
ESTABILIZANTE COMERCIAL	100	75	50	25	0
TOTAL	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia

En la adición se toma como base la proporción sugerida según la ficha técnica de 0,2 % y según este valor se varia las proporciones como se muestra en la Tabla 9, adicionando el mucílago en un 0, 25, 50, 75 y 100 % de sustitución con el estabilizante comercial, y según esto poder evaluar las propiedades de derretimiento, tiempo de la primera gota y sinéresis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIONES

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo damos a conocer los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la materia prima y del mucílago secado por liofilización, determinando los valores de la humedad, proteínas totales, pH, carbohidratos totales y contenido de cenizas, los azúcares reductores presentes hallados por medio del HPLC, la solubilidad en diferentes medios líquidos y la capacidad de retención de agua. Así mismo se muestra los resultados de la obtención del extracto de mucílago y los factores influyentes en el proceso con la ayuda del programa de Design Expert 7.0.0.

También los resultados de exposición del mucílago a diferentes valores de temperatura y pH para evidenciar la degradación del polímero.

Además se aprecia los resultados de la aplicación del mucílago en un producto alimenticio, de interés de este proyecto de utilizarlo como un aditivo en la industria de alimentos para contar con una alternativa a los aditivos tradicionales.

4. Resultados y Discusiones

4.1. Recolección de la cactácea

La recolección se realizó en el Municipio de Viacha, de las que se trozó muestras de la cactácea en corte transversal y longitudinal que se llevó al Herbario Nacional de Bolivia para su determinación taxonómica, los resultados se muestran en el apartado del ANEXO A.

4.1.1. Caracterización de la materia prima cactácea

Una vez recolectado se procedió a la caracterización de algunos parámetros fisicoquímicos según el procedimiento de las normas señaladas y conocimiento adquiridos en la carrera:

Tabla 10: Tabla de resultados de la caracterización de la cactácea

PARÁMETROS	RESULTADOS
	\bar{x}
Cenizas	0,65 %
% Humedad	65,02 %
pH (1%)	5,50
Carbohidratos totales	VESTIGIOS

Fuente: Elaboración propia

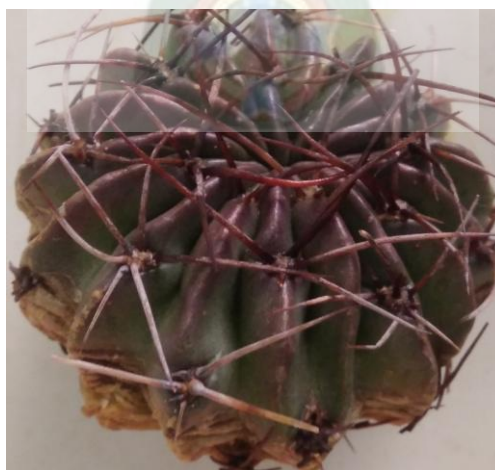
Se puede observar que presenta un alto valor de humedad relativamente alto, pero debemos considerar que puede variar también según a la época de cosecha.

4.2. Extracción del mucílago de cactácea

Para la extracción del mucílago de cactácea se procedió según la metodología planteada en el apartado anterior 3.1.1., para la selección de la planta de preferencia cactáceas verdes.

Se siguió con el cortado de las espinas y troceado de la cactácea para luego licuarlo y adicionar agua, calentar y pasar al proceso centrifugación de 5000 rpm por 7 min, y posteriormente se separa el extracto de mucílago de la fibra de cactácea.

Figura 8: Proceso de extracción del mucílago: Cactácea *Lovibia Pentlandii*



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Proceso de extracción del mucílago: Residuo del pelado de la cactácea



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Proceso de extracción del mucílago: Extracto de cactácea licuado con el mucílago



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Proceso de extracción del mucílago: Extracto de mucilago filtrado



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Proceso de extracción del mucílago: Residuo de fibra de la cactácea



Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Ensayos preliminares

En la investigación bibliográfica se halló diferentes metodologías para obtener el mucílago, con diferentes ensayos se pudo establecer una metodología, que nos permite tener un control adecuado del proceso de extracción, de tal manera que se optó por el centrifugado por la facilidad de separar sustancias en suspensión.

4.2.2. Diseño experimental en la extracción del mucilago

Los experimentos se realizaron de forma aleatoria según la asignación del programa de Design-Expert 7.0.0 para evitar errores sistemáticos de equipos, materiales, operador, etc.

El diseño factorial planteado es el 2^2 con 3 replicas para evaluar las mejores condiciones en el rendimiento de la obtención del mucilago, asimismo determinar la significancia de cada factor.

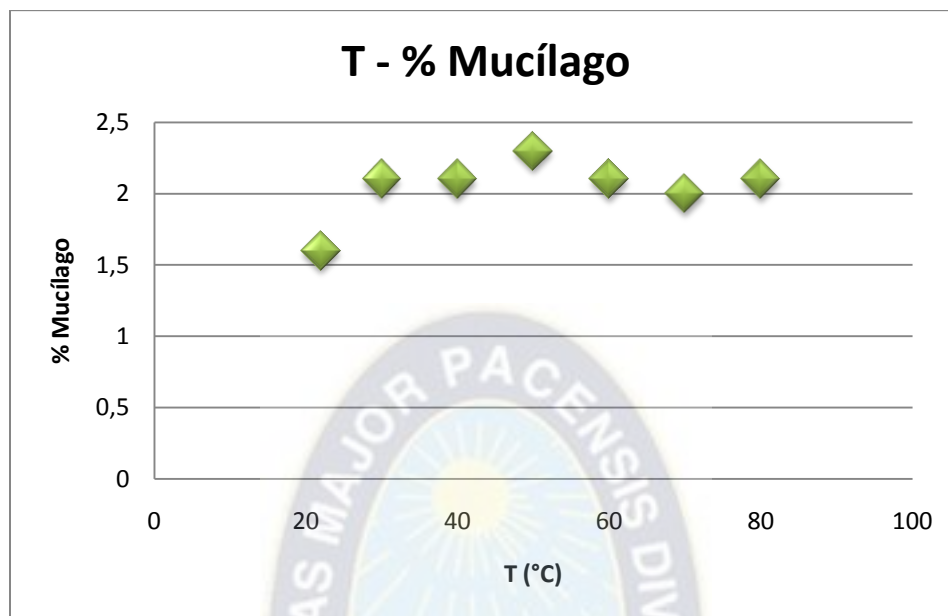
4.2.3. Factores independientes para la extracción del mucilago

Para la determinación de los factores influyentes en la extracción del mucilago se realizaron pruebas preliminares determinando de esta manera que los factores de importancia son la temperatura y la relación sólido-líquido (agua).

4.2.3.1. Temperatura

Para determinar el rango de trabajo para la temperatura se tomó como valor superior 80°C según la bibliografía dio un valor óptimo para la obtención de mucilago. Se preparó soluciones al 1 % de mucilago y se calentó a distintas temperaturas para evidenciar la influencia de la misma en el porcentaje de mucilago obtenido.

Gráfica 3: Gráfica de representación variación del porcentaje de mucílago con la temperatura



Fuente: Elaboración propia

La temperatura es un factor importante ya que se estudio a diferentes valores como se muestra en el Grafico 3, sin embargo no se observó una diferencia significativa entre los valores de 30 y 80 °C. Con estos resultados se toma a la temperatura con mayor porcentaje de mucilago como valor máximo (50 °C) y a la temperatura ambiente como un valor mínimo (22 °C).

4.2.3.2. Relación Sólido - Líquido (S:L)

En la evaluación durante las pruebas preliminares se determina de la misma manera, que los valores de los niveles de importancia en la relación de sólido (cactácea) y líquido (agua) son como mínimo 1:1 y como máximo 1:2.

4.2.4. Variables respuesta

Como variable respuesta a tomar es la cantidad de mucílago obtenido considerado como el porcentaje de mucilago (%M) al final del proceso de extracción.

4.2.5. Programación del diseño experimental en Design-Expert 7.0.0

Se trabajó con el programa Design-Expert 7.0.0 con un diseño de 2^2 con 3 repeticiones dando un total de 12 corridas, que se efectuó según el orden de corrida designado por el programa, el cual se completó, los datos para ver los resultados de los factores: temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la relación de sólido y líquido (S:L) designando los valores mínimo y máximo (-1 y +1), y la variable respuesta (%M) obteniendo así la siguiente tabla de datos:

Figura 13: Matriz de datos del programa Design-Expert 7.0.0 para la extracción del mucílago

	Std	Run	Block	Factor 1 A: TEMPERATURA $^{\circ}\text{C}$	Factor 2 B: REL S:V g/ml	Response 1 Mucílago %
	3	1	Block 1	22.00	-1.00	0.5
	10	2	Block 1	50.00	1.00	2.2
	6	3	Block 1	50.00	-1.00	1.2
	2	4	Block 1	22.00	-1.00	0.5
	4	5	Block 1	50.00	-1.00	1.1
	12	6	Block 1	50.00	1.00	2.5
	1	7	Block 1	22.00	-1.00	0.8
	9	8	Block 1	22.00	1.00	1.6
	5	9	Block 1	50.00	-1.00	1.4
	8	10	Block 1	22.00	1.00	1.2
	11	11	Block 1	50.00	1.00	2.3
	7	12	Block 1	22.00	1.00	1.1

Fuente: Software Design-Expert 7.0.0

4.2.6. Resultado del análisis de la tabla ANOVA de la programación del diseño

experimental

Se obtiene los resultados de la corrida de datos, donde se observa la significancia de cada factor y a través de estos valores se interpretó que si son influyentes en la variable respuesta, sin embargo se observó que la interacción entre ambos factores por el valor de F es superior a 0,0500 es decir no es significativo en el proceso, como se observa en la siguiente figura de datos:

Figura 14: Análisis de ANOVA para la corrida de datos experimentales

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	4.63	3	1.54	42.12	< 0.0001	significant
A-TEMPERATU	2.08	1	2.08	56.82	< 0.0001	
B-REL S:V	2.43	1	2.43	66.27	< 0.0001	
AB	0.12	1	0.12	3.27	0.1080	
Pure Error	0.29	8	0.037			
Cor Total	4.93	11				

Fuente: Elaboración propia con el Software Design-Expert 7.0.0

Se realizó un nuevo análisis de ANOVA en el programa, ignorando la interacción de los factores, teniendo solo el resultado de los factores significativos:

Figura 15: Análisis de ANOVA para la obtención de mucílago

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	4.51	2	2.26	49.14	< 0.0001	significant
A-TEMPERATU	2.08	1	2.08	45.36	< 0.0001	
B-REL S:V	2.43	1	2.43	52.91	< 0.0001	
Residual	0.41	9	0.046			
Lack of Fit	0.12	1	0.12	3.27	0.1080	not significant
Pure Error	0.29	8	0.037			
Cor Total	4.93	11				

Std. Dev.	0.21	R ²	91,61 %
Mean	1.37	Ajustado	89,75 %
C.V. %	15.68	Predicho	85,08 %
PRESS	0.73	Adeq Precision	16.176

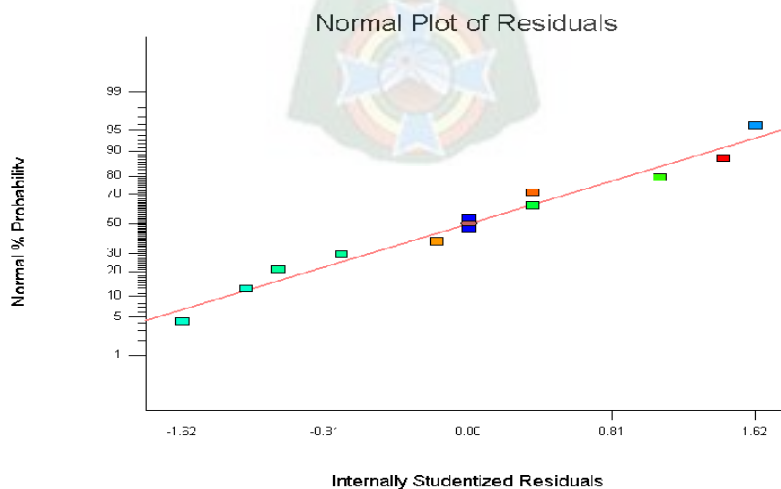
Fuente: Elaboración propia con el Software Design-Expert 7.0.0

Ecuación final en términos de factores codificados:

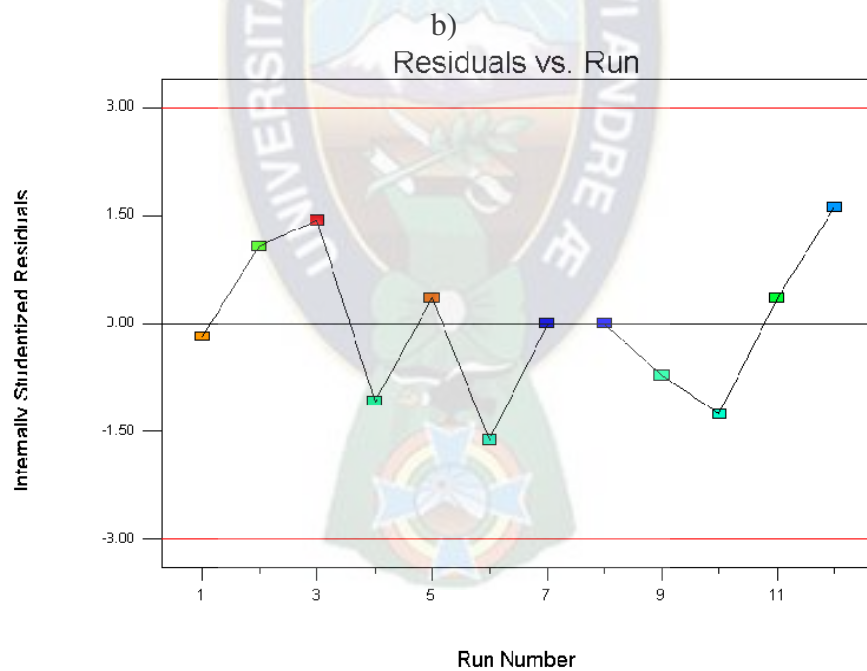
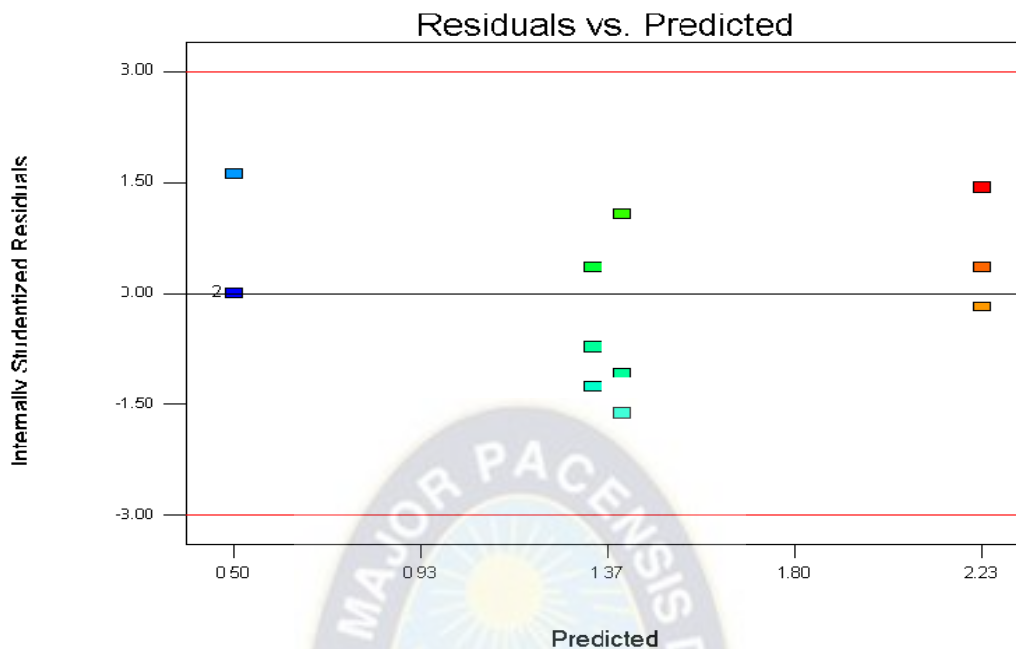
$$\text{Mucílago Obtenido} = 1.37 + 0.42 * A + 0.45 * B \quad \text{ec. 1}$$

Para la confirmación de las mejores condiciones del proceso establecido por el programa se debe hacer la verificación de los supuestos y revisar que se cumplan:

Figura 16: Verificación de los supuestos del modelo de diseño de experimentos a) supuesto de normalidad, b) supuesto de varianza constante y c) supuesto de independencia.



a)



c)

Fuente: Elaboración propia con el Software Design-Expert 7.0.0
 El análisis del Figura 16, nos permite llegar a la conclusión que los supuestos de normalidad, varianza constante e independenciam satisfacen la tendencia deseada, por lo cual aseveramos que la adecuación del modelo es confiable.

Figura 17: Predicción de puntos de trabajo para una máxima obtención de mucílago según el software

Factor	Name	Level	Low Level	High Level	Std. Dev.	Coding	
A	TEMPERATURA	50.00	22.00	50.00	0.000	Actual	
B	REL S:V	1.00	-1.00	1.00	0.000	Actual	
Response	Prediction	SE Mean	95% CI low	95% CI high	SE Pred	95% PI low	95% PI high
Mucílago	2.23333	0.11	1.99	2.48	0.24	1.69	2.78

Fuente: Elaboración propia con el Software Design-Expert 7.0.0

Además, el programa nos brinda una predicción de los factores para obtener una mayor cantidad de mucílago, este nos indica que trabajando a una temperatura de 50 (°C) y a una relación de sólido y líquido de 1:2 se obtendría un 2,23 % de mucílago.

4.3. Mucílago

4.3.1. Secado del mucílago por liofilización

Se realizó el secado por liofilización al vacío en un equipo en la Facultad de Ciencias Puras y Naturales con la colaboración del Laboratorio de Microbiología y el Laboratorio de Bioorganica. Previamente se dejó el extracto de mucílago en el congelador a -20 °C para luego llevar a liofilizar en el equipo liofilizador BIOBASE.

Figura 18: Extracto de mucílago: a) mucílago congelado, b) mucílago secado por liofilización



a)

b)

Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Pulverización del mucílago



Fuente: Elaboración propia

El secado por liofilización se llevo a cabo en el equipo del Laboratorio de Bioorganica, por la alta viscosidad el tiempo de secado demoró hasta 24 horas.

4.3.2. Caracterización del Mucílago

Se realizó la caracterización por métodos basados en bibliografía de normas, además de conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera:

Tabla 11: Tabla de resultados de la caracterización del mucílago de cactácea

PARÁMETROS	RESULTADOS
	\bar{x}
Cenizas	15,8 %
Proteínas totales	3,57 %
% Humedad	6,57 %

pH (1%)	5,05
Carbohidratos totales	22,06 %

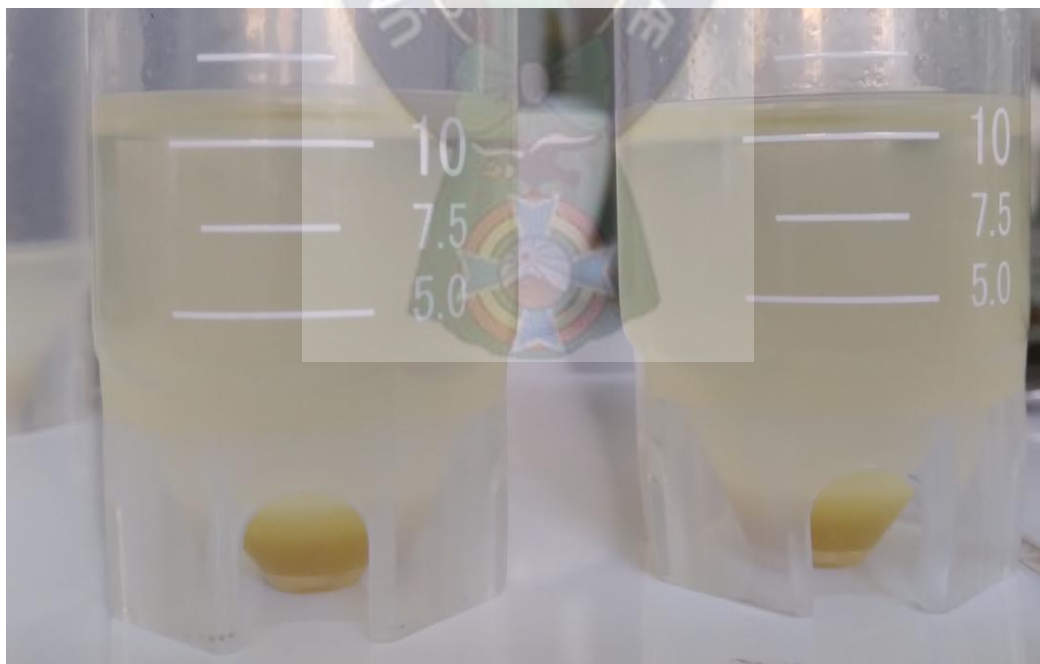
Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo del estudio de la composición química del mucílago obtenido se logró evidenciar los valores se encuentran muy cercanos a los valores obtenidos en otros estudios en el mucílago de cactácea de nopal, como se muestra en el apartado 2.3.8.3. Se debe considerar también que la composición puede variar según la edad de la cactácea.

4.3.3. Solubilidad del mucílago

La solubilidad del mucílago fue resultado de la evaluación en diferentes soluciones para su obtención y la evaluación de la capacidad de retención de agua a temperatura ambiente de 22°C, dando como resultado lo siguiente:

Figura 20: Mucílago en aceite



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Tabla de solubilidad del mucílago a 22 °C

SOLVENTE	SOLUBILIDAD
AGUA	SOLUBLE
ETANOL (96%)	INSOLUBLE
ÁCIDO CÍTRICO (5%)	SOLUBLE
ACEITE DE SOYA Y GIRASOL	INSOLUBLE

Fuente: Elaboración propia

Logramos evidenciar una insolubilidad en aceite de soya y girasol y en etanol al 96%, aún aplicando la homogeneización y después de 24 horas de reposo.

El mucílago es soluble en agua y en soluciones ácidas débiles, e insoluble en etanol y aceite debido a que estos provocan la deshidratación lo que hace que este precipite.

4.4. Determinación de los Azúcares Reductores por HPLC en el mucílago

Para la determinación de los azúcares reductores se realizó en el equipo de HPLC del Instituto de Investigación de Procesos Químicos (IIDEPROQ), según la metodología descrita en el punto 3.2., donde en el software ya está establecido los valores de las curvas de calibración para diferentes azúcares (ver ANEXO C1).

Para la preparación de la muestra de mucílago se preparó disoluciones a diferentes concentraciones de 0,1; 0,05; 0,02 y 0,01 %; donde a la concentración de 0,01 % se obtuvo una mejor lectura de datos (ver ANEXO C2).

Se pudo evidenciar la presencia de azúcares presentes y sus concentraciones según los datos obtenidos por el software del equipo el cual reporta a la xilosa, galactosa y arabinosa en la muestra inyectada a partir de la calibración realizada.

Tabla 13: Tabla de resultados de la determinación de Azúcares Reductores del mucílago de cactácea por HPLC

AZUCARES REDUCTORES	CONCENTRACIÓN (g/L)
XILOSA	0,48322
GALACTOSA	0,64619
ARABINOSA	0,61853

Fuente: Elaboración propia

Si bien el mucílago es un carbohidrato complejo, contenido de los monómeros como la xilosa, galactosa, arabinosa, su composición depende de la variedad, edad y época de cosecha y condiciones ambientales.

4.5. Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Se trabajó siguiendo la metodología detallada en el apartado 3.3., evaluando la capacidad de retención de agua del mucílago y del estabilizante comercial.

Figura 21: Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) del mucílago.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Tabla de resultados de la Capacidad de Retención de Agua del mucílago

MUESTRA	CRA (g H ₂ O/g M.S.)
Mucílago	9,769
Estabilizante comercial	8,701

Fuente: Elaboración propia

Esta experimentación nos refleja que el valor de la capacidad de retención de agua del mucílago es mayor al del estabilizante comercial el cual está compuesta por carboximetilcelulosa, goma guar, goma xantana y azúcar según su ficha técnica (ver ANEXO D)

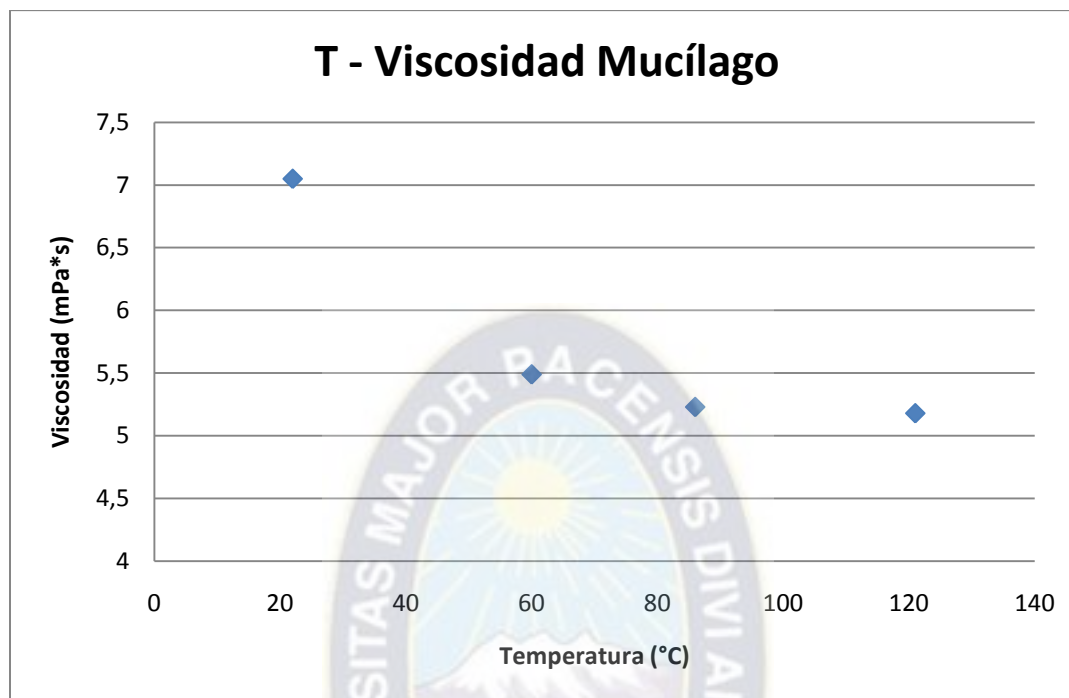
4.7. Efecto de la variación de la temperatura y pH en la viscosidad

4.7.1. Efectos de la variación de la temperatura en la viscosidad del mucílago

Según León Martínez Frank en su estudio del secado por aspersión del nopal (*Opuntia ficus indica*) por el método de extracción en prensa por compresión de los cladodios en una prensa mecánica sinfín obtuvo una viscosidad 9,16 mPa*s a 25 °C para una disolución al 1 % (p/v).

En nuestro caso se preparó soluciones al 1 % (p/v) de mucílago y se sometió a diferentes valores de temperatura y evidenciar los cambios de la viscosidad de las soluciones de mucílago.

Gráfica 4: Gráfica del efecto de la variación de la viscosidad con la temperatura en la solución del mucílago



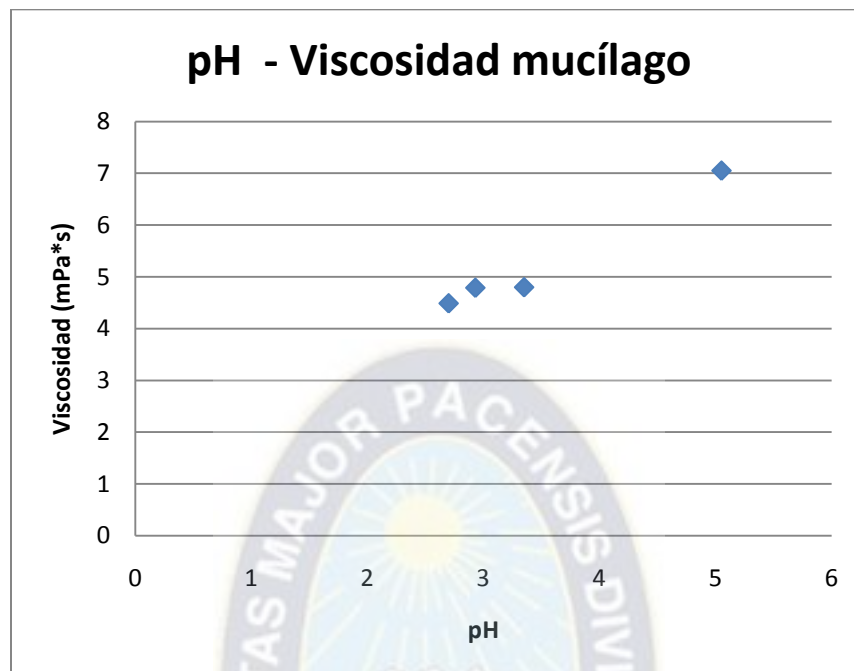
Fuente: Elaboración propia

Esta experimentación evidencia cómo influye la temperatura en la viscosidad de las muestras estudiadas, donde el tratamiento térmico en la base pudo debilitar las interacciones entre el medio de la estructura de las partículas dispersas, lo que disminuyó la viscosidad como se observa en la Gráfica 4.

4.7.2. Efectos de la variación del pH en la viscosidad del mucílago

Para esta experimentación se preparó diferentes soluciones al 1 % (p/v), para observar la variación de la viscosidad con el cambio del pH.

Gráfica 5: Efecto de la presencia de ácidos en la viscosidad del mucilago



Fuente: Elaboración propia

El siguiente experimento nos muestra la variación de la viscosidad frente al cambio de pH, mostrando un cambio significativo en la disminución de la viscosidad de hasta un 22% como se observa en la Gráfica 5.

4.8. Aplicación del mucilago en helado de agua y crema

4.8.1. Aplicación del mucílago en helado de agua

4.8.1.1. Estimación de la cantidad a añadir de mucílago en helado de agua

Se realizó diferentes ensayos en base de helado de agua a diferentes concentraciones de mucilago, evaluando posteriormente el tiempo de la primera gota y la pérdida de peso en 30 minutos un tiempo estimado en que se consume un helado, sometiendolós a temperatura ambiente que variaba en un rango de 27°C a 30°C.

Figura 22: Evaluación de la primera gota de helado de agua



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6: Estimación de la cantidad a añadir de mucílago



Fuente: Elaboración propia

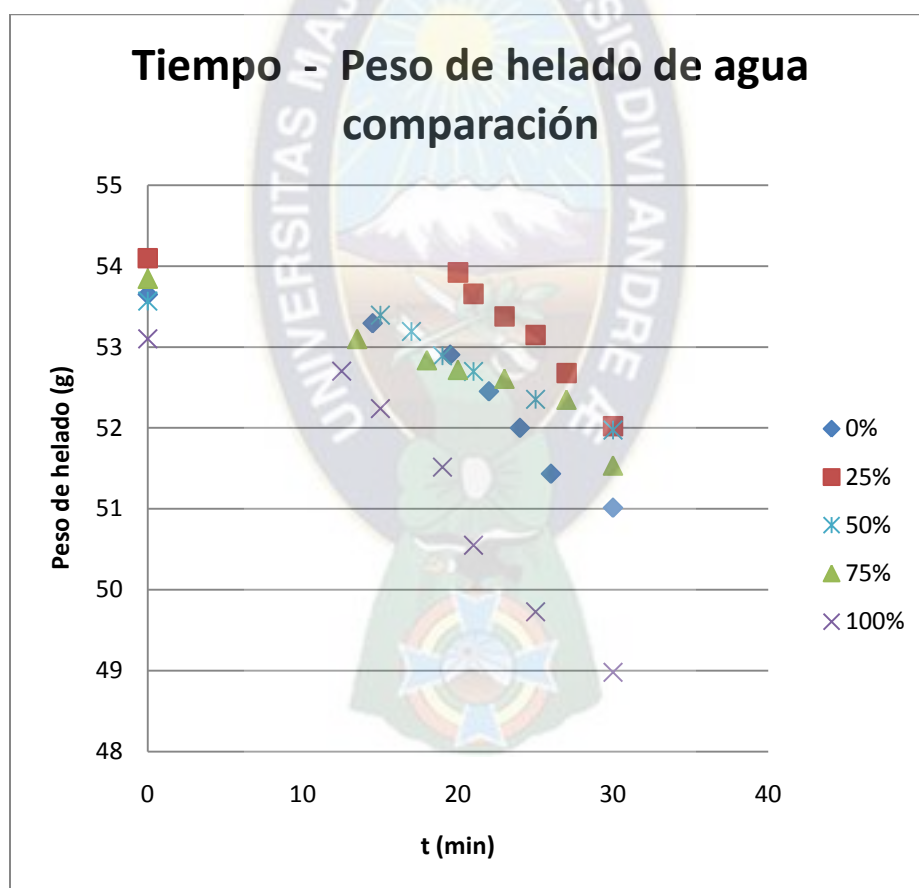
En la Gráfica 6 se observa al 0,046 % el valor más adecuado de adición, por el tiempo de la primera gota de 12 min, También se pudo evidenciar que no existe sinéresis en ninguna de

las pruebas y el mucílago mantiene la estabilidad del helado en concentraciones de 0,046 % y 0,076%, mas no así en la concentración de 0,0024% que se derritió totalmente a los 25 min.

4.8.1.2. Comparación del mucílago con un estabilizante comercial para helados de agua

Se preparó muestras de base de helado de agua para ver las diferencias en mezclas de concentraciones como se planteó en el apartado 3.6., comparándolo con el estabilizante comercial, estabilizante usado para helados de agua.

Gráfica 7: Comparación del mucílago con el estabilizante comercial en helado de agua



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 7, se observa resultados donde presentan mejores valores de tiempo de la primera gota y pérdida de peso del helado en un tiempo estimado de 30 min entre un rango de 0% - 75%,

siendo el valor mas adecuado de 25% con un mayor tiempo de la primera gota de 20 min y manteniendo la estabilidad.

4.8.2. Aplicación del mucilago en helado de crema

4.8.2.1. Estimación de la cantidad a añadir de mucílago en helado de crema

Se realizó bases de helado de crema estimando la adición aproximada de mucílago las mismas se evaluó el tiempo de la primera gota, la pérdida de peso en 30 min. y la presencia de sinéresis.

Gráfica 8: Estimación de la cantidad a añadir de mucílago en halado de crema



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que al añadir diferentes concentraciones de mucílago al helado de crema no se presenta gran diferencia en el peso de helado derretido y el tiempo de la primera gota, entre los valores de 0,025 % y 0,0303%.

4.8.2.2. Comparación del mucílago con un estabilizante comercial para helados de crema

Se preparó muestras de base de helado de crema para ver las diferencias en mezclas de concentraciones como se planteó en el apartado 3.6., comparándolo con estabilizante comercial CMC.

Gráfica 9: Comparación del mucílago con el estabilizante comercial como en helado de crema



Fuente: Elaboración propia

En una comparación del mucílago con el estabilizante comercial para helado de crema se pudo observar en la Gráfica 9, presenta valores superiores en cuanto al tiempo de la primera gota y la pérdida de peso de helado de crema en el tiempo, también se pudo ver que al sustituir en un 100 % por el mucílago hace que la materia grasa se separe de la mezcla, por lo tanto podemos concluir que en la adición del mucílago en helado de crema puede ser utilizado en mezclas con la carboximetilcelulosa sódica, mas no como un sustituto total.

4.9. Evaluación sensorial de grado de preferencia del helado de crema

La evaluación sensorial se empleó para evaluar el grado de preferencia o aceptabilidad del helado de crema, se realizó este test luego de analizar cada una de las variables, (Véase Anexo G), para obtener la aceptabilidad del mismo respecto a un patrón.

Codificación de las muestras:

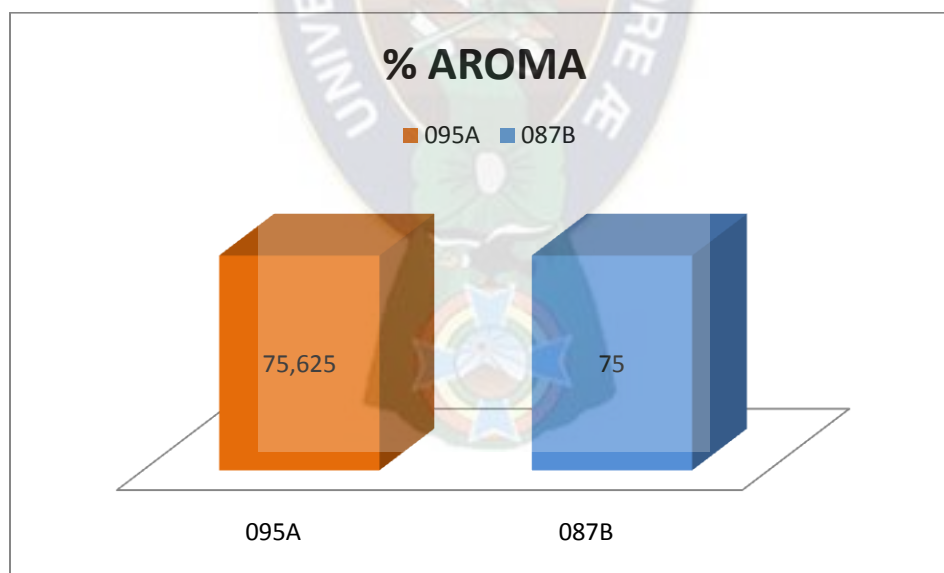
096A: muestra con 100% de estabilizante comercial

087B: muestra con mucilago al 50 % y 50% de estabilizante comercial

Los atributos evaluados fueron: aroma, sabor, dulzor, textura, apariencia y la preferencia entre ambas muestras.

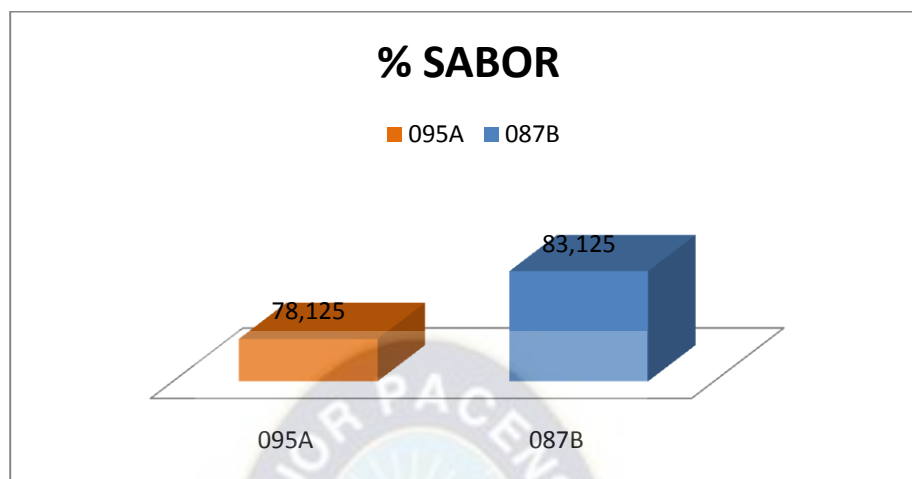
Estos resultados fueron tratados y se expresan en porcentajes de aceptabilidad a continuación.

Gráfica 10: Porcentaje de aceptabilidad del aroma de los helados de crema



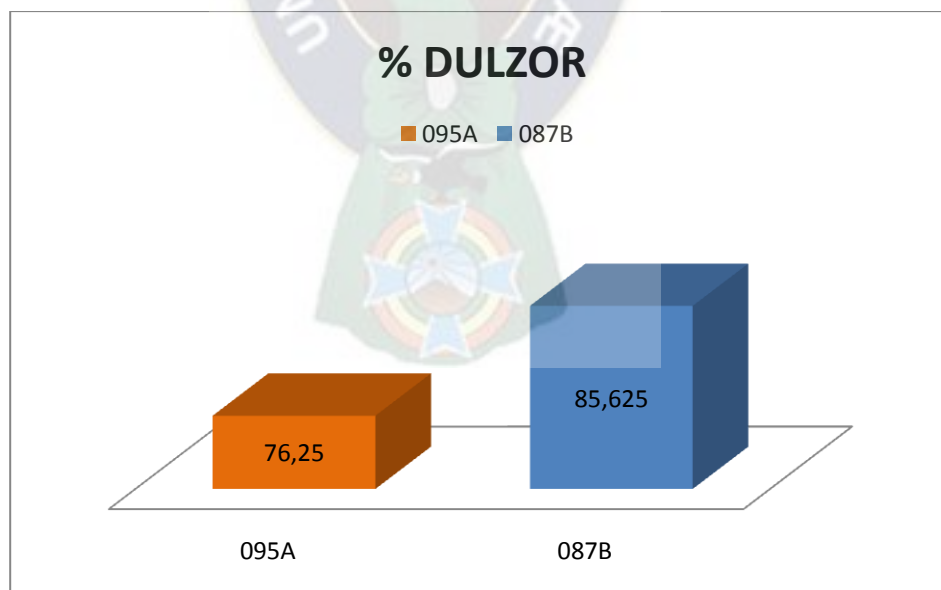
Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis sensorial en el aroma como se observa en el Grafico 10, nos muestran que no existe mucha diferencia entre ambos productos.

Gráfica 11: Porcentaje de aceptabilidad del sabor de los helados de crema

Fuente: Elaboración propia

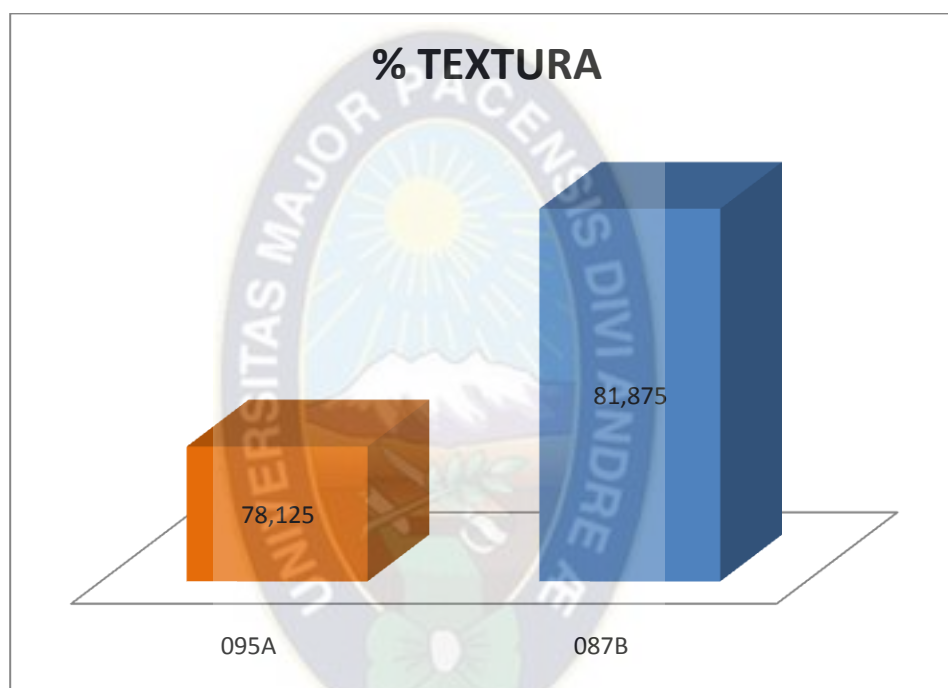
En este caso los resultados del análisis sensorial en cuanto al sabor podemos observar en la Gráfica 11, muestra que el helado de crema con mucilago se encuentra por encima del valor de la aceptabilidad del helado de crema con estabilizante comercial.

Gráfica 12: Porcentaje de aceptabilidad del dulzor de los helados de crema

Fuente: Elaboración propia

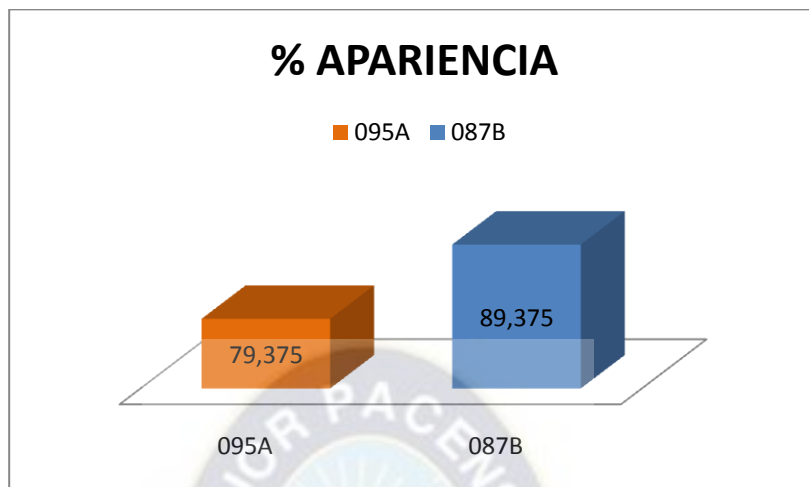
En este caso los resultados del análisis sensorial en cuanto al dulzor podemos observar en la Grafica 12, muestra que el helado de crema con mucilago se encuentra por encima del valor de la aceptabilidad del helado de crema con estabilizante comercial, dentro de las recomendaciones se tuvo la observación de mejora de esta atributo en la muestra 095A.

Gráfica 13: Porcentaje de aceptabilidad de la textura de los helados de crema



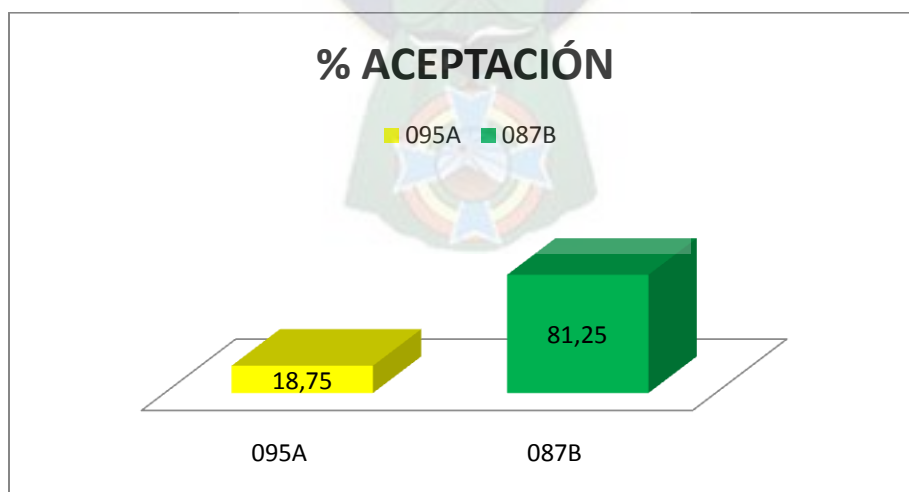
Fuente: Elaboración propia

En este caso los resultados del análisis sensorial en cuanto a la textura podemos observar en la Grafica 13, muestra que el helado de crema con mucilago se encuentra por encima del valor de la aceptabilidad del helado de crema con estabilizante comercial.

Gráfica 14: Porcentaje de aceptabilidad de la apariencia de los helados de crema

Fuente: Elaboración propia

Este atributo es importante ya que debido a la insolubilidad en aceite del mucílago se temía la presencia de sinéresis en el helado, sin embargo presentaba una homogeneidad y es también tiene una gran aceptación por parte de los panelistas, como se observa en el Grafico 14.

Gráfica 15: Porcentaje de aceptación de la muestra con mucílago y el estabilizante comercial

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que la muestra más aceptada es la “087B”, el helado de crema con mucilago y estabilizante comercial (50 %) con un 81,25% de preferencia, en tanto, la muestra “095A” que es el patrón del estabilizante comercial (100%), tiene el 18,75% de aprobación, los panelistas prefirieron el helado de crema con mucilago al 50%

Entre los atributos que se pueden mejorar según las observaciones de los panelistas están el aroma y el dulzor, ya que para algunos el aroma a piña se sentía muy ligero, esto quizás pudo ser un factor determinante al momento de la preferencia de las muestras.



CAPITULO

V

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se evaluó los algunos parámetros fisicoquímicos de la cactácea (*Lobivia Pentlandii*), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15: Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la cactácea

pH (1%)	% HUMEDAD	CENIZAS (%)	CARBOHIDRATOS TOTALES
5,50	65,02	0,65	Vestigios

Fuente: Elaboración Propia

Se demostró que existe carbohidratos totales mediante el método Felhing, sin embargo esta cantidad no es cuantificable (es bajo).

- ✓ Para la obtención de las condiciones del mucílago se trabajó con el programa Design Expert 7.0.0 mediante una matriz de 2^2 y con tres replicas. Donde se determinó que los factores más influyentes fueron la temperatura (22 y 50 ° C) y la relación en proporción sólido: líquido (1:1 y 1:2) respectivamente y la variable respuesta fue el porcentaje de mucílago obtenido.

Mediante el análisis ANOVA se obtuvo un coeficiente de variación del 15,68 %, porcentaje que según Gutiérrez & Pulido (cuantificamos en términos porcentuales la variabilidad de las unidades experimentales frente a la aplicación de nuestro tratamiento), estamos en un rango de 11-15% que califica como **muy bueno**. Así mismo se logró evidenciar que trabajando a 50°C, una relación de 1:2 (S:L), y centrifugando por 7 min a 5000 rpm, se obtiene un mayor rendimiento de mucílago de 2,4 %, según el pronóstico del programa.

- ✓ Se realizó el secado del extracto de mucilago por liofilización y posteriormente se determinó parámetros fisicoquímicos dando como resultado:

Tabla 16: Resultados de los parámetros del mucílago

Cenizas (%)	Proteínas totales	% Humedad	pH (1%)	Carbohidratos totales
15,8 %	3,57 %	6,57 %	5,05	22,06 %

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos son cercanos a los parámetros obtenidos en otras investigaciones del mucilago de nopal en el apartado 2.3.8.3. (Tabla 4.)

El proceso de secado por liofilización favorece la conservación de las cualidades y parámetros del mucilago es por ello que se obtuvo valores altos para las cenizas (15,8 %), proteínas (3,57 %) y carbohidratos totales (22,06 %).

- ✓ Se evaluó la capacidad de retención de agua del mucilago y del estabilizante comercial obteniendo un valor de capacidad de retención de agua del mucílago de 9,769 (g H₂O/g M.S.) y del estabilizante comercial 8,701 (g H₂O/g M.S.) considerando que este último es una mezcla de carboximetilcelulosa, goma guar, goma xantana y azúcar según las especificaciones de la ficha técnica.
- ✓ En la cuantificación de los azúcares reductores por medio de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC), se obtuvo:

Tabla 17: Resultados de los azúcares reductores

XILOSA	GALACTOSA	ARABINOSA
0,48322 (g/L)	0,64619 (g/L)	0,61853 (g/L)

Fuente: Elaboración Propia

Debido a las concentraciones de azúcares obtenidos muestra que el mucilago obtenido es un **mucilago neutro** (según la tipificación de mucilagos).

- ✓ La variación de los parámetros de temperatura y pH afectan a la viscosidad, el cual se debe a la alteración química que sufren las proteínas por la desnaturalización de las mismas.
- ✓ La aplicación del mucilago en el producto alimenticio mostró que en la rehidratación es necesario homogeneizar para tener una solución uniforme, además el mucilago puede ser utilizado en helados de crema y agua en sustitución total. El mucilago presenta mejores resultados de estabilidad en sustitución parcial junto al estabilizante comercial y la carboximetilcelulosa (CMC) utilizado.

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar el estudio del uso del mucilago de cactácea (*Lobivia Pentlandii*) como un biopolímero y película de recubrimiento en alimentos.
- ❖ Realizar un estudio de la eficiencia como coagulante en agua del mucilago.
- ❖ Realizar el estudio de secado por aspersión del mucilago para evidenciar la diferenciar la concentración de trabajo y los valores de la composición.
- ❖ Realizar un estudio más amplio de las características físicas y químicas del mucilago para otras aplicaciones relacionadas con alimentos.

The watermark is the official seal of the University of the Pacific. It features a central sunburst, a book, and a ribbon with the motto 'UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DUM ALIANDRE Æ'.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Abrajam Villaseñor, M. A. (2008). EFECTO DEL METODO DE EXTRACCION EN LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS Y FISICAS DEL MUCILAGO DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y ESTUDIO DE SU APLICACION COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE. *Tesis Doctoral* .

Aguilar, L., Gáston, C., Llopíz, J., & Jérez, A. (2005). ICIDCA. *Sobre los derivados de la caña de azúcar* , 52-57.

Badui Dergal, S. (2012). *QUIMICA DE LOS ALIMENTOS*. Mexico: PEARSON.

Cussi Limachi, R. M. (2020). Extraccion y caracterizacion de la fibra de tuna (*Opuntia Ficus-indica*).

Dergal, S. B. (2006). *Quimica de Alimentos*.

Gallegos Guillen, G. S., & Palomino Mamani, N. (2018). *DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS FACTORES DE EXTRACCIÓN EN LA OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DESHIDRATADO DE SEMILLA DE CHIA, EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES Y REOLOGICAS*. AREQUIPA – PERU.

García Cruz, E. E. (2011). Optimización del secado por aspersion de mucílago de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en función de sus propiedades reológicas”. *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL* , 7.

Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México: Compañía editorial continental S. A. de C. V. MEXICO.

Huanca Alca, J. J. (2017). EVALUAR LOS PARÁMETROS DURANTE EL TRATAMIENTO TÉRMICO PARA OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO DE LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*). *Universidad Nacional del Altiplano, PUNO - PERU* , 22.

Ibarz, A., & Barbosa Cánovas, G. V. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

IBNORCA. (2008). NB 33020-2008-PRODUCTOS LACTEOS-HELADOS Y MEZCLA PARA HELADOS. *NORMAS BOLIVIANAS* .

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. (2013). CENSO AGROPECUARIO 2013. La Paz, Murillo, Bolivia.

- Jaimes Duque, S., Ramírez Navas, J. S., & Rodríguez de Stouvenel, A. (2017). ESTABILIZANTES MÁS UTILIZADOS EN HELADOS. *Grupo GIPAB - Escuela de Ingeniería de Alimentos -Universidad del Valle. Cali, Colombia.* , 11.
- Kiesling, R. (1993). *Curso de cactaceas*. La Paz.
- López Velasco, D. M., & Sabogal Forero, O. J. (s.f.). Gomas empleadas en la industria de alimentos. *Grupo de investigación en alimentos y agroindustria.* , 42-48.
- Merma Rio, B. F. (2013). Determinación de parametros optimos de extracción de fibra dietetica soluble a partir de la semilla de linaza (*Linum unitatissimun L.*). *Escuela académico profesional de ingeniería agroindustrial* .
- ONU, & OMS. (2019). NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS. *CODEX ALIMENTARIUS* , 520.
- Pasquel, A. (2001). Una aproximación de la industria de alimentos. *Revista amazonica de investigación alimentaria* , 1-8.
- Pin, A. B., & Simon, J. (2004). *GUIA ILUSTRADA DE LOS CACTUS DEL PARAGUAY*. Asucion, Paraguay: Artes Graficas Zamphiropolos S.A.
- Reyes Buendía, C., Corrales Garcia, J. J., Peña Valdivia, C. B., Hernandez Montes, A., & Ybarra Mondaca, M. C. (2020). Sopa de elote (*Zea mays*) tipo crema con mucilago de nopal (*Opuntia spp.*) como espesante, sus características físicas y aceptación sensorial. *Revsita especializada en Ciencias Quimico-Biológicas* , 1-14.
- Rodriguez, M. R. (2005). *MARTIN CARDENAS EL EXIMIO BOTANICO Y NATURALISTA DE AMERICA*. La Paz, Bolivia: Centro de Investigaciones de Forrajes La Violeta.
- Rodriguez, S., Martínez Flores, H., & Ólmelas Nuñez, M. (2011). Optimización de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*). *XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería* .
- Saenz, C., Abrajam, M., Garcia Nauto, N., & Fabry, A. M. (2017). EL NOPAL, UNA ESPECIE DE ZONAS ÁRIDAS PRODUCTORA DE HIDROCOLOIDES NATURALES. *ResearchGate* .
- Sepulveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E., & Aceituno, C. (2007). Extracción y caracterización de mucílago en *Opuntia spp.* *Diario de ambientes áridos* , 534-545.
- Servan Alcántara, M. A. (2018). Interés farmacéutico de los mucílagos. *Universidad de Sevilla* .
- Vargas Rodriguez, L., Arroyo Figueroa, G., Herrera Mendez, C. H., Perez Nieto, A., García Vieyna, M. I., & Rodriguez Nuñez, J. R. (2016). Propiedades físicas del mucilago de nopal. *Acta Universitaria* , 8-11.

Villa Uvidia, D. N., Osorio Rivera, M. Á., & Villacis Venegas, N. Y. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *REVISTA CIENTIFICA DOMINIO DE LAS CIENCIAS* , 503 - 524.

Villa Uvidia, D. N., Osorio Rivero, M. Á., & Villacis Venegas, N. Y. (2020). Extraccion, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las ciencias* , 503-524.

Villa Uvidia, D. N., Osorio Rivero, M. Á., & Villacis Venegas, N. Y. (2020). Extraccion, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las ciencias* , 503-524.

Viñuela, E. L. (2017). *CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS EVALUACIÓN DE SU INGESTA*. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de Food and Agriculture Organization:

http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/comagric/codex/pdf/aditivos.pdf



ANEXOS

ANEXOS A**INFORME DE CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA CACTÁCEA****HERBARIO NACIONAL DE BOLIVIA**

Casilla 10077 Correo Central, La Paz - Bolivia / Campus Universitario, Calle 27 Cota Cota
Teléfonos (591 -2) 2121751 - 2792582 - 2792416 * Fax (591-2) 2779962
e-mail: lpb@accelerate.com, lpb.dir@accelerate.com

PLANTAS COLECTADAS POR: CARMEN ROSA COPA APAZA

Localidad: Viacha, Ingavi.

Determinadas por: Lic. Fernando Velarde (LPB)

Fecha: 18 de marzo de 2021

1 Cactaceae

Lobivia pentlandii (Hook.) Britton & Rose



ANEXOS B

DATOS Y RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CACTÁCEA

Caracterización de la cactácea:

1. Determinación de cenizas:

$$\%Cenizas = \frac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \times 100$$

Donde:

G_1 = Peso de la capsula vacia en gramos.

G_2 = Peso de la capsula con muestra en gramos.

G_3 = Peso de capsula con cenizas en gramos.

Tabla: Datos de resultados de la determinación de cenizas de la cactácea

MUESTRA	G_1 (g)	G_2 (g)	G_3 (g)	% CENIZAS
1	48,24	54,42	48,28	0,647
2	48,24	54,41	48,28	0,648
RESULTADO				0,65

Fuente: Elaboración propia.

2. Determinación de % Humedad

$$Humedad = \%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad

m_1 = peso del pesa filtro y con su tapa o recipiente adecuado en g.

m_2 = peso del pesa filtro o recipiente adecuado con muestra y tapa, sin secar en g.

m_3 = peso del pesa filtro o recipiente adecuado con muestra y tapa, seco en g.

Tabla: Datos y resultados de la determinación de humedad de la cactácea

MUESTRA	m_1 (g)	m_2 (g)	m_3 (g)	% HUMEDAD
1	15,26	18,91	16,54	64,93
2	15,26	18,90	16,53	65,11
RESULTADO				65,02

Fuente: Elaboración propia.

3. Determinación de pH de la cactácea:



Tabla: Datos y resultado de la determinación del pH

MUESTRA	pH
1	5,51
2	5,48
3	5,51
RESULTADO	5,50

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B1**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES DE LA CACTÁCEA**

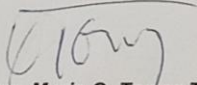
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729


	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 6325	
Informe N°:	94/2023		
Producto:	CACTACEA LOBIVIA PENTLANDII		
Marca:	S/M	Razón Social y/o Propietario	CARMEN ROSA COPA APAZA
Procedencia	VIACHA- LA PAZ		
Muestreado	CARMEN ROSA COPA APAZA	FECHA: 2023/06/01	HORA : 09:00AM
Fecha de recepción muestra:	2023/06/02	Fecha de emisión de resultados:	2023/06/08
Fecha de inicio de ensayos:	2023/06/02		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
CARBOHIDRATOS	g%	VESTIGIOS	SVR	FEHLING

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica /<LD menor al límite de detección (<0.01 mg/L).
 VESTIGIOS: presencia de carbohidratos no cuantificables


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica
Jefe de Laboratorio de Bromatología



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO DE CACTÁCEA

Tabla: Datos de resultados de la variación del porcentaje de mucílago obtenido con respecto a la temperatura

T °C	% M(prom)
22	1,6
30	2,1
40	2,1
50	2,3
60	2,1
70	2,0
80	2,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla: Rendimiento del mucílago obtenido respecto a la masa de cactácea

N°	T (°C)	R S:L	Masa de cactácea (g)	Extracto de Mucílago (g)	Masa de mucílago (g)	%R
1	22	1:1	9,997	1,876	0,009	0,1
2	50	1:2	9,998	8,987	0,198	2,0
3	50	1:1	10,001	1,743	0,021	0,2
4	22	1:1	10,002	1,648	0,008	0,1
5	50	1:1	9,992	1,921	0,021	0,2
6	50	1:2	9,996	9,634	0,241	2,4
7	22	1:1	9,998	1,713	0,014	0,1
8	22	1:2	10,005	9,276	0,148	1,5
9	50	1:1	9,994	1,045	0,015	0,1
10	22	1:2	9,997	9,893	0,119	1,2
11	50	1:2	10,001	9,522	0,219	2,2

12	22	1:2	10,002	8,423	0,093	0,9
-----------	----	-----	--------	-------	-------	-----

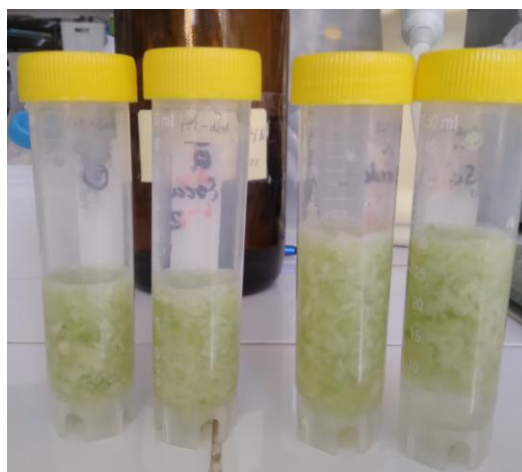
Fuente: Elaboración propia.

Tabla: Porcentaje de mucílago obtenido en función del extracto de mucílago para el diseño experimental

N°	T (°C)	R S:L	Extracto de Mucílago (g)	Masa de mucílago (g)	% M
1	22	1:1	1,876	0,009	0,5
2	50	1:2	8,987	0,198	2,2
3	50	1:1	1,743	0,021	1,2
4	22	1:1	1,648	0,008	0,5
5	50	1:1	1,921	0,021	1,1
6	50	1:2	9,634	0,241	2,5
7	22	1:1	1,713	0,014	0,8
8	22	1:2	9,276	0,148	1,6
9	50	1:1	1,045	0,015	1,4
10	22	1:2	9,893	0,119	1,2
11	50	1:2	9,522	0,219	2,3
12	22	1:2	8,423	0,093	1,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura: Extracción del mucílago de cactácea



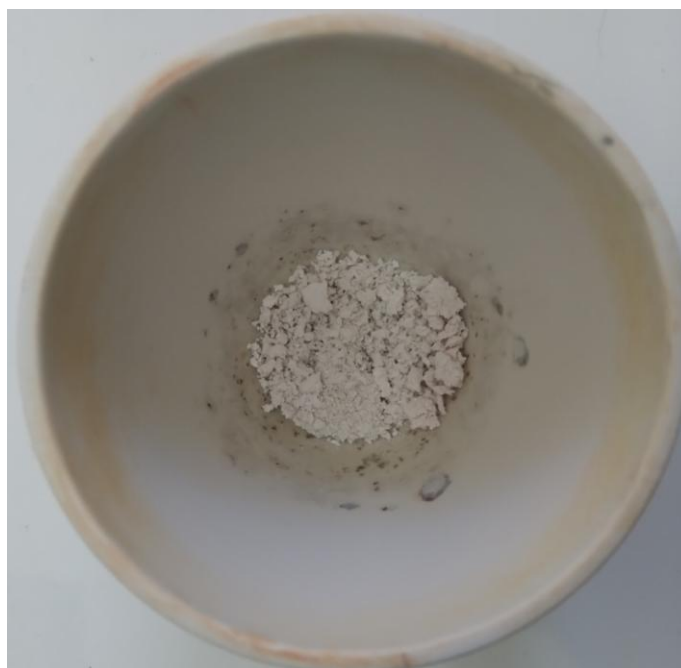
Fuente: Elaboración propia

DATOS Y RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MUCÍLAGO

Caracterización del mucílago

1. Determinación de cenizas:

Figura: Determinación de cenizas



Fuente: Elaboración propia.

$$\%Cenizas = \frac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \times 100$$

Donde:

G_1 = Peso de la capsula vacia en gramos.

G_2 = Peso de la capsula con muestra en gramos.

G_3 = Peso de capsula con cenizas en gramos.

Tabla: Datos de resultados de la determinación de cenizas del mucilago

MUESTRA	G_1 (g)	G_2 (g)	G_3 (g)	% CENIZAS
---------	-----------	-----------	-----------	-----------

1	21,770	22,280	21,850	15,7
2	21,360	21,865	21,440	15,8
RESULTADO				15,8

Fuente: Elaboración propia.

2. Determinación de % Humedad

$$\text{Humedad} = \%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad

m1= peso del pesa filtro y con su tapa o recipiente adecuado en g.

m2= peso del pesa filtro o recipiente adecuado con muestra y tapa, sin secar en g.

m3= peso del pesa filtro o recipiente adecuado con muestra y tapa, seco en g.

Tabla: Datos y resultados de la determinación de humedad

MUESTRA	m₁ (g)	m₂ (g)	m₃ (g)	% HUMEDAD
1	6,66	7,16	7,13	6,60
2	6,66	7,21	7,17	6,55
RESULTADO				6,57

Fuente: Elaboración propia.

3. Determinación de pH

Figura: Determinación del pH

Fuente: Elaboración propia.



Tabla: Datos y resultado de la determinación del pH

MUESTRA	pH
1	5,10
2	5,05
3	5,05
RESULTADO	5,07

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B2**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES DEL MUCILAGO**

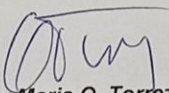
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
 SALUD (SELADIS)
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

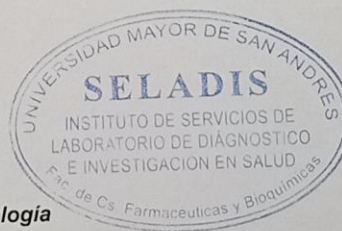
	INFORME DE RESULTADOS		CODIGO: 6325	
	LABORATORIO DE BROMATOLOGIA			
Informe N°:	95/2023			
Producto:	MUCILAGO EXTRAIDO DE CACTACEA LOBIVIA PENTLANDII			
Marca:	S/M	Razón Social y/o Propietario	CARMEN ROSA COPA APAZA	
Procedencia	VIACHA- LA PAZ			
Muestreado	CARMEN ROSA COPA APAZA	FECHA: 2022/11/22	HORA : SD	
Fecha de recepción muestra:	2023/06/02	Fecha de emisión de resultados:	2023/06/08	
Fecha de inicio de ensayos:	2023/06/02			

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
CARBOHIDRATO	g%	22,06.-	SVR	FEHLING

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica /<LD menor al límite de detección (<0.01 mg/L),


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica
Jefe de Laboratorio de Bromatología



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

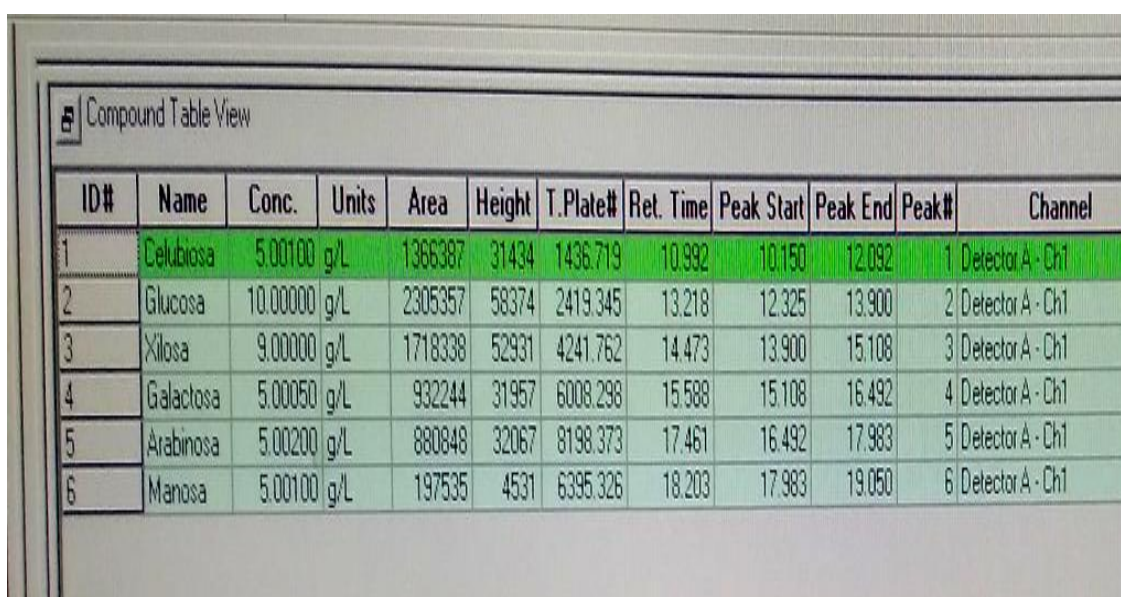
ANEXO C

DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES

ANEXO C1

Datos de los azúcares establecidos para la curva de calibración para el software del equipo HPLC

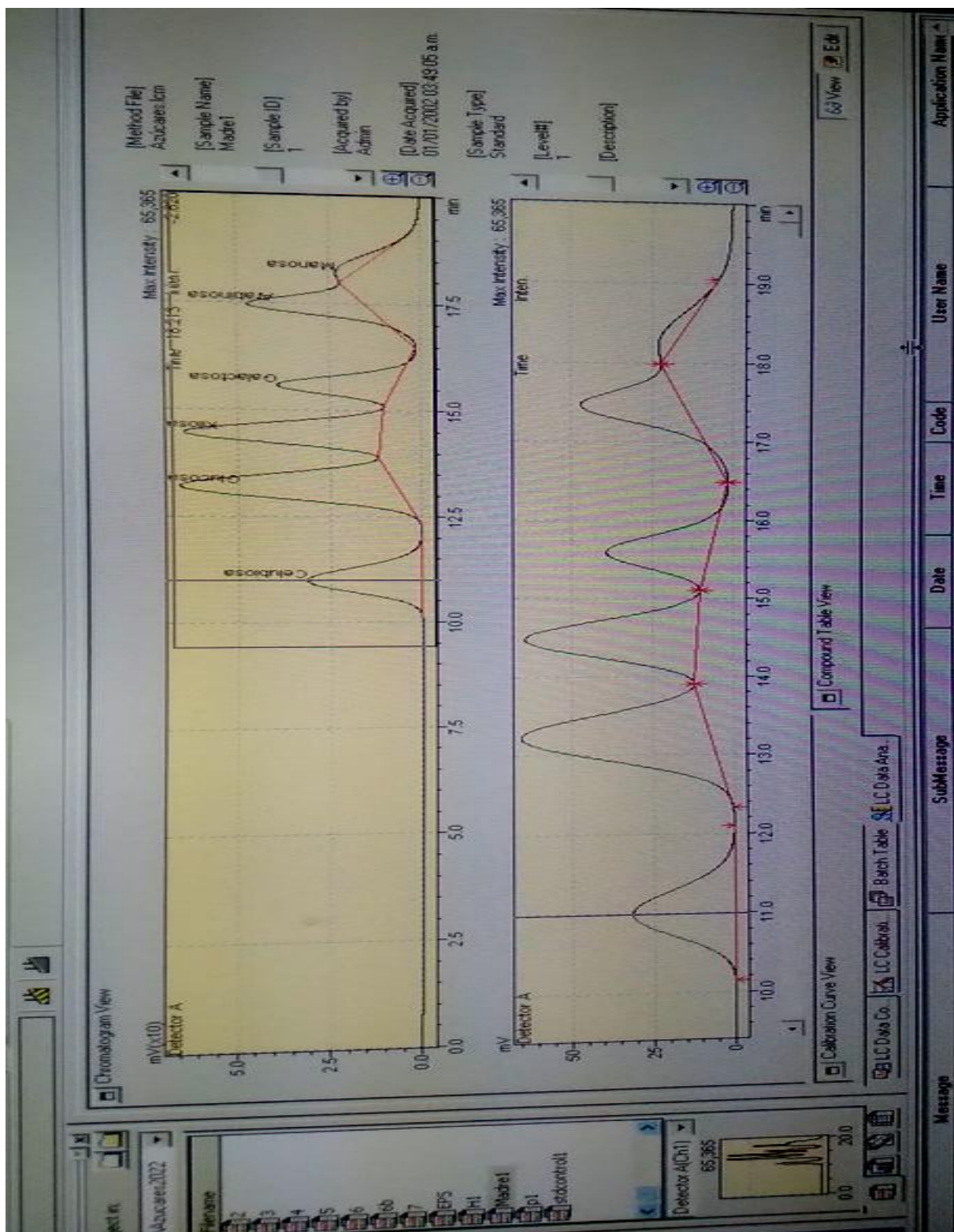
Figura Datos de las concentraciones de los Azúcares reductores establecidos para la curva de calibración



ID#	Name	Conc.	Units	Area	Height	T.Plate#	Ret. Time	Peak Start	Peak End	Peak#	Channel
1	Celubiosa	5.00100	g/L	1366387	31434	1436.719	10.992	10.150	12.092	1	Detector A - Ch1
2	Glucosa	10.00000	g/L	2305357	58374	2419.345	13.218	12.325	13.900	2	Detector A - Ch1
3	Xilosa	9.00000	g/L	1718338	52931	4241.762	14.473	13.900	15.108	3	Detector A - Ch1
4	Galactosa	5.00050	g/L	932244	31957	6008.298	15.588	15.108	16.492	4	Detector A - Ch1
5	Arabinosa	5.00200	g/L	880848	32067	8198.373	17.461	16.492	17.983	5	Detector A - Ch1
6	Manosa	5.00100	g/L	197535	4531	6395.326	18.203	17.983	19.050	6	Detector A - Ch1

Fuente: Laboratorio del IIDEPROQ

Figura Espectro los azucares reductores establecidos para la curva de calibración



Fuente: Espectro de HPLC

ANEXO C2

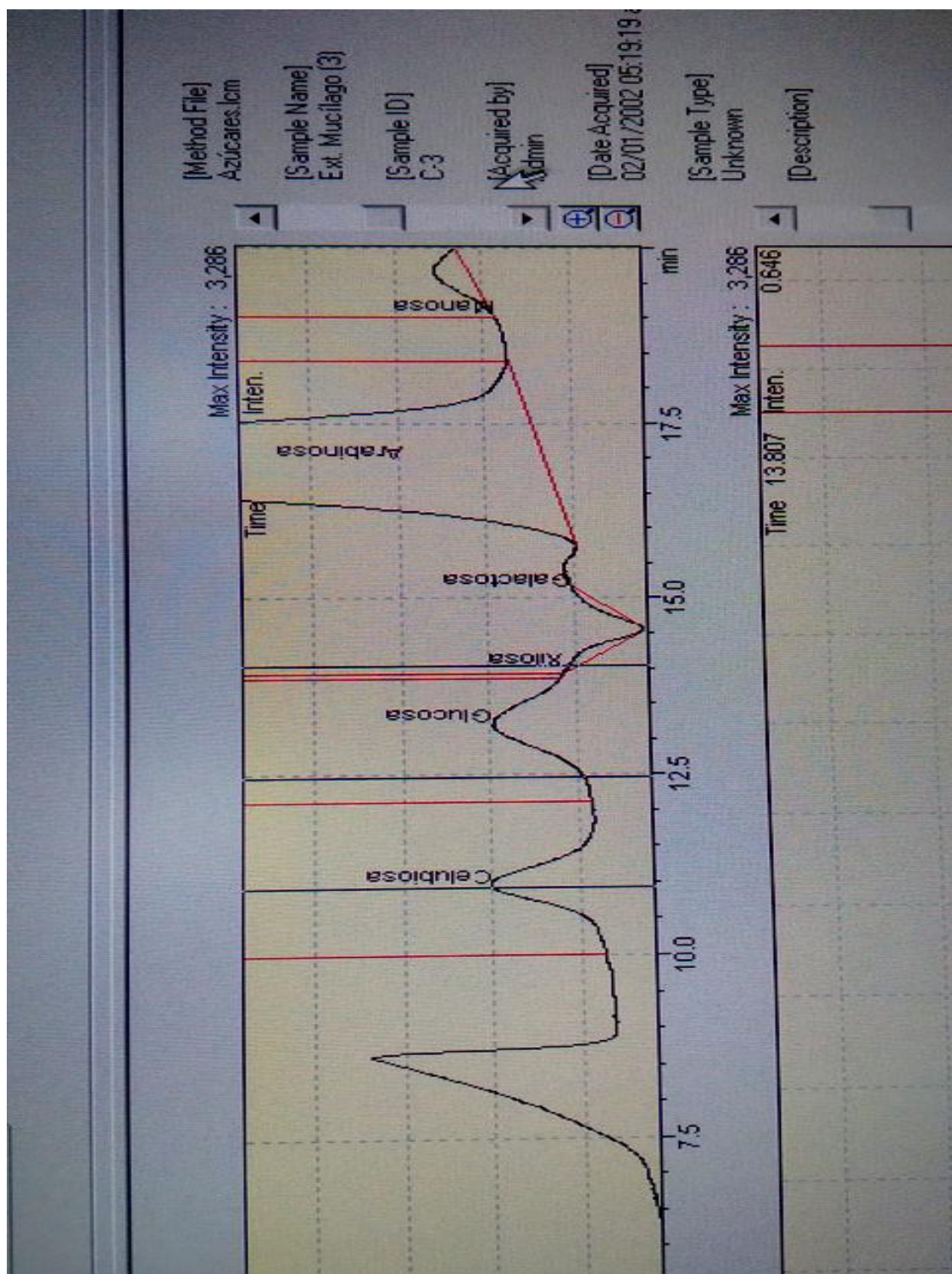
Figura Azúcares reductores evidenciados en la lectura de datos por el software en la muestra de mucílago de cactácea

Compound Table View

ID#	Name	Conc.	Units	Area	Height	T.Plate#	Ret. Time	Peak Start	Peak End	Peak#	Channel
1	Celubiosa	0.00000	g/L	-128182	-918	1.904	10.939	9.992	12.117	1	Detector A - Ch1
2	Glucosa	0.00000	g/L	-102027	-923	--	13.181	12.117	13.850	2	Detector A - Ch1
3	Xilosa	0.48322	g/L	513	5	9670.464	13.958	13.925	14.508	4	Detector A - Ch1
4	Galactosa	0.64619	g/L	386	8	12875.911	15.108	14.617	15.167	5	Detector A - Ch1
5	Arabinosa	0.61853	g/L	103215	3155	8490.639	16.932	15.750	18.367	6	Detector A - Ch1
6	Manosa	0.00000	g/L	-36291	-934	7.477	19.000	18.367	19.008	7	Detector A - Ch1
7	Xilitol	No peak is detected.									

Fuente: Elaboración propia

Figura: Espectro de los azúcares reductores del mucílago de cactácea



Fuente: Espectro de HPLC

ANEXO D

Ficha técnica del estabilizante comercial para helados de agua

<p>NUTRITION DIVISION Systems & Texturants systemsandtexturants@dupont.com www.danisco.com</p> <p>Página 1 / 3 Fecha de actualización: 17 de abril de 2018</p>		<p>DANISCO First you add knowledge</p>																			
<p>PRODUCT DESCRIPTION - PD 272204-4.0ES</p>		<p>Código del producto 6100918</p>																			
<p>CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE Stabiliser System</p>																					
<p>Descripción</p> <p>CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE es una mezcla de estabilizantes grado alimenticio cuidadosamente seleccionados.</p>		<p>Especificaciones microbiológicas</p> <p>(Métodos y análisis disponibles a petición) *: El cumplimiento de esta especificación se controla a través de pruebas periódicas sobre la base de un plan de muestreo definido. Este parámetro no se incluirá en nuestro certificado de análisis.</p> <table border="0"> <tr> <td>Recuento total en placa</td> <td>máx. 10.000 UFC/g *</td> </tr> <tr> <td>Levadura y moho</td> <td>máx. 500 UFC/g *</td> </tr> <tr> <td>Coliformes</td> <td>ausente en 0,1 g *</td> </tr> <tr> <td>Especies de Salmonella</td> <td>ausente en 25 g *</td> </tr> </table>		Recuento total en placa	máx. 10.000 UFC/g *	Levadura y moho	máx. 500 UFC/g *	Coliformes	ausente en 0,1 g *	Especies de Salmonella	ausente en 25 g *										
Recuento total en placa	máx. 10.000 UFC/g *																				
Levadura y moho	máx. 500 UFC/g *																				
Coliformes	ausente en 0,1 g *																				
Especies de Salmonella	ausente en 25 g *																				
<p>Areas de aplicación</p> <p>Paletas moldeadas</p>		<p>Especificaciones de metales pesados</p> <p>(Métodos y análisis disponibles a petición) *: El cumplimiento de esta especificación se controla a través de pruebas periódicas sobre la base de un plan de muestreo definido. Este parámetro no se incluirá en nuestro certificado de análisis.</p> <table border="0"> <tr> <td>Arsénico (As)</td> <td>máx. 3 mg/kg *</td> </tr> <tr> <td>Cadmio (Cd)</td> <td>máx. 1 *</td> </tr> <tr> <td>Plomo(Pb)</td> <td>máx. 5 mg/kg *</td> </tr> <tr> <td>Mercurio (Hg)</td> <td>máx. 1 mg/kg *</td> </tr> <tr> <td>Metales pesados (calculado como plomo)</td> <td>máx. 20 mg/kg *</td> </tr> </table>		Arsénico (As)	máx. 3 mg/kg *	Cadmio (Cd)	máx. 1 *	Plomo(Pb)	máx. 5 mg/kg *	Mercurio (Hg)	máx. 1 mg/kg *	Metales pesados (calculado como plomo)	máx. 20 mg/kg *								
Arsénico (As)	máx. 3 mg/kg *																				
Cadmio (Cd)	máx. 1 *																				
Plomo(Pb)	máx. 5 mg/kg *																				
Mercurio (Hg)	máx. 1 mg/kg *																				
Metales pesados (calculado como plomo)	máx. 20 mg/kg *																				
<p>Beneficios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retarda el crecimiento de cristales de hielo después de choque térmico • Adecuado para un pH bajo • Promueve excelente sensación de refrescancia y liberación de sabor. 		<p>Datos nutricionales</p> <p>(Valores aproximados para etiquetado nutricional por 100 g)</p> <table border="0"> <tr> <td>Energía</td> <td>81 / 330 kcal/kJ</td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td>3 g</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td>15 g</td> </tr> <tr> <td>- de los cuales, azúcares</td> <td>15 g</td> </tr> <tr> <td>Grasa</td> <td>1 g</td> </tr> <tr> <td>- de la cual saturada</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>Fibra</td> <td>67 g</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td>2400 mg</td> </tr> <tr> <td>Ácidos grasos</td> <td>no aplicable</td> </tr> </table>		Energía	81 / 330 kcal/kJ	Proteínas	3 g	Carbohidratos	15 g	- de los cuales, azúcares	15 g	Grasa	1 g	- de la cual saturada	0 g	Fibra	67 g	Sodio	2400 mg	Ácidos grasos	no aplicable
Energía	81 / 330 kcal/kJ																				
Proteínas	3 g																				
Carbohidratos	15 g																				
- de los cuales, azúcares	15 g																				
Grasa	1 g																				
- de la cual saturada	0 g																				
Fibra	67 g																				
Sodio	2400 mg																				
Ácidos grasos	no aplicable																				
<p>Dosis</p> <p>(Guía basada en el producto total, a menos que se indique lo contrario)</p> <table border="0"> <tr> <td>Paletas moldeadas</td> <td>0,2 - 0,3 %</td> </tr> </table>		Paletas moldeadas	0,2 - 0,3 %	<p>Instrucciones de uso</p> <p>CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE debe mezclarse con azúcar en una proporción de 1: 5 y añadirse lentamente a la mezcla bajo fuerte agitación.</p>																	
Paletas moldeadas	0,2 - 0,3 %																				
<p>Composición</p> <ul style="list-style-type: none"> • Goma guar - E412 • Carboximetilcelulosa Sódica - E466 • Goma xantana - E415 • Azúcar 		<p>Características</p> <table border="0"> <tr> <td>Forma</td> <td>Polvo</td> </tr> <tr> <td>Color</td> <td>Crema</td> </tr> </table>		Forma	Polvo	Color	Crema														
Forma	Polvo																				
Color	Crema																				
<p>Los datos que se incluyen en esta publicación son el resultado de nuestros propios trabajos de investigación y desarrollo y son fiables, a nuestro nivel de saber y entender. No obstante, los usuarios deberían realizar sus propios ensayos para determinar la adecuación de nuestros productos a sus objetivos concretos y la situación legal para el uso previsto. La información aquí recogida no debe considerarse como garantía alguna, expresa o implícita, y no se acepta responsabilidad alguna por infracciones de ninguna patente.</p>																					

PRODUCT DESCRIPTION - PD 272204-4.0ES

Código del producto 61009185

CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE

Stabiliser System

Almacenamiento

CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE debe almacenarse aislado de productos olorosos, bajo condiciones que no superen los 30°C de temperatura y el 80% de humedad.

La vida útil es de 24 meses a partir de la fecha de producción cuando almacenado cerrado, conforme indicado arriba y sin cualquier daño al empaque.

Embalaje

Bolsa de papel multifoliada con bolsa interna de polietileno de 25 kg, peso neto (55.1 lbs).

Pureza y legislación

CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE cumple las especificaciones establecidas por Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) y Food Chemicals Codex (FCC) cuando sean aplicables.

Deben siempre consultarse las regulaciones locales en materia de alimentación referentes a la situación de este producto, ya que la legislación sobre su uso puede variar de un país a otro.

Podemos facilitar más información sobre el estado legal de este producto a petición.

Seguridad y manipulación

Puede disponerse de hoja de seguridad a petición.

País de origen

Brasil

Certificación Kosher

CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE no tiene el certificado Kosher

Certificación Halal

No certificado

GMO

Las materias primas utilizadas en la producción de este producto no contienen o están compuestas por OGM, y no se produce a partir de OGM. De acuerdo con Decreto 4680/2003 y la IN 1/2004 de Brasil, OGM no necesitan ser declarados en la etiqueta de este producto.

Deben siempre consultarse las regulaciones locales en materia de alimentación referentes a la situación de este producto, ya que la legislación sobre su uso puede variar de un país a otro. Podemos facilitar más información sobre el estado legal de este producto a petición.

NUTRITION DIVISION
Systems & Texturants
systemsandtexturants@dupont.com
www.danisco.com

Página 3 / 3

Fecha de actualización: 17 de abril de 2018

DANISCO
First you add knowledge

PRODUCT DESCRIPTION - PD 272204-4.0ES

Código del producto 610091

CREMODAN® 5028 BR SORBETLINE
Stabiliser System

Alergénicos

Tabla abajo indica la presencia (como componente añadido) de los siguientes alérgenos y sus derivados de acuerdo con la RDC Brasil - 26/2015:

Si	No	Alergénicos	Descripción de los componentes
	X	Crustáceos	
	X	Huevos	
	X	Pescado	
	X	Cacahuets	
	X	Soja	
	X	Leche (incluida la lactosa)	*
	X	Frutos de cascara	
	X	Apio	*
	X	Mostaza	*
	X	Granos de sésamo	*
	X	Anhidrido sulfuroso y sulfitos (>10 mg/kg)	
	X	Altramuces	*
	X	Moluscos	*
	X	Cereales que contengan gluten	*
	X	Látex natural	
	X	Leche de todas las especies de animales mamíferos	
	X	Trigo, centeno, cebada, avena y sus cepas híbridizadas	

Fruto de cascara incluyen: Almendra, Avellana, Castaña de cajón, Nuez de Brasil, Macadamias, Nueces, Pecanas, Pistachos, Castañas y Pinoli

Deben siempre consultarse las regulaciones locales en materia de alérgenos de este producto, ya que la legislación sobre su uso puede variar de un país a otro.

* Alergénico no enumerado en la Brasil RDC 26/2015

Información adicional

USO ALTERNATIVO: Desconocido.
Producto indicado solamente para el uso descrito en el artículo "Áreas de aplicación".

ANEXO E**Efecto de la variación de la temperatura en la viscosidad del mucílago y el estabilizante comercial:**

Tabla: Resultados de la viscosidad del mucílago respecto al cambio de temperatura

N°	T °C	Viscosidad (mPa*s)
1	22	7,05
2	60	5,49
3	86	5,23
4	121	5,18

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Resultados de la viscosidad del estabilizante comercial respecto al cambio de temperatura

N°	T °C	Viscosidad (mPa*s)
1	22	252
2	60	195
3	86	189
4	121	148

Fuente: Elaboración propia

Efectos de la variación de pH en la viscosidad del mucílago y el estabilizante comercial:

Tabla: Resultados de la viscosidad del mucílago respecto al cambio de pH

N°	pH	Viscosidad (mPa*s)
1	5,05	7,05

2	3,35	4,8
3	2,93	4,79
4	2,70	4,49

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Resultados de la viscosidad del estabilizante comercial respecto al cambio de pH

N°	pH	Viscosidad (mPa*s)
1	6,05	147
2	3,07	42,4
3	2,83	29,2

Fuente: Elaboración propia

ANEXO F

APLICACIÓN DEL MUCILAGO EN HELADO DE AGUA

1. Pruebas de estimación de la cantidad a añadir de mucílago en helado de agua

Tabla de estimación de la cantidad a añadir de mucílago

0,0024%		0,046%		0,076%	
t (min)	M1 (g)	t (min)	M2 (g)	t (min)	M3 (g)
0	53,978	0	53,949	0	53,563
8	53,634	12	53,659	8,5	53,122
11	52,171	17	52,561	11	52,403
15	50,023	22	50,609	15	51,135
20	47,698	27	48,742	20	49,188
25	0	30	46,606	25	46,954
30	0			30	43,695

Fuente: Elaboración propia

Tabla de comparación del mucilago con el estabilizante comercial como estabilizante en helado de agua

0%		25%		50%		75%		100%	
t (min)	M1 (g)	t (min)	M2 (g)	t (min)	M3 (g)	t (min)	M4 (g)	t (min)	M4 (g)
0	53,652	0	54,098	0	53,567	0	53,845	0	53,102
14,5	53,295	20	53,921	15	53,395	13,5	53,101	12,5	52,702
19,5	52,906	21	53,656	17	53,192	18	52,839	15	52,24
22	52,453	23	53,377	19	52,892	20	52,719	19	51,516
24	52,001	25	53,148	21	52,699	23	52,610	21	50,551
26	51,434	27	52,678	25	52,355	27	52,351	25	49,729
30	51,014	30	52,021	30	51,973	30	51,537	30	48,982

Fuente: Elaboración propia

APLICACIÓN DEL MUCÍLAGO EN HELADO DE CREMA

2. Pruebas de estimación de la cantidad a añadir de mucílago en helado de crema

Tabla de estimación de la cantidad a añadir de mucílago en helado de crema

0,0128%		0,0215%		0,0303%	
t (min)	M1 (g)	t (min)	M2 (g)	t (min)	M3 (g)
0	41,745	0	40,209	0	41,942
10	40,032	14	40,001	13,5	41,725
13	39,905	16	39,007	16	41,292
15	39,624	18	37,779	19	39,352
18	38,433	20	36,232	21	38,953
20	37,641	22	35,472	23	36,885
22	36,192	24	34,352	25	34,903
24	35,093	26	32,933	27	33,369
26	33,94	28	31,494	30	30,489
28	32,794	30	30,524		
30	31,004				

Fuente: Elaboración propia

Tabla de comparación del mucílago con un estabilizante comercial en helado de crema

0%		50%	
t (min)	M1 (g)	t (min)	M2 (g)
0	110,04	0	111,33
9,5	109,734	13	110,48
16	109,55	18	110,04

19	108,84	20	109,48
21	108,20	22	109,12
23	107,54	24	108,45
25	106,38	26	107,28
27	105,11	28	106,6
30	103,32	30	105,43

Fuente: Elaboración propia

ANEXO G**TABLA DE DEGUSTACIÓN**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**ANÁLISIS SENSORIAL
DEGUSTACIÓN DE PRODUCTO**

TIPO DE PRODUCTO: HELADO DE CREMA SABOR PIÑA

GÉNERO: ____F____M

SEGÚN LA ESCALA MOSTRADA, CALIFIQUE LAS MUESTRAS “095A” Y “087B”:

ESCALA	PUNTAJE
ME GUSTA MUCHO	5
ME GUSTA MODERADAMENTE	4
ME ES INDIFERENTE	3
ME GUSTA POCO	2
NO ME GUSTA	1

MUESTRA	AROMA	SABOR	DULZOR	TEXTURA	APARIENCIA	¿PREFIERE 095A o 087B?
095A						
087B						

Copa Apaza, Carmen Rosa

carmencopa211@gmail.com

Celular: 78787728

REGISTRADO EN SENAPI, DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS

RESOLUCION ADMINISTRATIVA NRO. 1-2462/2023

La Paz – Bolivia



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA
MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2462/2023
La Paz, 7 de Septiembre del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **1 de Septiembre del 2023**, por **CARMEN ROSA COPA APAZA** con C.I. N° **8310780 LP**, con número de trámite **DA 1285/2023**, señala la pretensión de la inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL MUCILAGO DE CACTÁCEA (Lobivia Pentlandii) COMO UNA ALTERNATIVA DE USO ALIMENTARIO"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4° del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26° inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 55,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Williams.
Telf.: 2152700
2152718 - 2152731

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijano,
N° 39, Edif. Bicentenario.
Telf.: 3277932 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Arcelesena.
Telf.: 6444473 - 72042937

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Lda. Piso 2, Of. 58,
Zona 16 de Julio.
Telf.: 2143001 - 72043029

Oficina - Oruro
Calle Kidómetro 7, N° 366
casi esq. Urotolaguita,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calle Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 343.
Telf.: 72015886

Oficina - Oruro
Calle 4 de Octubre N° 589
entre Ayacucho y Junín,
Galena Central, Of. 14.
Telf.: 67222283

Oficina - Potosí
Av. Wilfredo entre calles
Wenceslao Albo y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 262,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018184

www.senapi.gob.bo



MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ..."*, por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL MUCILAGO DE CACTÁCEA (Lobivia Pentlandii) COMO UNA ALTERNATIVA DE USO ALIMENTARIO"**, a favor de la autora y titular: **CARMEN ROSA COPA APAZA** con C.I. Nº **8310780 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.




Abg. Carlos Alberto Sofuico Arroyo
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

CASA/ata
c.c.Arch.



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esp. Urugua y
C. Batallón Hiland.
Telf.: 219300
219326 - 219351

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telf.: 310952 - 3104996

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 731,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telf.: 6144493 - 7104957

Oficina - O Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Lda. Piso 2, Of. 58,
Zona 16 de Julio.
Telf.: 214101 - 7104309

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
cas. esp. Uruguaigua,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 71005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avenida
Edif. Santa Cruz, N° 263.
Telf.: 71005886

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre N° 5199
entre Aguiucho y Junín,
Galería Central, Of. 14.
Telf.: 6700488

Oficina - Potosí
Av. Willemín entre calles
Blanca y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 262,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 7100486

www.senapi.gob.bo