

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL



**OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA, DE LA RAÍZ
DE DALIA (*Dahlia Coccinea Cav.*) COSECHADA EN EL
MUNICIPIO DE ACHOCALLA**

Proyecto de grado presentado para obtener el Grado de Licenciatura en Química Industrial

POR: MIDORY KATTY CHIPANA CHAMBILLA

TUTOR: RÓMULO GEMIO SIÑANI PhD.

COTUTORA: LIC. PATRICIA DUCHEN URIARTE

La Paz- Bolivia

2022

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

DEDICATORIA

A mi madre quien demostró un amor incondicional por sus hijos a través de su inquebrantable sacrificio y esfuerzo, por ser mi mejor amiga y brindarme palabras de aliento en el momento adecuado, te amo mamá.

AGRADECIMIENTO

Con infinito amor a DIOS por haberme dado el hermoso don de la vida y haberme permitido llegar hasta este punto de la vida, por permitirme ver el comienzo de un nuevo día y respirar el aire fresco de la mañana, por darme su amor, consuelo, sabiduría, entendimiento y esperanza, las cuales hicieron de mí una persona firme llena de sueños, porque siempre camino conmigo y no me abandono en los momentos de tristeza y alegría, gracias Dios mío por darme un hogar en la que he vivido los mejores momentos de mi vida.

A mi familia por la confianza, consejos, valores, apoyo moral y económico, que siempre me brindaron, porque en el trascurso de mi formación profesional nunca me abandonaron.

A la universidad por abrirme sus puertas y haberme dado valores éticos, morales y conocimientos académicos, que hicieron de mí una persona profesional.

Al Dr. Rómulo Gemio, que ha sido el impulsor de este Proyecto desde el principio, por ser tan paciente en todo momento, no puedo agradecer lo suficiente su apoyo, creatividad y ayuda.

A la Lic. Eliana Duchén Uriarte por su apoyo, enseñanza y asesoramiento al trabajo de investigación.

A ti que te das la oportunidad de leer estas líneas.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Resumen

La dalia (*Dahlia coccinea* Cav.) es una planta que ha sido cultivada y mejorada genéticamente con fines ornamentales; no obstante, su sistema radical almacena carbohidratos de reserva bajo la forma de inulina y otros fructanos. La inulina forma parte de la fibra dietética de diversos vegetales, y es considerada como un compuesto prebiótico.

El objetivo de este estudio es proponer un método simple de extracción de inulina de la raíz de dalia bajo tres factores controlados que son la relación pulpa/agua, tiempo y temperatura para posteriormente aplicar la inulina obtenida en la elaboración de helados. Para este fin se recolecto tubérculos de dalia de cultivo del Municipio de Achocalla, los cuales fueron sometidos a un proceso de extracción sólido-líquido, utilizando agua como solvente y etanol como solvente de cristalización, el proceso de extracción que se llevó a cabo bajo los siguientes niveles 1:10,1:5 [g raíz /ml agua] en relación raíz/agua; 45,60 minutos en tiempo y 50, 71 y 80 [°C] en temperatura, estos factores fueron evaluados para determinar el mejor tratamiento de extracción de inulina expresado en porcentaje de rendimiento el cual fue 15.94% en 320 g de materia prima, siendo la combinación óptima de extracción a una temperatura de 80 °C durante 45 minutos a una relación pulpa/agua 1:10, la influencia del pH resultó no significativa para este mismo propósito. Se recomienda realizar un estudio respecto al tiempo de cosecha de la raíz (antes o después de la floración), la especie de la planta, el clima, para así obtener un mayor rendimiento de inulina.

ÍNDICE

CAPITULO I

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	2
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1	ÁRBOL DE PROBLEMAS	6
4	OBJETIVOS	7
4.1	OBJETIVO GENERAL	7
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
5	JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO	7
5.1	JUSTIFICACIÓN SOCIAL	7
5.2	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	8
5.3	JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA	8
6	MARCO TEÓRICO	9
6.1	LA DALIA	9
6.1.1	<i>Nombres Comunes</i>	10
6.1.2	<i>Caracterización de la Planta</i>	10
6.1.2.1	Tallo	10
6.1.2.2	Hoja	11
6.1.2.3	Flor	11
6.1.2.4	Raíz	11
6.1.2.4.1	Composición Química de la Raíz	11
6.2	POLISACÁRIDOS NO ALMIDÓN: INULINA	12
6.2.1	<i>Inulina</i>	14
6.2.1.1	Historia	14
6.2.1.2	Estructura Química de Fructanos Tipo Inulina	14
6.2.1.3	Fuentes de Inulina	16
6.2.1.4	Beneficios Nutricionales de la Inulina	16
6.2.1.5	Aplicación en Alimentos	19
6.2.1.6	Aspectos Reglamentarios	26

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

7	MARCO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS	27
7.1	MATERIAL VEGETAL	27
7.1.1	<i>Obtención e Identificación de la Muestra</i>	27
7.2	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS	29
7.2.1	<i>Equipos</i>	29
7.2.2	<i>Materiales</i>	30
7.2.3	<i>Reactivos</i>	31
7.3	PRUEBAS CUALITATIVAS	32
7.3.1	<i>Ensayo de Dragendorff</i>	34
7.3.2	<i>Ensayo de Mayer</i>	35
7.3.3	<i>Ensayo de Wagner</i>	35
7.3.4	<i>Ensayo de Cloruro Férrico</i>	35
7.3.5	<i>Ensayo de Shinoda</i>	36
7.3.6	<i>Ensayo de Fehling</i>	36
7.4	OBTENCIÓN DE LA INULINA	38
7.5	OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LA RAÍZ DE DALIA	40
7.5.1	<i>Influencia del Tiempo en la Extracción</i>	40
7.5.2	<i>Influencia de la Temperatura en la Extracción</i>	40
7.5.3	<i>Influencia de la Relación Pulpa /Agua</i>	40
7.6	DETERMINACION DE AZUCARES TOTALES POR EL METODO FENOL SULFURICO	48
7.6.1	<i>Preparación</i>	48
7.6.2	<i>Preparación de la Curva de Calibración</i>	48
7.6.3	<i>Preparación de la Muestra</i>	52
7.6.4	<i>Comparación de % de Glúcidos de la Dalia extraída con muestras de Penca de Tuna y Hongo</i>	59
7.7	RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE INULINA	61
7.8	CARACTERIZACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA FT-IR	64
7.9	APLICACIÓN DE LA INULINA EN LA ELABORACIÓN DE HELADO	65
7.9.1	<i>Helado de Agua (Inulina como Sustituto de Azúcar)</i>	65
7.9.2	<i>Helado de Leche (Inulina como Sustituto de Grasa)</i>	71
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
8.1	CONCLUSIONES	79

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

8.2	RECOMENDACIONES	81
9	BIBLIOGRAFÍA	82
10	ANEXOS	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de Inulina	4
Tabla 2. Composición físico-química de los tubérculos de Dalia (<i>Dahlia hortorum</i>)	12
Tabla 3. Clasificación de los polisacáridos no almidón	13
Tabla 4. Contenido promedio de Inulina en diferentes especies vegetales	16
Tabla 5. Aplicación de Inulina en Alimentos	20
Tabla 6. Revisión Bibliográfica acerca del uso de Inulina en Helados	23
Tabla 7. Lista de Equipos	29
Tabla 8. Lista de Materiales	30
Tabla 9. Lista de Reactivos	31
Tabla 10. Pruebas Cualitativas al Extracto de Raíces	37
Tabla 11. Optimización de la extracción de Raíz de Dalia para determinar los mejores parámetros	41
Tabla 12. Extractos de Raíz de Dalia obtenidos a distintos parámetros de temperatura y tiempo.....	42
Tabla 13. Masa de Extracto obtenido para las distintas muestras	43
Tabla 14. Volúmenes para determinación de Azúcares totales por el Método Fenol-Sulfúrico.....	50
Tabla 15. Datos obtenidos en la curva de calibración	55
Tabla 16. Absorbancias de las muestras.....	56
Tabla 17. Datos obtenidos de la muestra de Penca de Tuna	59
Tabla 18. Datos obtenidos de la muestra de Hongos.....	60
Tabla 19. Comparación de inulina obtenida de raíces de dalia con penca de tuna y hongos	61
Tabla 20. Propiedades observadas en la Inulina extraída de Dalia	63
Tabla 21. Formulación original para elaboración de helado de Frutas	65
Tabla 22. Formulación original para elaboración de helado de leche.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inflorescencias de Dalia.....	9
Figura 2. Raíces de Dalia	10
Figura 3. Estructura química de la inulina	15
Figura 4. Municipio de Achocalla.....	28
Figura 5. Cultivo de Dalias en el Municipio de Achocalla	28
Figura 6. Proceso de secado de las Raíces Tuberosas de Dalia	29
Figura 7. Esquema de pruebas cualitativas	33
Figura 8. Procedimiento para Preparación de la Muestra	34
Figura 9. Procedimiento para obtención de Inulina	39
Figura 10. Suspensión del Producto en agua Destilada	41
Figura 11. Extractos Obtenidos de las Raíces Tuberosas de Dalia	42
Figura 12. Influencia de la temperatura y el tiempo en la extracción	43
Figura 13. Muestra Seca de Raíces Tuberosas de Dalia	44
Figura 14. Molido de Muestra.....	45
Figura 15. Suspensión del producto molido en agua destilada	45
Figura 16. Proceso de Filtración	46
Figura 17. Filtración al Vacío	46
Figura 18. Precipitación de Inulina con alcohol.....	47
Figura 19. Secado del producto obtenido.....	47
Figura 20. Inulina seca obtenida	48
Figura 21. Reacción de Glucolisis.....	51
Figura 22. Patrones para la curva de calibración	51
Figura 23. Procedimiento para la Preparación de la Muestra	52
Figura 24. Muestras preparadas por triplicado.....	53
Figura 25. Espectrofotómetro BIOCHROM	53
Figura 26. Barrido de la muestra patrón de concentración 60 µg/mL	54
Figura 27. Curva de calibración de la inulina	55
Figura 28. Diluciones realizadas a la muestra.....	57

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 29. Inulina Obtenida	62
Figura 30. Espectrofotometría de la Inulina Extraída de las Raíces de Dalia	64
Figura 31. Proceso de elaboración de Helado de Agua sabor maracuyá	66
Figura 32. Licuado de Fruta	69
Figura 33. Filtrado de la pulpa	69
Figura 34. Mezcla de ingredientes	69
Figura 35. Pasteurización de la Mezcla.....	70
Figura 36. Endurecimiento de la Mezcla	70
Figura 37. Helados de Fruta sabor Maracuyá obtenidos	70
Figura 38. Proceso de elaboración de Helado de Leche sabor arándano	72
Figura 39. Mezcla y Homogenización de Ingredientes	75
Figura 40. Pasteurización de la Mezcla.....	76
Figura 41. Maduración de la Mezcla.....	76
Figura 42. Batido y Congelamiento de la Mezcla.....	76
Figura 43. Endurecimiento de la Mezcla	77
Figura 44. Obtención del Helado de Leche.....	77

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Lavado de las Raíces de Dalia	87
ANEXO 2: Precipitado de la Inulina	87
ANEXO 3: Ajuste del pH	88
ANEXO 4 Purificación del precipitado de Inulina	88
ANEXO 5: Extracto de Inulina antes y después del proceso de secado	89
ANEXO 6: Pruebas Cualitativas-Reacciones en el extracto acuoso	89
ANEXO 7: Ensayo de Dragendorf	90
ANEXO 8: Ensayo de Mayer	90
ANEXO 9: Ensayo de Wagner	91
ANEXO 10: Ensayo de Cloruro Férrico.....	91
ANEXO 11: Ensayo de Shinoda.....	92
ANEXO 12: Ensayo de Fehling	92
ANEXO 13: Matraces aforados de 100 mL con muestras patrón	93
ANEXO 14: Tubos de ensayo con muestra de Hongo y Penca de Tuna.....	93
ANEXO 15: Equipo Spectrum BX FT-IR System	94
ANEXO 16: Espectro de IR de inulina patrón	95
ANEXO 17: Espectro IR de inulina de penca de tuna.....	95

CAPÍTULO I

1 Introducción

Bajo el nombre de dalia se designa a un conjunto de especies de plantas herbáceas perennes que pertenecen a la Familia Asteraceae, y que son originarias de México y Guatemala (Sorensen, 1970). Todas ellas se agrupan en el género *Dahlia* Cav. y las especies más comunes son *Dahlia coccínea* Cav., *Dahlia pinnata* Cav. Y *Dahlia variabilis* (Wild.). Según el censo agropecuario de Bolivia de 2013, solo se cultiva 5 hectáreas en todo el territorio del estado, con 16,2 toneladas de producción de flores. No hay datos sobre la producción de tubérculos o raíces de esta planta ornamental.

Achocalla es la tercera sección municipal de la Provincia de Pedro Domingo Murillo en el departamento de La Paz, se halla a un promedio de 3750 metros sobre el nivel del mar. En este municipio se cultiva la dalia en forma artesanal, existiendo también brotes silvestres en abundancia.

La Dalia es una planta cuya flor ornamental es comercialmente distribuida por Bolivia al ser apreciada por su belleza y variedad; pero también esta planta conserva en sus raíces inulina, que es un polisacárido, que también se encuentra en otras plantas, como cereales y granos, con altas propiedades benéficas para la salud humana, la cual está siendo aprovechado en otros países. Los principales beneficios de la inulina en la salud humana son: Ayuda a controlar la diabetes mejora en la absorción de minerales, es prebiótica, anticancerígena, mejora la absorción de lípidos.

La aplicación de inulina tiene importantes beneficios tecnológicos, principalmente en las industrias de alimentos y farmacéutica. En formulaciones de alimentos mejora las propiedades organolépticas, además de ser un buen sustituto de grasas sin modificar las texturas, lo que permite un mejor sabor y sensación en la boca de una variedad de productos, mencionando algunos como lácteos fermentados, confites, chocolates, bebidas,

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

postres congelados, cereales para el desayuno, barras energéticas, cárnicos, productos de baja cantidad en grasas o azúcares debido a la baja cantidad de calorías que proporciona, preparaciones de frutas y jarabe de fructosa. Es utilizado como estabilizador y excipiente en formulaciones de medicamentos debido a su alta afinidad con múltiples componentes, es fórmula de varios productos nutricionales. Además, en la industria cosmetológica y química, se han realizado estudios como aditivo de tensoactivos, como coagulante en el tratamiento de agua, producción de alcohol, base para elaborar carboxi-inulina como anticorrosivo, de las que se pueden destacar.

Entonces al ser la Dalia una planta muy benéfica y que crece de manera silvestre en el Municipio de Achocalla, se procedió a cuantificar la cantidad de inulina que contenían sus raíces, llevándose a cabo un Método de Extracción sólido-líquido.

2 Antecedentes del Estudio

En 1804 un científico alemán Rose aisló por primera vez una sustancia peculiar de una planta utilizando agua caliente. Esa planta fue *Inula helenium* y la sustancia fue llamada después inulina por Thomson en 1818. El alemán fisiólogo botánico Julius Sachs fue el pionero que investigando los fructanos y, usando solo un microscopio, pudo descubrir los cristales esféricos de inulina en tuberosas de *Helianthus helenium* de *Inula* después de la precipitación con etanol.

Aunque hoy, la achicoria es la más usada para la producción industrial de inulina, se ha buscado otras materias primas que puedan abastecer su producción. La primera referencia de la achicoria como consumo por los humanos fue hecho por Padanos Dioscoride quien, como médico en el ejército romano, alabo la planta por sus beneficiosos efectos en el estómago, hígado y riñones.

Kulz informo en 1874 que ningún azúcar aparecía en la orina de diabéticos que consumieron 50 a 120 gramos de inulina por día, y a finales del siglo XIX el alimento de los pacientes diabéticos con pura inulina en dosis de 40 a 100 gramos diariamente fue reportado ser mucho más beneficioso.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Los primeros estudios de los efectos de la inulina en la salud humana fueron llevados a cabo a inicios del siglo XX, aunque la inocuidad de inulina se demostró algunos años después con Shannon y Smith en el año 1935 cuando uno de los autores se inyectó intravenosamente 160 gramos de inulina.

Hoy, la inulina es aceptada como un aditivo de alimentos por gobiernos de nueve países europeos (Bélgica, Dinamarca, Francia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, España, Suecia, y Suiza) y Japón.

La inulina es un polvo blanco, higroscópico, insípido e inodoro cuyo punto de fusión es 165°C y con un peso específico de 1.356. El yodo le da un color amarillo que lo distingue del almidón, también es insoluble en agua fría y alcohol, pero soluble en agua caliente y se precipita en refrigeración (cristalización). Al calentarlo en ácidos diluidos, esta se transforma en fructuosa, y en sus productos intermediarios. Los fermentos como, diastasas, levadura, emulsiones y la saliva, tienen un ligero efecto en su hidrolisis y forman azúcar, el cual aumenta la flora intestinal y no aporta calorías. Su solución en agua hirviendo produce su rotación (izquierda) del rayo de luz polarizada. Se cree que la solubilidad de la inulina varía de acuerdo a las condiciones de cosecha de las raíces de la dalia, así a principios de octubre la inulina obtenida está caracterizada por un alto porcentaje del contenido de inulina que puede llegar al doble.

A inicios de la década pasada se obtenía inulina de la patata (*Helianthus tuberosus*) y de la achicoria (*Cichorium intybus*), permaneciendo esta última como materia prima más común para la producción industrial (Madrigal & Sangronis, 2007), existiendo además otras fuentes de inulina, pero con menores rendimientos.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Tabla 1. Fuentes de Inulina

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FRUCTANO	g/100g DE MATERIA SECA
Cichorium intybus	Achicoria	Inulina	79
Helianthus tuberosus	Topinambur	Inulina	76
Dahlia spp	Dahlia	Inulina	59
Smallanthus sonchifolius	Yacon	Frutó- oligosacárido	27
Allium sativum	Ajo	Inulina	29
Allium porrum	Cebolla	Inulina	48
Allium porrum	Ajo puerro	Inulina	37

Nota. Contenido de inulina en distintas especies vegetales. Tomado de Mombelli,2005.

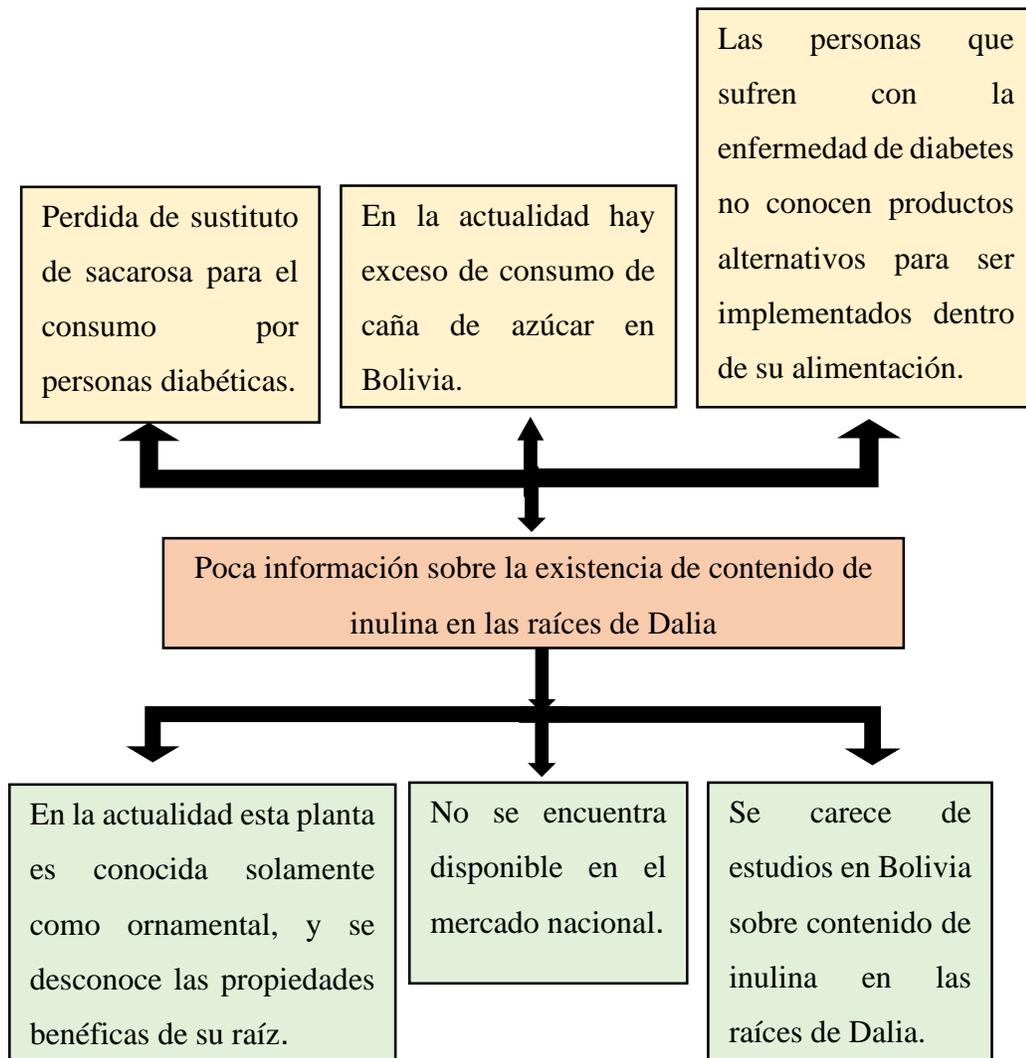
La inulina tiene muchas aplicaciones en la industria de alimentos por sus efectos benéficos por ser una fibra con propiedades prebióticas. Las fibras de alimentos son los sacáridos que no son hidrolizados ni absorbidos en la parte superior del sistema digestivo humano. Las enzimas digestivas del cuerpo humano no descomponen los enlaces β -(2-1) entre la fructosa de las moléculas de inulina y oligofruktosa (Flamm, 2001). Algunos estudios demostraron que la inulina y la oligofruktosa alcanzan el colon prácticamente intacto. Ellos se fermentan por los microorganismos específicos del colon, lo que estimula su crecimiento (Barclay, 2010).

3 Planteamiento del Problema

La mayor parte de la población boliviana son atacados por enfermedades no transmisibles entre ellas la diabetes que constituye la principal causa de muerte y discapacidad en el mundo, las principales causas de la diabetes son el sobrepeso, obesidad, sedentarismo y malos hábitos de alimentación. Esta enfermedad ocasiona trastornos metabólicos debido al aumento de nivel de glucosa en la sangre, el beneficio de la inulina es que equilibra los niveles de azúcar de nuestro organismo por su aporte calórico. Nuestro país no está al margen de esta realidad, pues con el transcurrir de los años hemos ingresado en el proceso conocido como transición epidemiológica, con una creciente importancia de las enfermedades crónicas no transmisibles siendo la diabetes la cuarta causa de muerte.

Los azúcares comestibles por digestión se desdoblán en sacarosa, su consumo excesivo ocasiona esta enfermedad conocida como diabetes, en el presente trabajo se propone obtener inulina a base de las raíces de dalia el cual es un tubérculo poco conocido y utilizado en la obtención de azúcares que no causan este tipo de enfermedades.

3.1 Árbol de Problemas



4 Objetivos

4.1 Objetivo General

Obtener inulina de altura, de la raíz de dalia (*Dahlia Coccinea Cav.*) cosechada en el municipio de Achocalla.

4.2 Objetivos Específicos

- Recolectar los tubérculos de Dalia para su respectiva identificación.
- Desarrollar un método de extracción de Inulina de las raíces tuberosas de Dalia (*Dahlia Coccinea Cav.*) bajo condiciones de laboratorio.
- Determinar el efecto de la temperatura y tiempo de maceración de las raíces de dalia sobre la eficiencia de la extracción de inulina.
- Caracterizar la inulina por métodos espectrofotométricos (UV-VIS e I.R.) para determinar su pureza.
- Aplicar la Inulina obtenida en un alimento funcional (helado de agua y helado de leche).

5 Justificación de Estudio

5.1 Justificación Social

Para el municipio de Achocalla la dalia (*Dahlia Coccinea Cav.*) es una planta que ha sido cultivada con fines ornamentales; no obstante, su sistema radical almacena carbohidratos de reserva bajo la forma de inulina y otros fructanos. La inulina forma parte de la fibra dietética de diversos vegetales que el ser humano consume regularmente: en frutas como el plátano, en cereales como el trigo, y el ajo, además es considerada como un compuesto prebiótico, razón por la cual es de gran beneficio para la salud y buena calidad de vida del ser humano.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

El presente trabajo tiene la finalidad de difundir el tubérculo de dalia (*Dahlia Coccinea Cav.*) como una fuente de inulina que podría reemplazar a la sacarosa, por eso se propone un método de extracción y su aplicación en la elaboración de alimentos, con esto se lograría beneficiar a la población del municipio de Achocalla que se dedica a la agricultura, dando así una alternativa de diversificar su agricultura.

5.2 Justificación Económica

El interés de alternativas en el consumo de otros azúcares más benéficos para el ser humano hace de este proyecto de grado un aporte importante, ya que se brinda los conocimientos suficientes acerca un órgano tradicionalmente no comercializado los tubérculos de Dalia, y de esta forma incentivar el cultivo de esta especie vegetal y diversificar los ingresos económicos de los agricultores de esta región.

5.3 Justificación Tecnológica

Los resultados experimentales a nivel laboratorio servirán de base para implementar una posible planta piloto de extracción de inulina de este tubérculo.

CAPITULO II

6 Marco Teórico

6.1 La Dalia

Las Dalias pertenecen a la familia de las compositae que son Plantas herbáceas o arbustivas, rara vez arbóreas o trepadoras; hojas opuestas o alternas, en ocasiones todas radicales, sin estípulas; flores por lo general pequeñas, agrupadas por muchas o pocas en cabezuela, dispuestas sobre un receptáculo y en muchos casos acompañadas cada una por una bráctea individual o pálea, el conjunto rodeado por fuera por una o varias series de brácteas que constituyen el involucre; flores hermafroditas, unisexuales o estériles, actinomorfas o zigomorfas (Calderón y Rzedowski ,2005).

El género Dalia o Dahlia, herbáceas perennes o subfrutescentes, a veces epifitas o trepadoras; con tubérculos fasciculados o con la raíz subterránea tuberosa y engrosada (Calderón y Rzedowski ,2005).

Figura 1. Inflorescencias de Dalia



Nota.Dalias de cultivo del Municipio de Achocalla.Elaboración propia

Figura 2. Raíces de Dalia



Nota.Elaboración propia

6.1.1 Nombres Comunes

Existen muchas variedades de Dalias, pero a todas ellas se les conoce comúnmente como "dalia"

6.1.2 Caracterización de la Planta

6.1.2.1 Tallo

Tallos erectos, rara vez trepadores, frecuentemente no ramificados excepto en la porción floral o a veces desde la base (Calderón y Rzedowski ,2005).

6.1.2.2 Hoja

Hojas opuestas o verticiladas, simples a tripinnado-compuestas, frecuentemente con estipelas; cabezuelas grandes o a veces de tamaño mediano, solitarias o irregularmente paniculadas, sobre pedúnculos largos (Calderón y Rzedowski ,2005).

6.1.2.3 Flor

Flores liguladas estériles, blancas o moradas, amarillas o rojas; flores del disco hermafroditas, fértiles, tubulosas, amarillas o moradas (todas o algunas reemplazadas por flores liguladas en muchas formas hortícolas), ramas del estilo linear-lanceoladas y dorsahmente aristadas (Calderón y Rzedowski ,2005).

6.1.2.4 Raíz

Raíces tuberosas; brácteas involúcras exteriores carnosas (con la superficie ligeramente arrugada en ejemplares secos); aquenios fuertemente comprimidos o a veces algo triangulares en corte transversal, lineares a oblongos u oblanceolados; plantas generalmente robustas, rara vez de menos de 50 cm de alto; cabezuelas frecuentemente de más de 5 cm de diámetro (Calderón y Rzedowski ,2005).

6.1.2.4.1 Composición Química de la Raíz

Jiménez. (2017), quien en su trabajo determinó la siguiente composición química de la Dalia.

Tabla 2. Composición físico-química de los tubérculos de Dalia (*Dahlia hortorum*)

Constituyente	%
Agua	52,07
Carbohidratos	16,56
Fibra	6,15
Ceniza	5,60
Proteínas	11,07
Grasas	1,27
Ca	0,08
P	7,20

Nota. Jimenez,2017.

6.2 Polisacáridos no almidón: inulina

Un polisacárido es un polímero compuesto por una extensa sucesión de monosacáridos, unidos entre sí a través de enlaces glucosídicos. Los polisacáridos pueden incluirse dentro del grupo de los hidratos de carbono.

El almidón es un polisacárido que es digerido y absorbido en el intestino delgado. El termino polisacáridos no almidón, se utiliza para identificar aquellos polisacáridos que alcanzan el colon y poseen los efectos fisiológicos de una fibra. Existen múltiples clasificaciones de los polisacáridos no almidón, ningún enteramente satisfactoria ya que no se pueden definir de sus márgenes absolutamente, ni en términos de estructura y función analítica.

Una clasificación los divide en polisacáridos estructurales, polisacáridos de depósito o de almacenamiento y polisacáridos aislados (Tabla 3). Los polisacáridos estructurales son aquellos que se hallan en la pared celular vegetal: celulosa, hemicelulosa y sustancias pépticas. Los polisacáridos de depósito o almacenamiento son componentes no estructurales de plantas, aunque en ocasiones pueden hallarse en forma de pared celular

engrosada; están formados por los mananos y galactomananos (que también son componentes estructurales de la pared celular en algunas plantas y son, entonces, clasificadas como hemicelulosas), y los fructanos y glucofructanos (inulina, lévianos y fructanos ramificados), contenidos en muchos cereales y tubérculos. Por último, los polisacáridos aislados, algunos de estos existen en forma natural en extractos de la pared celular (goma de cereales, goma de guar), gomas exudadas (lesión de la planta o mucílagos) hallados en células especializadas tales como las que rodean las semillas (Hernández y Sastre ,1999).

Tabla 3. Clasificación de los polisacáridos no almidón

TIPO DE POLISACÁRIDO	GRUPOS PRINCIPALES	SUBTIPOS
Estructurales	Celulosa	Celulosa.
	No celulosa	Hemicelulosa, Sustancias pépticas.
De depósito	Fructo-polisacáridos	Inulina, Lévano, fructanos ramificados.
Aislados	Mananos, galactomananos	Goma de guar.
	Naturales	Gomas y mucílagos.
	Aditivos alimentarios	Gomas, polisacáridos de algas, celulosa modificada.
	Semisintéticos	Poli dextrosa

Nota. Hernández y Sastre (1999).

La inulina y los FOS (fructooligosacáridos) no tienen una composición química definida ya que son una mezcla de fructanos de diferente tamaño. Debido a que las moléculas de fructosa se unen exclusivamente por enlaces $\beta - (2 \rightarrow 1)$, estos fructanos adquieren una conformación espacial semejante a cadenas lineales. La diferencia entre los

FOS y la inulina radica en el número de moléculas de fructosa que tiene estas cadenas. En la inulina, este número varía de 2 y 60, mientras que, en los FOS, que tiene cadenas más pequeñas, el número varía de 2 y 10. Esto significa que a los FOS son considerados como un grupo subgrupo de la inulina (Seminario, Valderrama y Manrique ,2003).

6.2.1 Inulina

6.2.1.1 Historia

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento que se encuentra en muchas plantas. Ha formado parte de nuestra dieta diaria por algunos siglos, ya que se produce de forma natural en muchos vegetales, frutas y cereales. La inulina es industrialmente obtenida de las raíces de achicoria y se utiliza como ingrediente alimentario, que ofrece, propiedades nutricionales interesantes e importantes beneficios tecnológicos (Franck, 2006). La inulina fue aislada de *Ínula* por Rose, un científico alemán, en 1804, pero fue Thomson quien llamó a esta sustancia inulina (Coussement y Franck, 2001).

6.2.1.2 Estructura Química de Fructanos Tipo Inulina

Los fructanos es un grupo de carbohidratos de reserva, químicamente los fructanos son cadenas de fructuosa que pueden estar unidas a la molécula de glucosa, pero no necesariamente. La estructura de los fructanos y/o oligosacáridos es generalmente abreviado como GF_n o F_n donde G indica las unidades de glucosa y F las unidades de fructuosa. Su estructura molecular se muestra en la Figura 3. En inulina de achicoria, n, el número de unidades de fructosa puede variar de 2 a aproximadamente 60. (Franck, 2006).

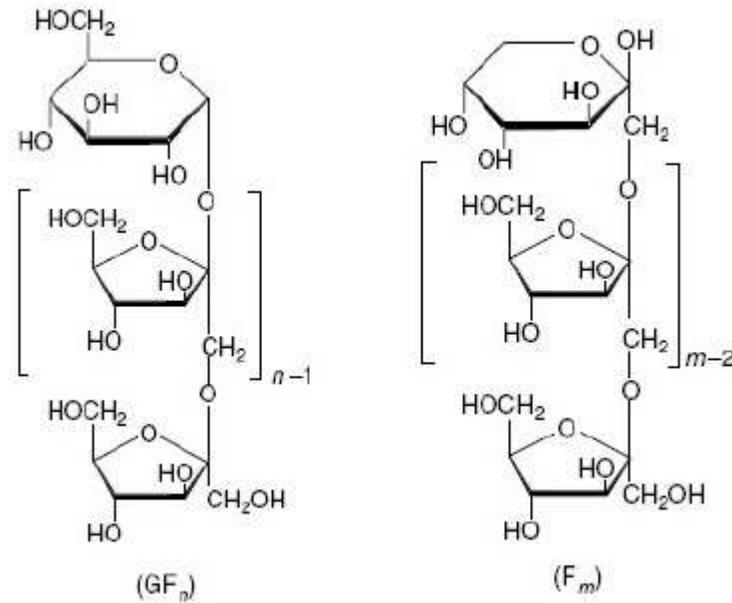
El número de unidades de glucosa/fructuosa es el grado de polimerización (DP) puede variar según su origen (plantas, hongos y bacterias).

Existen varios tipos de fructanos en la naturaleza; estos tipos de fructanos se pueden diferenciar por los tipos de enlaces característicos con la fructuosa. Los tipos de inulina, más conocidos y comunes, son de cadena lineal donde las unidades de fructuosa están unidas por enlaces β -(2→1) fructosil fructuosa. Este tipo de fructanos son muy

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

comunes en plantas como agave, chicoria, raíces de dalia, alcachofas y yacón (Franck, 2006).

Figura 3. Estructura química de la inulina



Nota. Estructura química de la inulina con una molécula terminal de glucosa (β -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa (β -D-fructopiranosil) (B). Tomado de Food polysaccharides and Their Applications (pp.334-351) por Franck (2006).

El grado de polimerización (DP) y la posible presencia de ramas son importantes propiedades, ya que influyen en la funcionalidad de los fructanos.

El DP de inulina planta es más bien baja ($DP < 200$) y varía en función de las especies de plantas, las condiciones meteorológicas, y la edad fisiológica de la planta (Franck, 2006).

6.2.1.3 Fuentes de Inulina

Las especies de plantas que producen mayores cantidades de inulina se identifica el grupo Liliaceae (ajo, cebolla, espárrago, ajoporro) y Compositae (achicoria, pataca o tupinambo y yacón) (Ibarra et al., 2010).

Tabla 4. Contenido promedio de Inulina en diferentes especies vegetales

Especies vegetales	Inulina (g/ 100 g base seca)
Pataca (<i>Helianthus tuberosus</i>)	89
Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>)	79
Raíz de Dalia (<i>Dahlia</i> spp.)	59
Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	48
Ajoporro (<i>Allium porrum</i> L.)	37
Ajo (<i>Allium stadium</i>)	29
Yacón (<i>Smallanihits sonchifolius</i>)	27
Espárrago (<i>Aspo"agus officinalis</i> L.)	4
Cambur (<i>Musacovendishii</i>)	2
Centeno ecale cerea/e	1

Nota. Van Loo, J. On the presence of inulina and oligofructose as natural ingredients in the westem diet. Citado por: Ibarra et al (2010).

6.2.1.4 Beneficios Nutricionales de la Inulina

El uso de la inulina es diversificado en productos alimenticios, tiene un gran potencial para la industria alimentaria. La inulina está clasificada como alimento o

ingrediente alimentario y/o como un aditivo alimentario, el Codex Alimentarius reconoce a la inulina como seguro en 1992. Las leyes de la alimentación de la mayoría de los países exigen un nombre específico para utilizarla en la lista de ingredientes. El nombre de inulina es legalmente aceptado (Franck, 2006).

a) Diabetes

Para Franck (2006), la inulina y la oligofruktosa son hidrolizados en cantidades pequeñas durante su paso desde la boca humana, al estómago y al intestino delgado. La inulina y la oligofruktosa no tienen ninguna influencia en los niveles de glucosa en sangre cuando se ingiere por vía oral. Esto ha sido confirmado en humanos por Beringer y Wenger (1955) y Sanno et al. (1984) y en ratas por Takeda, Niizato (1982) y Brichard (1989), todos citados por Franck (2006).

El uso potencial de inulina como "alimento para los diabéticos" ha sido conocido desde el comienzo del siglo XX: Persia en 1905, Lewis, 1912, recomendó la inulina para los diabéticos y afirmó que el producto fue digerido y asimilado por las personas en dosis adecuadas y durante largos periodos de tiempo. Strauss (1911) mencionado por Franck, (2006), informó de la alimentación de 40-100 g por día de inulina para ser beneficioso para el paciente. Desde entonces, muchas más aplicaciones para los diabéticos se han descrito en la literatura, por ejemplo, pan a base de inulina diabética y pastelería y mermelada para diabéticos a base de inulina.

b) La Inulina y Oligofruktosa Bajas en Calorías

Desde el punto de vista de consumidor y nutricional, el valor energético de un producto alimenticio es un parámetro importante ya que la tendencia actual es consumir

alimentos light que generen un beneficio para la salud. El buscar alimentos bajos en calorías han hecho que las industrias de alimentos sustituyan insumos muy calóricos en insumos con bajo nivel de calorías, de esta manera tenemos un mismo producto, pero bajo en calorías. (Roberfroid 2005). La no digestibilidad de la inulina y la oligofruktosa está en la base de su valor calórico reducido en comparación con el resto de sus componentes monosacáridos.

c) Absorción de Minerales

La inulina también aumenta la absorción intestinal de calcio, hierro y magnesio, así como la densidad mineral ósea en ratas. En un primer estudio con voluntarios adultos sanos que se les dio 40 g /día de inulina de achicoria, se observó un aumento importante en la absorción de calcio, también confirmado en adolescentes después de la ingestión de tan sólo 8 g por día de un producto de inulina específica (inulina enriquecida con oligofruktosa) (Franck, 2006).

d) Mejora de Metabolismo de Lípidos

Los estudios bioquímicos realizados por Coussement y Franck (2001) con hepatocitos aislados han demostrado que el consumo de oligofruktosa o inulina reduce la actividad de las enzimas hepáticas clave relacionados con la lipogénesis (síntesis de nuevos ácidos grasos o triglicéridos de montaje de grupos acilo y glicerol).

Estudios con voluntarios humanos indican que la inulina y la oligofruktosa tienen un efecto modulador. Se ha informado de que el consumo de fructanos reduce los triglicéridos séricos y el colesterol (principalmente colesterol LDL) en voluntarios sanos que son ligeramente hiperlipidémicos (Franck ,2006).

e) Anticancerígeno

Franck (2006), plantea que investigaciones recientes, indican que la inulina y la oligofruktosa tienen un potencial papel quimiopreventivo significativo, puede evitar en gran medida la formación de lesiones precancerosas del colon inducido químicamente en ratas, también retrasa la fase inicial de la carcinogénesis, también pueden reducir el desarrollo de cáncer de mama inducido químicamente en ratas.

f) Prebiótico

La inulina es importante porque forma parte de la fibra dietética de diversos alimentos de origen vegetal y es considerada como un compuesto prebiótico. Como tal es un ingrediente o grupo de compuestos no digeribles que afecta benéficamente la salud del consumidor, estimulando selectivamente el desarrollo y la actividad de un número determinado de especies bacterianas del colon, particularmente lactobacilos y bifidobacterias. Esta cualidad fue demostrada por Gibson y Roberfroid (1995) y Gibson et al. (1995).

6.2.1.5 Aplicación en Alimentos

El uso de la inulina está muy diversificado ofrece múltiples usos como ingrediente en la formulación de productos alimenticios, entonces tiene un gran potencial en la industria alimentaria. En alimentos y bebidas, la inulina se puede usar tanto por sus ventajas nutricionales como por sus propiedades tecnológicas, pero a menudo se aplica para ofrecer un doble beneficio: calidad organoléptica mejorada y una composición nutricional más equilibrada. La tabla 5 ofrece una descripción general de las aplicaciones de la inulina en alimentos y bebidas.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Tabla 5. Aplicación de Inulina en Alimentos

ALIMENTOS	NIVEL DE DOSIFICACION (%p/p)	PROIEDADES QUE OFRECE EL PRODUCTO
Productos lácteos	2-10	Reemplazo de grasa Cuerpo y sensación en boca Estabilización de espuma Fibra y prebiótico
Postres helados	2-10	Reemplazo de grasa Mejora de textura Comportamiento de fusión Bajo valor calórico
Mesa para untar	2-10	Reemplazo de grasa Textura y capacidad de esparcimiento Estabilización de la emulsión Fibra y prebiótico
Productos horneados	2-15	Retención de humedad Fibra y prebiótico
Cereales de desayuno	2-20	Fibra y prebiótico Frescura y expansión Bajo valor calórico
Empastes	2-30	Reemplazo de grasa Mejora la textura
Salsas	2-10	Sensación en boca y cuerpo Estabilización de emulsión Reemplazo de grasa Mejora la textura
Productos de carne	2-10	Reemplazo de grasa Textura y estabilidad Fibra

Productos dietéticos	2-15	Reemplazo de grasa Sinergia con edulcorantes Sensación en boca y cuerpo Fibra y bajo valor calórico
Chocolate	5-30	Reemplazo de azúcar Fibra Resistencia al calor
Tabletas	5-75	Prebiótico de fibra reemplazo de azúcar

Nota. Tomado de Franck, 2006

a. Aplicación de Inulina en Helados

En los últimos años se han producido cambios significativos en los patrones alimentarios y estilos de vida, caracterizados por el aumento del consumo de grasas saturadas, azúcares, alimentos procesados y disminución del consumo de fibras. Todo esto ha llevado a una mayor incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles como obesidad, hipertensión, diabetes.

Si tan solo nos enfocamos en una de las enfermedades de mayor prevalencia como lo es la diabetes, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) esta enfermedad ha aumentado rápidamente en los últimos diez años y se espera que, en el año 2030, la diabetes sea la séptima causa de muerte a nivel mundial. De acuerdo con los datos del Programa Nacional de Enfermedades No Transmisibles más de 5,7 millones de personas en Bolivia son susceptibles a contraer diabetes. En los últimos años se ha registrado en el país un incremento sostenido de casos de Diabetes Mellitus, de 98.100 en 2015 a 138.124 en 2016. Estos datos, nos permiten afirmar que, durante los últimos años, existe una marcada tendencia a aumentar el número de casos de diabetes en la población boliviana.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Asimismo, la prevalencia estimada de diabetes en Bolivia, según el Sistema Nacional de Información en Salud (SNIS) es de 6,6%, lo cual significa que 362.000 personas tendrían la enfermedad y que 5260 personas entre 20 y 79 años mueren anualmente por causa de la diabetes (Instituto Nacional de estadística [INE],2017).

La alimentación adecuada con bajo índice glucémico es uno de los factores más importantes para prevenir complicaciones en estas personas que padecen diabetes, lo cual los lleva a limitar sus opciones de alimentos, en especial los postres, además la industria de alimentos ofrece pocas opciones de postres para ellos, es por ello que optar por alimentos funcionales puede mejorar la calidad de vida de estas personas.

En respuesta a esto se requiere ingredientes de alto valor agregado aplicables a alimentos funcionales como son los prebióticos y es aquí donde se aplica la inulina en productos obtenidos por congelación como los helados con bajo contenido calórico, valor glucídico, valor lipídico y rico en fibra con características prebióticas por el agregado de inulina. Este prebiótico será utilizado como sustituto de azúcar y reemplazante de las grasas (Barrionuevo et al.,2011).

Como sustituto de azúcar los principales beneficios que presenta la inulina es la disminución de los niveles de glucosa y de lípidos en la sangre además que esta modula la flora intestinal, el cual se debe al efecto prebiótico asociado a su función de fibra dietética. Con base en Jingrong Gao et al. (2016) que realizaron experimentos en muffins donde se reemplazó el azúcar por inulina y estevia, cuando se realizó esta sustitución en un 100% por inulina, la dureza fue significativamente más alta, en comparación con la prueba control, por su parte cuando se sustituyó el 50% del azúcar por inulina, la dureza en los muffins fue similar con la muestra control, por lo que es recomendable sustituir 50 % de azúcar por inulina para evitar la dureza en los helados u otro alimento.

Como sustituto de grasa vegetal por inulina es una alternativa, que permite ofrecer helados funcionales con bajo contenido calórico, sin perder la palatabilidad, textura y cremosidad virtualmente idénticas que hace a los helados un producto placentero para gran parte de la población.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

La inulina permite remplazar el 100 % de las grasas, garantizando estabilidad, sabor cremoso, suave y similar a los helados tradicionales. Provee una textura idéntica al producto tradicional, excelentes propiedades fundentes y estabilidad durante el proceso de congelado – descongelado (Montani ,2004), desciende el punto de congelación y no interfiere en el proceso de overrun (Wouters, 2005). Además, la adición de inulina inhibe el crecimiento de cristales de agua en el helado terminado, reduce la pérdida de fluidos, mejora la viscosidad de las mezclas y los tiempos de derretimiento del producto terminado, sin que esto involucre algún efecto sensorial negativo (Roberfroid et al.,1998).

Devereux y Jones (2003) llevaron a cabo experimentos donde utilizaron inulina y oligofructosa como sustitutos de grasa en algunos alimentos, entre ellos el helado. Los resultados lograron alcanzar una reducción significativa de la grasa, obteniéndose una disminución de entre el 60 al 80%. Akalın y Karagözlü (2008) utilizaron la inulina y la proteína de suero como sustitutos y, aunque obtuvieron resultados positivos, también se obtuvo un aumento en la dureza del helado. Aun así, la inulina es un sustituto de la grasa prometedor en la producción de helados, debido además a que es un prebiótico, lo cual tiene beneficios positivos para la salud del consumidor

En la Tabla 6 se presenta un resumen del uso de la inulina en helados de crema con diferentes características.

Tabla 6. Revisión Bibliográfica acerca del uso de Inulina en Helados

Producto	Inulina	Concentración	Resultados
Helados bajos En grasa	TEX	2,3,4 % p/p de inulina	La resolución de grasa y la adición de inulina disminuyeron el punto de fusión de los helados bajos en grasa comparados con el control (10%).Causo un cambio de color

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

			incrementando los tonos amarillos en el producto. Causo adhesividad y dureza (Akbari,2016)
Helados bajos En grasa	Fibruline	2.5 y 5 % de inulina	La adición de 2,5% de inulina aumentó la viscosidad, cohesión, adherencia, elasticidad, gomosidad, masticabilidad y la estabilidad de la grasa en el helado. Las propiedades sensoriales mejoraron significativamente (Ismail et al.,2013).
Helados funcionales Bajos en calorías	Inulina de alto rendimiento con un grado medio de polimerización de >23	Remplazando el 5 % de grasa y azúcar del producto	Aumentó la viscosidad, mejoro las propiedades de fusión, reologicas y texturales del helado. El esponjamiento y la dureza de las muestras bajas en grasa fueron significativamente más altos que los del grupo de control (Hashemi et al.,2015).
Helados bajos En grasa	Raftiline HP	Sustituyendo el 50 % y 100 % de jarabe de maíz 42D (equivalente de dextrosa) por inulina.	Se incrementó la masticabilidad, se redujo el dulzor y sabor a vainilla. El reemplazo parcial o total del jarabe de maíz 42D con inulina

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

			inhibió la formación de cristales de hielo durante un período de abuso térmico de 6 semanas (Schaller-Povolny y Smith,1999).
Helados de Yogurt	Frutafit-HD	5 % y 7 % de inulina Con helados bajos En grasa	Aumentó la viscosidad y dureza del helado de yogurt, el aumento de los niveles de oligosacáridos mejora las propiedades de fusión (El-Nagar et al.,2002).
Helados prebióticos bajos En grasa	Inulina Fibruline XL	4 % de inulina	Mejoro la textura en términos de firmeza, propiedades de fusión y el tiempo de primera gota durante el almacenamiento. La supervivencia de los prebióticos. La oligofructosa mejoró significativamente la viabilidad de L. acidophilus La-5 y B. animalis Bb-12 en la mezcla de helado (Akalin y Erişir ,2008).

6.2.1.6 Aspectos Reglamentarios

La inulina es legalmente clasificada como alimento o ingrediente alimentario en todos los países donde se utiliza, entonces la inulina no aparece como un aditivo alimentario, por ejemplo, de la Unión Europea o de Codex Alimentarius. En los Estados Unidos, un comité de expertos declaró inulina generalmente reconocido como seguro en 1992. Las leyes de la alimentación de la mayoría de los países exigen que un nombre específico pueda utilizar en la lista de ingredientes. El nombre de la inulina es legalmente aceptado (Franck, 2006).

CAPITULO III

7 Marco Experimental y Resultados

7.1 Material Vegetal

7.1.1 Obtención e Identificación de la Muestra

El presente proyecto se desarrolló en el laboratorio de Fisicoquímica Orgánica de la Carrera de Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales.

Los tubérculos de dalia fueron recolectados en el municipio de Achocalla, Provincia Murillo, del departamento de La Paz, en tal lugar se pueden encontrar tanto dalias silvestres como de cultivo, en nuestro caso el material vegetal utilizado consistió en raíces de dalias cultivadas en septiembre y cosechadas después de la floración por el mes de febrero durante el ciclo agrícola primavera-verano 2019 periodo lluvioso, húmedo y caluroso, que es el óptimo para obtener mejores resultados. Los tubérculos a los tres días de ser recolectadas fueron rebanadas y secadas en un lugar exento de luz solar y en un ambiente ventilado, durante 30 días. El color de la pulpa presento una coloración amarilla libre de manchas moradas y de sabor dulce; por las características antes mencionada los de la zona la identifican como variedad amarilla.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 4. Municipio de Achocalla



Nota. Elaboración Propia

Figura 5. Cultivo de Dalias en el Municipio de Achocalla



Nota. Lugar de recolección de las raíces de Dalia en el Municipio de Achocalla, elaboración propia.

Finalizado el secado en un lugar exento de luz solar y en un ambiente ventilado, se procedió al secado en la estufa a 60°C por 72 horas como se muestra en la Figura 6.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 6. Proceso de secado de las Raíces Tuberosas de Dalia



Nota. Secado a medio ambiente por el periodo de 30 días y posteriormente llevadas a la estufa a 60°C por 72 horas. Elaboración Propia

7.2 Equipos, Materiales y Reactivos

7.2.1 Equipos

Tabla 7. Lista de Equipos

Cantidad	Descripción	Capacidad
1	Espectrofotómetro UV-VIS	
1	Espectrofotómetro IR.	
1	Balanza Analítica	100 gr.
1	Hornilla	
1	Desecador	
1	Vortex	
1	Agitador magnético	
1	Estufa	
1	Centrifugador	
1	Balanza de precisión	300 gr.
1	Estufa eléctrica	
1	Baño termostático	

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

1	Bomba de vacío
1	Refrigerador

Nota. Elaboración Propia

7.2.2 Materiales

Tabla 8. Lista de Materiales

Cantidad	Descripción	Capacidad
2	Piseta	
1	Cepillo	
1	Espátula	
1	Cuchillo	
1	Tijeras	
20	Tubos de ensayo	
8	Cajas Petri	
4	Vasos de precipitado	1000 mL
5	Vasos de precipitado	250 mL
1	Bureta	25 mL
2	Probeta	500 mL
3	Varilla de vidrio	
1	Embudo	
2	Fuente metálica	
1	Mortero	
1	Soporte universal	
2	Pinza nuez	
2	Pinza tres dedos	

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

2	Gradilla	
	Matraz Aforado	25 mL
	Matraz Aforado	50mL
	Matraz Aforado	100 mL
2	Termómetro	200 °C
2	Vidrio de reloj	D=10 cm
2	Manguerillas	
1	Olla de acero inoxidable	
1	Aro	
1	Kitasato	

Nota. Elaboración Propia

7.2.3 Reactivos

Tabla 9. Lista de Reactivos

Reactivos	Descripción
Agua destilada	
Etanol	96 % GL
Amoniaco	
Reactivos para identificación del compuesto	
Hidróxido de sodio P.A.	
Ácido sulfúrico	99% P.A.
Fenol (Merck) P.A.	
Glucosa (J.T. Backer)	
Carbonato De Sodio Sólido (Riedel – de Haen) P.A.	
Cloruro férrico	96 %
Nitrato de Bismuto	

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

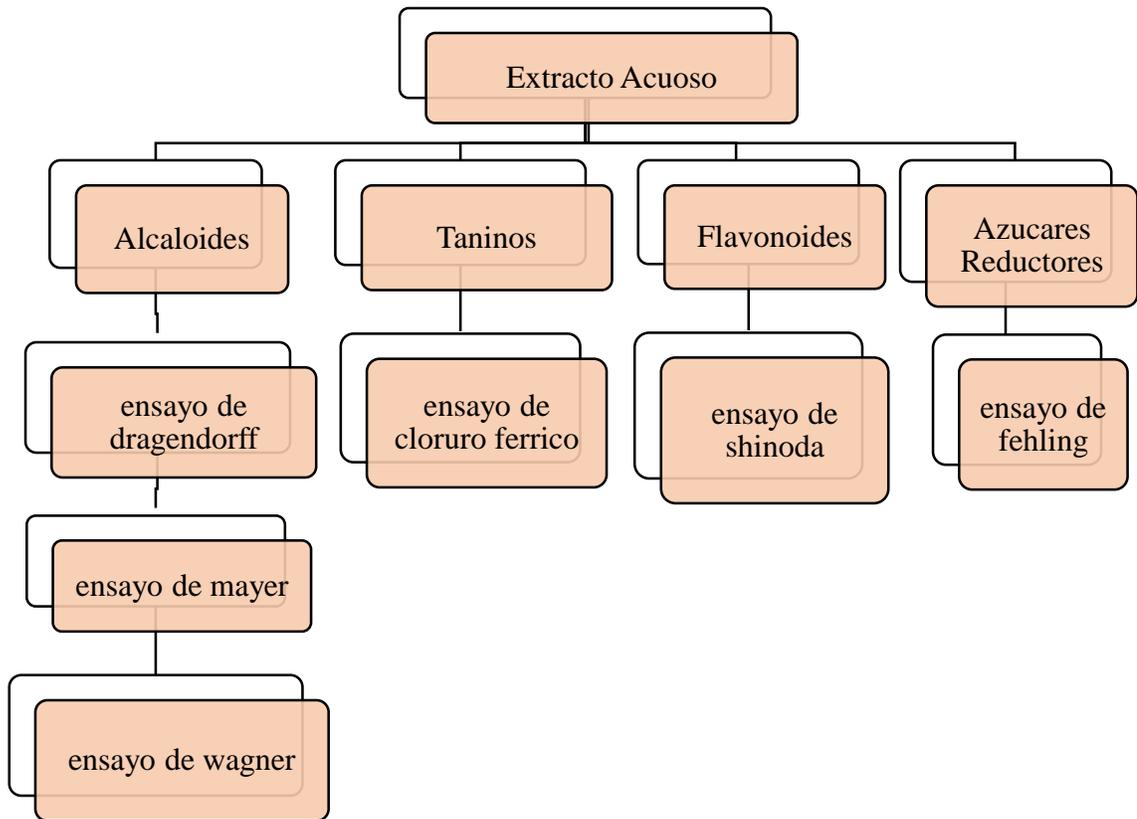
Yoduro de Potasio	
Ácido Nítrico	
Yodo (resublimado)	
Cloruro mercuríco	
Sulfato cúprico hidratado y cristalizado	
Tartrato de sodio y potasio	
Magnesio metálico	
Ácido clorhídrico	37%

Nota. Elaboración Propia

7.3 Pruebas Cualitativas

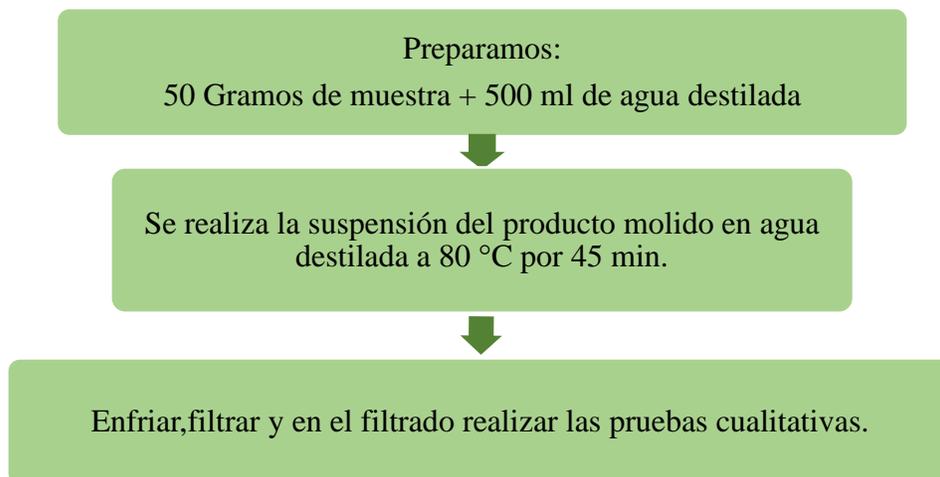
Se realizaron las siguientes pruebas cualitativas para identificación del compuesto y establecer la presencia de otros metabolitos secundarios:

Figura 7. Esquema de pruebas cualitativas



Nota. Pruebas tomadas en extracto acuoso. Tomado de Normas Ramales, Drogas crudas y Extractos y Tinturas NRSP 309,311,312. MINSAP 1992.

Figura 8. Procedimiento para Preparación de la Muestra



Nota. Preparación de la muestra para realizar pruebas cualitativas para la identificación del compuesto y la presencia de otros metabolitos secundarios

7.3.1 Ensayo de Dragendorff

Permite reconocer en un extracto la presencia de alcaloides, para ello, si la alícuota del extracto está disuelta en un solvente orgánico, esta se evapora en baño de agua y el residuo se disuelve en un 1mL de ácido clorhídrico al 1% en agua. Si el extracto es acuoso, se añade 1 gota de ácido clorhídrico concentrado, (calentar suavemente y dejar enfriar hasta solución ácida). En la solución acuosa ácida se realiza el ensayo, añadiendo 3 gotas del reactivo de Dragendorff, si hay opalescencia se considera (+), turbidez definida (++) , precipitado (+++).

7.3.2 Ensayo de Mayer

Permite reconocer en un extracto la presencia de alcaloides, para ello, si la alícuota del extracto esta disuelta en un solvente orgánico, este debe evaporarse en baño de agua y el residuo disolverse en un 1mL de ácido clorhídrico al 1% en agua. Al extracto es acuoso, se añade 1 gota de ácido clorhídrico concentrado, (calentar suavemente y dejar enfriar hasta solución acida). En la solución acuosa acida se realiza el ensayo, añadiendo una pizca de cloruro de sodio en polvo, agitar y filtrar. Añadir 2 o 3 gotas de la solución del reactivo de Mayer, si se observa opalescencia (+), turbidez definida (++) , precipitado coposo (+++). Observación: el caso de alcaloides cuaternarios y/o amino-óxidos libres, estos solo se encontrarán en el extracto acuoso y para considerar su presencia la reacción debe ser (++) o (+++), en todos los casos, ya que un resultado (+), puede provenir de una extracción incompleta de bases primarias, secundarias o terciarias.

7.3.3 Ensayo de Wagner

Se parte igual que en los anteriores casos de una solución acida, añadiendo 2 o 3 gotas del reactivo de Wagner, clasificando los resultados de la misma forma que en el ensayo de Mayer.

7.3.4 Ensayo de Cloruro Férrico

Permite reconocer la presencia de compuestos fenólicos y/o taninos en un extracto vegetal. Si el extracto de la planta se realiza con alcohol el ensayo determina tanto fenoles como taninos. A una alícuota del extracto alcohólico se adiciona 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5 % en solución salina fisiológica (cloruro de sodio sal 0.9 % en agua). Si el extracto es acuoso , el ensayo determina fundamentalmente taninos .A una alícuota de extracto se añade acetato de sodio para neutralizar y 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5 % en solución salina fisiológica , un ensayo positivo puede dar la

siguiente información general :Desarrollo de una coloración verde intensa , taninos del tipo pirocatecolicos .Desarrollo de una coloración azul , taninos del tipo pirogalotnicos.

7.3.5 Ensayo de Shinoda

Permite reconocer la presencia de flavonoides en un extracto de un vegetal. Si la alícuota de un extracto se encuentra en alcohol, se diluye con 1 ml de ácido clorhídrico concentrado y un pedacito de cinta de magnesio metálico. Después de la reacción se espera 5 minutos, se añade mL de alcohol amílico, se mezclan las fases y se deja reposar hasta que se separen. Si la alícuota del extracto se encuentra en agua se procede de igual forma, a partir de la adición del ácido clorhídrico concentrado. El ensayo se considera positivo, cuando el alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, carmelita o rojo; intensos en todos los casos.

7.3.6 Ensayo de Fehling

Permite reconocer en un extracto la presencia de azúcares reductores. Para ello si la alícuota del extracto no se encuentra en agua, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo se redisuelve en 1-2 mL de agua, Se adicionan 2 mL del reactivo y se calienta en baño de agua 5-10 min la mezcla. El ensayo se considera positivo si la solución se colorea de rojo o aparece precipitado rojo.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Tabla 10. Pruebas Cualitativas al Extracto de Raíces

Muestra	Nº	Reactivo	Tipo	Precipitado	Foto
EXTRACTO ACUOSO DE RAICES DE mL DE MUESTRA	1	Dragendorff	Prueba negativa para alcaloides	-	
	2	Mayer	Prueba negativa para alcaloides	-	
	3	Wagner	Prueba negativa para alcaloides	-	
	4	FeCl3 5%	Prueba negativa para Taninos	-	
	5	Shinoda	Prueba negativa para Flavonoides	-	

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

	6	Fehling	Prueba positiva para azúcares reductores	+	 Precipitado rojo
--	---	---------	--	---	---

Nota. Elaboración Propia

Con las pruebas realizadas que se muestran en la tabla 10 se observa de manera cualitativa que el extracto no presenta, alcaloides, taninos y flavonoides. Mientras que la prueba 6 determina que el extracto presenta principalmente azúcares reductores.

7.4 Obtención de la Inulina

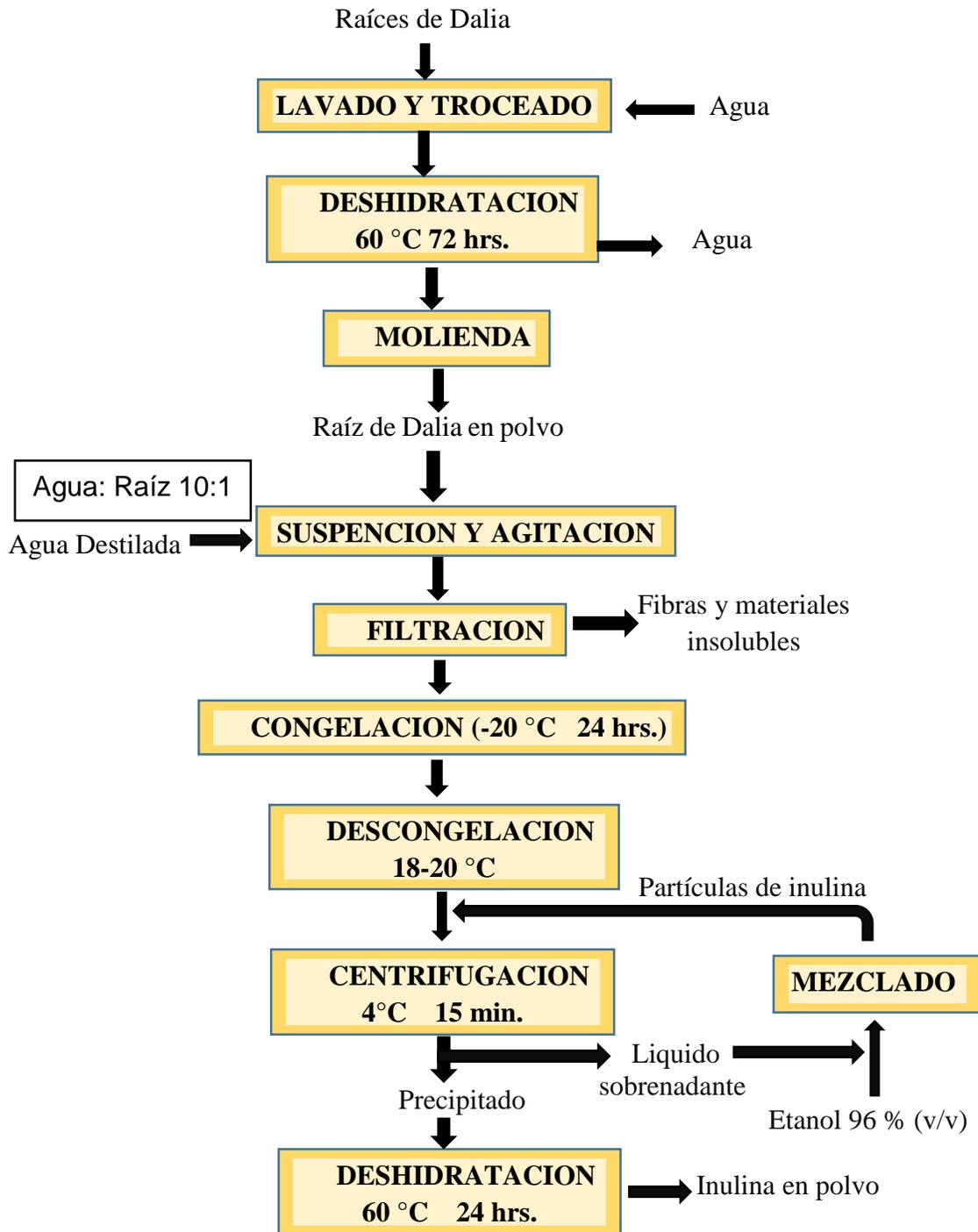
El material vegetal de raíces de dalia del Municipio de Achocalla, se secaron en un ambiente exento de luz por 30 días, posteriormente se llevó a la estufa a 60 °C durante 72 horas, una vez fría se procedió a la molienda y tamizado a través de mallas.

La inulina se extrajo de la siguiente forma: Se realizó una suspensión del producto seco y molido en agua destilada con una proporción agua: raíz de 10:1 con agitación continua a distintas temperaturas experimentales propuestas de 50,71,80 °C durante 45 y 60 minutos. Una vez transcurridos los periodos de extracción se filtró la mezcla. El líquido filtrado se llevó a congelación a una temperatura de -20 °C durante 24 horas, seguido de una descongelación a temperatura ambiente entre 18-20 °C procurando no agitar la suspensión. Finalmente, la suspensión se centrifugo en tubos. El precipitado se deshidrato a 60 °C durante 24 horas. Al líquido sobrenadante se le agrego etanol absoluto (96 % v/v) hasta lograr una concentración de etanol de 70% para precipitar algunas partículas de inulina dispersas, posteriormente se sometió a centrifugación y secado empleando el criterio antes descrito.

Para la obtención de la inulina se siguió el siguiente procedimiento:

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 9. Procedimiento para obtención de Inulina



Nota. Elaboración Propia

7.5 Optimización de la Extracción de la Raíz de Dalia

La inulina se extrajo de acuerdo a la metodología ya descrita determinando los mejores parámetros de tiempo, temperatura y relación pulpa/agua para obtener un mayor rendimiento de extracto de inulina usando el método de Extracción en Caliente.

7.5.1 Influencia del Tiempo en la Extracción

Se evaluaron los tiempos de $t_1=45$, $t_2=60$ minutos respectivamente en el proceso de extracción para determinar el mejor tiempo en obtener una mayor concentración de inulina.

7.5.2 Influencia de la Temperatura en la Extracción

Se evaluaron las temperaturas de $T_1=50$ °C, $T_2=71$ °C y $T_3=80$ °C en la extracción, temperaturas mayores degradan los polisacáridos, para obtener mayor rendimiento.

7.5.3 Influencia de la Relación Pulpa /Agua

Se ensayaron las relaciones de 1:10 y 1:5 de pulpa/agua destilada respectivamente ya que el agua a temperaturas altas y en mayor cantidad extrae mejor la inulina.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Tabla 11. Optimización de la extracción de Raíz de Dalia para determinar los mejores parámetros

MUESTRA	RELACIÓN PULPA/AGUA	TEMPERATURA (° C)	TIEMPO (min.)	pH
1	1:5	50	45	7
2	1:10	50	45	9
3	1:10	71	60	7
4	1:10	71	60	9
5	1:10	80	45	9

Nota. Elaboración Propia

Figura 10. Suspensión del Producto en agua Destilada



Nota. Suspensión de las raíces tuberosas una vez seco y molido en agua destilada a los distintos parámetros. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 11. Extractos Obtenidos de las Raíces Tuberosas de Dalia



Nota. Extractos obtenidos a los distintos parámetros. Elaboración Propia

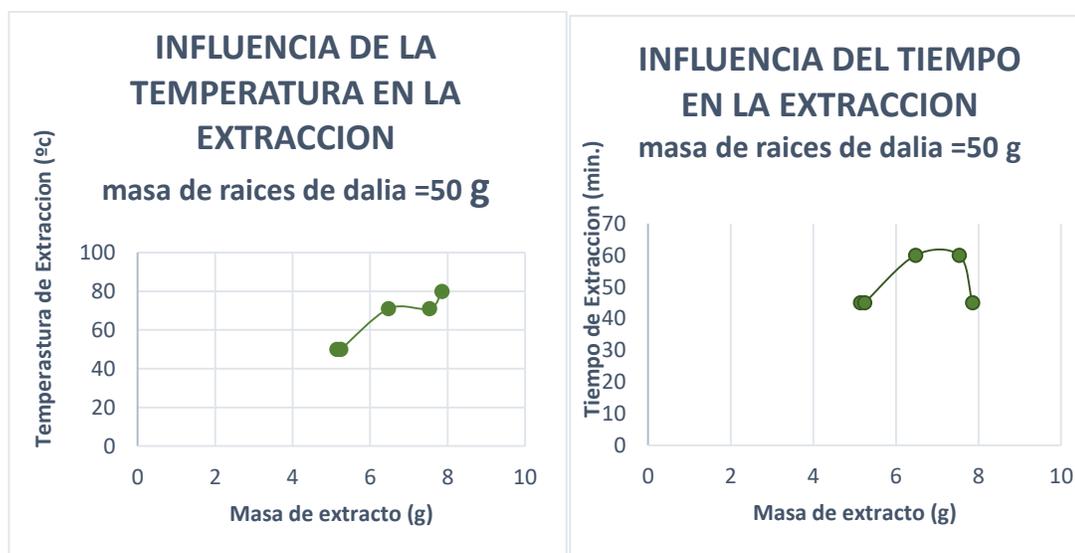
Tabla 12. Extractos de Raíz de Dalia obtenidos a distintos parámetros de temperatura y tiempo

Muestra	Temperatura (° C)	Tiempo (min.)	Masa extracto (g)
1	50	45	5,14
2	50	45	5,24
3	71	60	6,47
4	71	60	7,53
5	80	45	7,85

Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 12. Influencia de la temperatura y el tiempo en la extracción



Nota. Elaboración Propia

Tabla 13. Masa de Extracto obtenido para las distintas muestras

MUESTRA	TEMPERATURA (° C)	TIEMPO (min.)	pH	MASA DE RAÍCES DE DALIA (g)	MASA DE EXTRACTO (g)	RENDIMIENTO (%) $\% = \frac{m \text{ raices}}{m \text{ extracto}} \times 100$
1	50	45	7	50	5,14	10.28
2	50	45	9	50	5,24	10.48
3	71	60	7	50	6,47	12.94
4	71	60	9	50	7,53	15.06
5	80	45	9	50	7,85	15.70

Nota. Elaboración Propia

La Figura 12 muestra el efecto de la temperatura y el tiempo de maceración de las raíces de dalia deshidratadas y pulverizadas sobre la eficiencia en la extracción de inulina.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

En estas gráficas se observa que a medida que ambos factores aumentan, la cantidad de inulina recuperada fue significativamente mayor. De acuerdo con estos resultados, la mayor cantidad de este prebiótico se obtuvo a una temperatura de 80 °C, durante 45 min de agitación. A esta temperatura y tiempo de maceración se evaluó el efecto del pH de la solución acuosa, el resultado del presente estudio muestra que el pH no ejerce un significativo efecto en la extracción.

Por la explicación anterior se selecciona la masa de extracto que pertenece a la muestra 5 por ser la de mayor rendimiento (15.7 %), la extracción para esta muestra se realizó a una temperatura de 80 °C durante 45 minutos en solución acuosa de pH 9,0 con una relación de Pulpa/agua de 1:10 siendo estos los parámetros óptimos para la extracción de inulina.

Figura 13. Muestra Seca de Raíces Tuberosas de Dalia



Nota. Muestra seca para obtención de inulina. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 14. Molido de Muestra



Nota. Molido de la muestra de raíces tuberosas de dalia en mortero. Elaboración Propia

Figura 15. Suspensión del producto molido en agua destilada



Nota. Suspensión con agitación continua del producto molido en agua destilada y posteriormente llevadas a la hornilla a los distintos parámetros. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 16. Proceso de Filtración



Nota. La filtración se llevó a cabo en varias etapas. Elaboración Propia

Figura 17. Filtración al Vacío



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 18. Precipitación de Inulina con alcohol



Nota. La Precipitación se realizó con alcohol Guabirá al 96%. Elaboración Propia

Figura 19. Secado del producto obtenido



Nota. El precipitado obtenido se procede a secar en un desecador despues de haber sido deshidratada a 60 °C por 24 hrs.. Elaboración propia

Figura 20. Inulina seca obtenida



Nota. Elaboración Propia

7.6 Determinación de Azúcares Totales por el Método Fenol Sulfúrico

7.6.1 Preparación

- Ácido sulfúrico concentrado
- Solución Acuosa de Fenol al 5 % (p/v)
- Agua destilada
- Solución patrón de Glucosa 100 $\mu\text{g/mL}$
- Hielo
- Muestra problema

7.6.2 Preparación de la Curva de Calibración

Para la preparación de los patrones se utilizó el método fenol- sulfúrico. Como primer paso se prepararon diluciones de la solución de Glucosa de 100 $\mu\text{g/mL}$, para las

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

concentraciones de (10,40,60,80,100) $\mu\text{g/mL}$ el volumen requerido de la solución madre se calculó de la siguiente manera:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Despejamos V_2 :

$$V_2 = \frac{C_1 \times V_1}{C_2}$$

Donde:

C_1 =Concentración con la que se trabajara de 10,40,60,80,100 $\mu\text{g/mL}$

V_1 =Volumen de 10 mL, al cual se afora

C_2 = Solución madre de concentración 100 $\mu\text{g/mL}$

- Para 10 $\mu\text{g/mL}$:

$$V_2 = \frac{10 \mu\text{g/mL} \times 10\text{mL}}{100 \mu\text{g/mL}} = 1 \text{ mL}$$

- Para 40 $\mu\text{g/mL}$:

$$V_2 = \frac{40 \mu\text{g/mL} \times 10\text{mL}}{100 \mu\text{g/mL}} = 4 \text{ mL}$$

- Para 60 $\mu\text{g/mL}$:

$$V_2 = \frac{60 \mu\text{g/mL} \times 10\text{mL}}{100 \mu\text{g/mL}} = 6 \text{ mL}$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

- Para 80 µg/mL:

$$V_2 = \frac{80 \text{ µg/mL} \times 10\text{mL}}{100 \text{ µg/mL}} = 8 \text{ mL}$$

- Para 100 µg/mL:

$$V_2 = \frac{100 \text{ µg/mL} \times 10\text{mL}}{100 \text{ µg/mL}} = 10 \text{ mL}$$

Luego se procede a colocar en cada tubo rotulado con la concentración correspondiente, los siguientes volúmenes que indican en la Tabla 14.

Tabla 14. Volúmenes para determinación de Azúcares totales por el Método Fenol-Sulfúrico

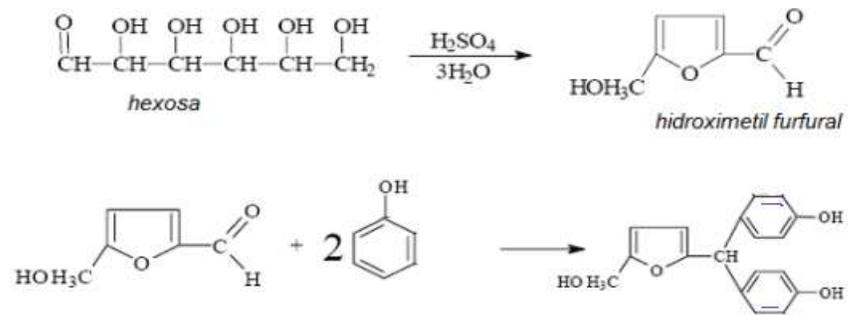
Concentración de Solución Patrón de Glucosa (µg /mL)	Volumen de Solución patrón de glucosa (mL)	Volumen de solución acuosa de fenol al 5% (p/v)	Mezclar con el vortex para homogenizar	Volumen de ácido sulfúrico (mL)	Luego de colocar el acido pasar por baño de agua fría y mezclar con el vortex
10	0,500	0.500		2.50	
40	0.500	0.500		2.50	
60	0.500	0.500		2.50	
80	0.500	0.500		2.50	
100	0.500	0.500		2.50	

Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Preparados los patrones se adiciono los respectivos reactivos para la reacción: Dejar reposar los tubos, a temperatura ambiente durante 20 min. Luego colocar los tubos en baño maría de agua fría, durante 10 minutos.

Figura 21. Reacción de Glucolisis



El esquema que se muestra es un método general para la cuantificación de diferentes azúcares (glucosa, xilosa, galactosa y 1,3-β-glucano), con este método puede validarse la curva de calibración propuesta.

Figura 22. Patrones para la curva de calibración

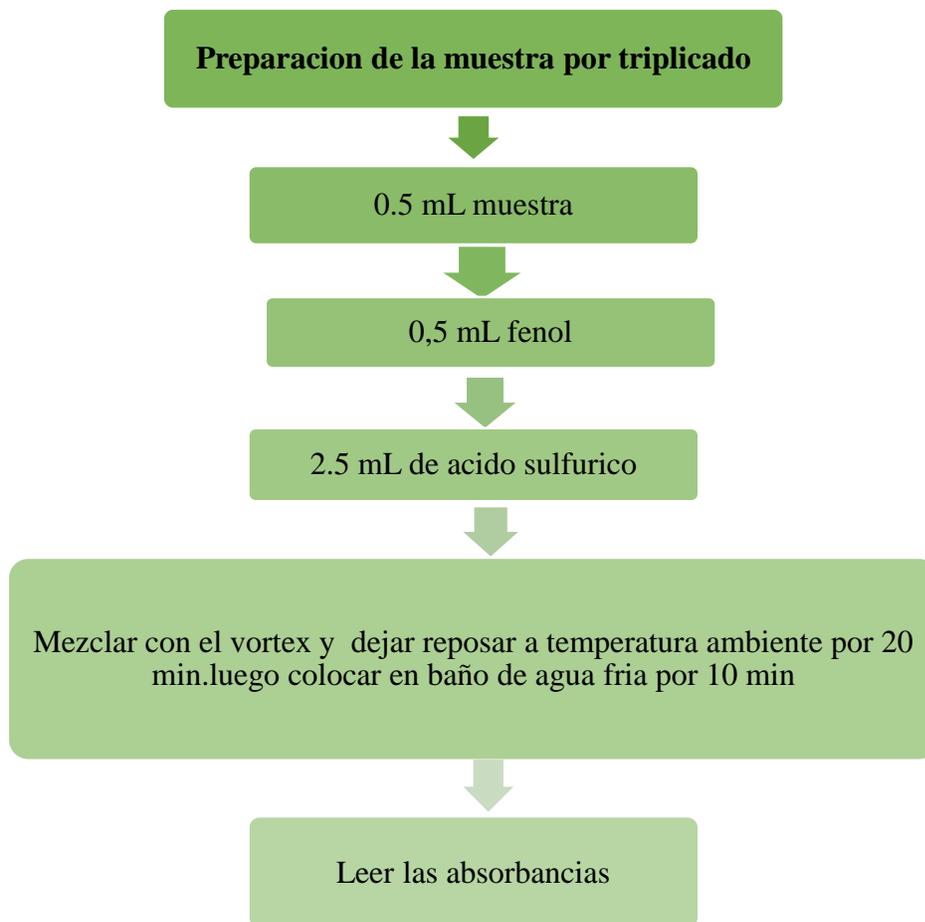


Nota. Elaboración propia

7.6.3 Preparación de la Muestra

Para determinar el contenido de inulina en las raíces de Dalia se toma 0.8213 g de muestra y se afora en un matraz aforado de 500 mL a continuación se realiza una segunda dilución de 10 mL aforado a 100 mL para luego proseguir con el siguiente procedimiento:

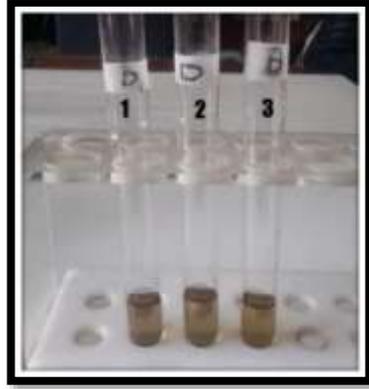
Figura 23. Procedimiento para la Preparación de la Muestra



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 24. Muestras preparadas por triplicado



Nota. Elaboración propia

Preparado los estándares y las muestras, luego se realiza un barrido para obtener un espectro UV-VIS, en el equipo que se muestra en la siguiente figura:

Figura 25. Espectrofotómetro BIOCHROM



Nota. Elaboración propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 26. Barrido de la muestra patrón de concentración 60 µg/mL



Nota. En el barrido se determinó como máxima longitud de onda 486,0 nm.

Elaboración propia

Con el dato experimental de la longitud de onda de máxima absorción ,486,0 nm, se elabora la curva de calibración, la que permite el cálculo de glúcidos en la muestra.

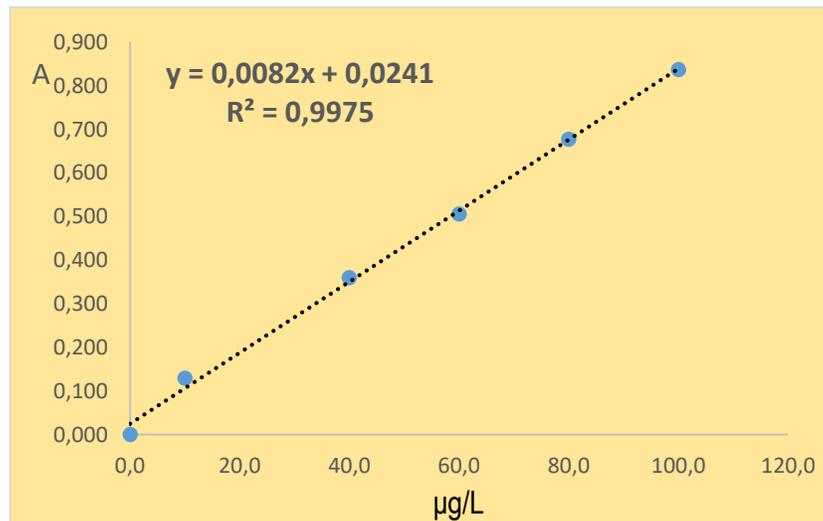
OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Tabla 15. Datos obtenidos en la curva de calibración

Nº Matraz	Concentración µg/mL	A
1	0,0	0,000
2	10,0	0,129
3	40,0	0,360
4	60,0	0,506
5	80,0	0,677
6	100,0	0,837

Nota. Elaboración propia

Figura 27. Curva de calibración de la inulina



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Donde $r^2 = 0.9975$, el coeficiente de correlación tiende a ser 1 lo cual es ideal. Para hallar la concentración de glúcidos, se utilizará la ecuación que representa la recta de calibración:

$$Y = 0,0082X + 0,0241 \quad (1)$$

Y = Absorbancias de la muestra. X = Concentración de Glúcido a hallar

Tabla 16. Absorbancias de las muestras

Nº Muestra	A
M1	1,000
M2	1,064
M3	0,920
Promedio	0,9947

Nota. Elaboración propia

Despejando X de la ecuación (1).

$$Y = 0,0082X + 0,0241 \quad (1)$$

Despejando X:

$$X = \frac{Y - 0,0241}{0,0082}$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

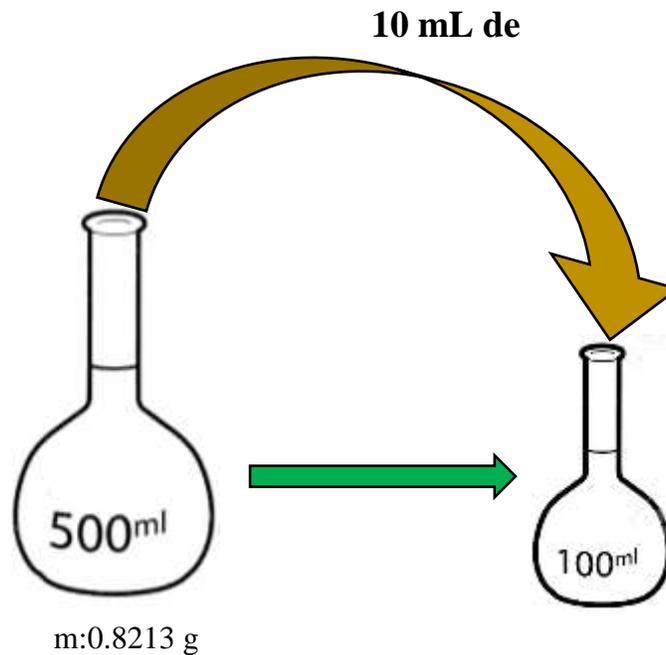
Remplazando datos:

$$X = \frac{0,9947 - 0,0241}{0,0082} = 118,40 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$$

Concentración de Glúcido en raíces
X=118,40 $\mu\text{g/mL}$

Para determinar la cantidad de glúcidos que hay en 500 mL se revisó las diluciones realizadas a la muestra.

Figura 28. Diluciones realizadas a la muestra



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

$$118,40 \mu\text{g} \rightarrow 1\text{mL}$$

$$X \rightarrow 100\text{mL}$$

$$X = \frac{100 \text{ mL} \times 118,40 \mu\text{g}}{1\text{mL}} = 11840 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$$

Una vez hallada la concentración a 100 mL, se realizan cálculos para determinar la cantidad de Glúcido en microgramos:

$$500 \text{ mL} \times \frac{11840 \mu\text{g}}{100 \text{ mL}} = 59200 \mu\text{g de Glúcido}$$

Convertimos microgramos de Glúcido a gramos de Glúcido:

$$59200 \mu\text{g} \times \frac{1 \text{ g}}{10^6 \mu\text{g}} = 0,06 \text{ g de Glúcido}$$

El porcentaje de Glúcido es:

$$\% \text{ Glucido} = \frac{m \text{ final}}{m \text{ inicial}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Glucido} = \frac{0,06 \text{ g}}{0,8213 \text{ g}} \times 100\% = 7,31 \% \text{ de Glúcido}$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Donde 0,06 g de Glúcido se tiene en 500 mL de solución. Lo cual en porcentaje es de 7,31 % de Glúcido en 0,8213 g de muestra, realizado por el método fenol ácido sulfúrico.

7.6.4 Comparación de % de Glúcidos de la Dalia extraída con muestras de Penca de Tuna y Hongo

Se realizó una comparación con las concentraciones que presentan la penca de tuna y los hongos en cuanto a la obtención de muestra en porcentaje. En la Tabla 19 se observa los porcentajes obtenidos en comparación con los datos teóricos, en donde se puede evidenciar que los datos se acercan a los teóricos evidenciando que los métodos de extracción utilizados fueron los correctos.

Tabla 17. Datos obtenidos de la muestra de Penca de Tuna

MUESTRA DE PENCA DE TUNA	
MUESTRA	ABSORBANCIA
1	0,523
2	0,587
3	0,549
PROMEDIO	0,553

Fuente: Elaboración propia

Concentración de Glúcido en Penca de Tuna
X= 65,5 $\mu\text{g/mL}$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

$$100 \text{ mL} \times \frac{6550 \text{ } \mu\text{g}}{100 \text{ mL}} = 6550 \text{ } \mu\text{g de Glúcido}$$

$$200 \text{ mL} \times \frac{6550 \text{ } \mu\text{g}}{100 \text{ mL}} = 13100 \text{ } \mu\text{g de Glúcido} = 0,0131 \text{ g}$$

$$\% \text{ Glucido} = \frac{0,0131 \text{ g}}{0,2538 \text{ g}} \times 100\% = 5,16 \% \text{ de Glúcido}$$

Tabla 18. Datos obtenidos de la muestra de Hongos

MUESTRA DE HONGO	
MUESTRA	ABSORBANCIA
1	0,364
2	0,350
PROMEDIO	0,357

Nota. Elaboración propia

Concentración de Glúcido en Hongo
X= 39,6 $\mu\text{g/mL}$

$$2000 \text{ mL} \times \frac{39,6 \text{ } \mu\text{g}}{1 \text{ mL}} = 79200 \text{ } \mu\text{g de Glúcido} = 0,08 \text{ g de Glucido}$$

$$\% \text{ Glucido} = \frac{0,08 \text{ g}}{0,5435 \text{ g}} \times 100\% = 14,72 \% \text{ de Glúcido}$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Tabla 19. Comparación de inulina obtenida de raíces de dalia con penca de tuna y hongos

MUESTRA	Masa (g)	% de Glúcido Experimental	% de Glúcido Bibliografía	FUENTE
Raíces de Dalia	0,8213	7,31	12,28-16,56	Elaboración Propia
Penca de Tuna	0,2538	5,16	7.38-10	Proyecto de grado Univ. Ramiro Moisés Cussi Limachi
Hongos	0.5435	14,72	6,49	Proyecto de grado Univ. Giovanna Mamani Limachi Univ. Anahí Zelaya

Nota. Elaboración propia

7.7 Rendimiento de la Extracción de Inulina

Las muestras de inulina en un inicio se pesaron 320 g de raíces de Dalia secas, luego de realizar una extracción solido líquido, donde la inulina seca obtenida tiene una masa total de 51 gramos, el cual fue secado en el desecador:

$$\% R = \frac{m \text{ final}}{m \text{ inicial}} \times 100\%$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

$$\%R = \frac{51 \text{ g}}{320 \text{ g}} \times 100\% = 15.94\%$$

Figura 29. Inulina Obtenida



Nota. Elaboración Propia

Posteriormente se hizo una comparación con otros rendimientos obtenidos para verificar si se tiene un rendimiento adecuado. Ibarra et al. (2010) quien cita a Van Loo, J. obtiene un rendimiento de 59 % (59 g sobre 100 g de muestra) de inulina en raíces de Dalia (*Dahlia* spp.), Frank (2006) menciona un rendimiento de 10 -12 % (10-12 g sobre 100 g de muestra) de inulina en raíces de Dalia (*Dahlia pinnata*). De modo que el resultado obtenido se debe a muchos factores tales como: especie, clima, suelo, tiempo de cosecha, fertilización, si es planta silvestre o de cultivo en nuestro caso es una planta de cultivo. Santana Legorreta S et al. (2016) menciona que las dalias silvestres aumentan de manera significativa el contenido de inulina y fructanos de las raíces, aunque reduce la relación fructosa/glucosa, relacionada con el largo de la cadena polimérica y que a medida que las raíces van envejeciendo acumulan reservas bajo la forma de inulinas y fructanos de cadena más larga, el conocimiento de estos factores permitiría obtener un mejor rendimiento y controlar el largo de la cadena polimérica.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

La tabla 20 muestra las características físicas observadas de la inulina extraída de las raíces de dalia.

Tabla 20. Propiedades observadas en la Inulina extraída de Dalia

Propiedad	Característica
Apariencia	Polvo fino
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
Ph	7
Densidad	1.2 g/mL
Brix (° Bx)	42

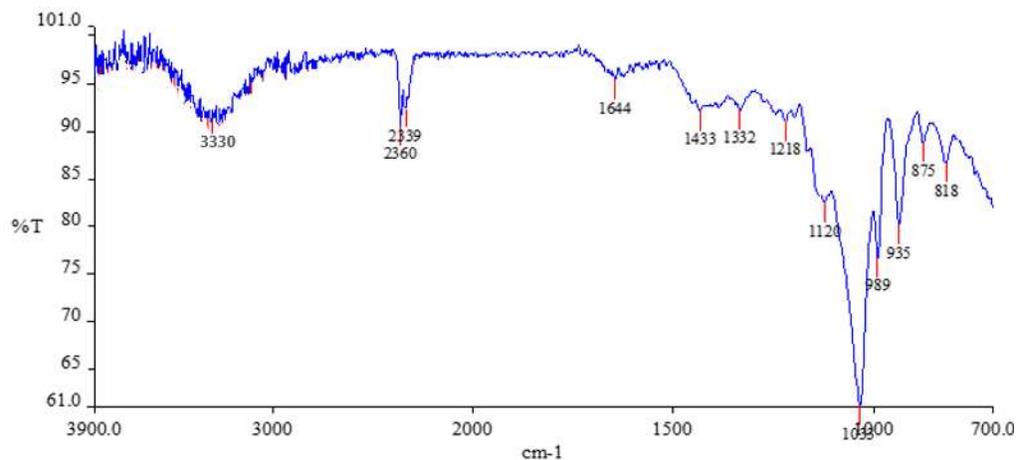
Nota. Elaboración Propia

La característica de la inulina obtenida concuerda con la inulina comercial de achicoria, el color y el sabor neutro también indica ser éste un fructano (Madrigal & Sangronis, 2007).

7.8 Caracterización Espectrofotométrica FT-IR

Para constatar que la sustancia aislada del extracto de dalia es inulina se realizó un análisis de espectrometría infrarroja. El espectro obtenido se muestra en la Figura 30.

Figura 30. Espectrofotometría de la Inulina Extraída de las Raíces de Dalia



Nota. Elaboración Propia

El espectro infrarrojo es característico a los que presentan los oligosacáridos, las señales fundamentales es la banda de vibración de los grupos hidroxilo, -OH a 3330 cm^{-1} , también vibraciones a -C-O a 1644 cm^{-1} , -CH₂ a 1033 cm^{-1} , asociados a las conformaciones en el anillo hemiacetalico, también se observaron vibraciones de deformación -CH₂ a 1433 cm^{-1} , vibraciones C-O-C = 1150 cm^{-1} , una señal importante es el correspondiente a los enlaces glicosídicos -C-C- 1033 cm^{-1} , los enlaces anoméricos se muestran a C-H = 938 cm^{-1} , esta señal corresponde a los enlaces glicosídicos para los β -glucanos de la unidades de azúcares del polisacárido.

Las bandas principales reportadas en la literatura correspondiente a inulina extraída de *Dalia imperiales* (Beatriz H. Bernal et al.,2005) son 3395, 2940, 1130, 934 cm^{-1} , observando gran coincidencia entre este trabajo y el de la literatura.

7.9 Aplicación de la Inulina en la Elaboración de Helado

7.9.1 Helado de Agua (Inulina como Sustituto de Azúcar)

- **Formulación**

Tomando como referencia la Tabla 5 “Aplicación de Inulina en Alimentos”, la dosificación de inulina en helados es de 2-10 % en nuestro caso se usó una concentración del 10 % de inulina como sustituto de azúcar en helados, por otro lado, según bibliografía consultada para evitar la dureza de los alimentos no se debe eliminar el 100 % del azúcar solo un 50 %, de modo que del 20 % de azúcar que se requiere para la elaboración de un helado tradicional solo agregaremos un 10 % para así evitar como se mencionó anteriormente la dureza del helado.

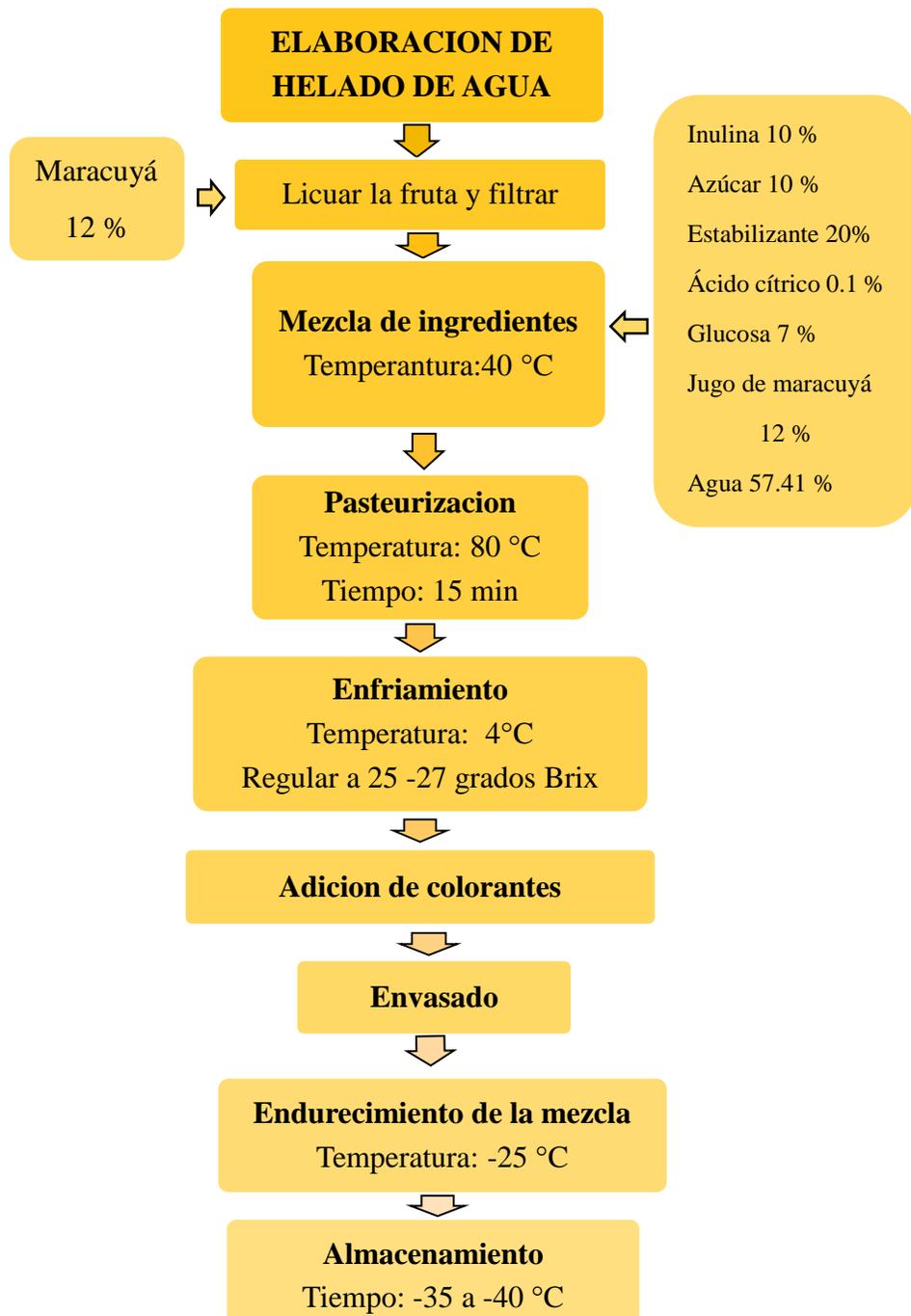
Tabla 21. Formulación original para elaboración de helado de Frutas

Ingredientes	g/100 g.
Jugo de fruta maracuyá	12 %
Azúcar	10 %
Glucosa	7 %
Ácido cítrico	0.1 %
Estabilizante	0.20 %
Agua	57.41 %
Inulina	10 %

Nota. Elaboración Propia

- **Procedimiento**

Figura 31. Proceso de elaboración de Helado de Agua sabor maracuyá



Nota. Elaboración Propia

- **Cálculos y Resultados**

- Masa de fruta (12 %)

masa de maracuyá = 200 g

- Cálculos para masa de glucosa (7 %)

$$200g \text{ --- } \rightarrow 12 \%$$

$$X g \text{ --- } \rightarrow 7 \%$$

$$m = \frac{200 g \times 7\%}{12 \%$$

m= 117 g de glucosa

- Cálculos para masa de ácido cítrico (0.1%)

$$200g \text{ --- } \rightarrow 12 \%$$

$$X g \text{ --- } \rightarrow 0.1 \%$$

$$m = \frac{200 g \times 0.1 \%}{12 \%$$

m= 1.7 g de ácido cítrico

- Cálculos para masa de estabilizante (0,20 %)

$$200g \text{ --- } \rightarrow 12 \%$$

$$X g \text{ --- } \rightarrow 0.20 \%$$

$$m = \frac{200 g \times 0.20 \%}{12 \%$$

m= 3.3 g de estabilizante

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

- Cálculos para agua (57.41 %)

$$200\text{ g} - - - \rightarrow 12\%$$

$$X\text{ g} - - - \rightarrow 57.41\%$$

$$m = \frac{200\text{ g} \times 57.41\%}{12\%}$$

$$m = 957\text{ g de agua}$$

$$d\text{ agua} = 1\text{ g/mL} - - - \rightarrow m = \mathbf{957\text{ mL de agua}}$$

- Cálculos para masa de azúcar (10 %)

$$200\text{ g} - - - \rightarrow 12\%$$

$$X\text{ g} - - - \rightarrow 10\%$$

$$m = \frac{200\text{ g} \times 10\%}{12\%}$$

$$m = \mathbf{167\text{ g de azúcar}}$$

- Cálculos para masa de inulina (10 %)

$$200\text{ g} - - - \rightarrow 12\%$$

$$X\text{ g} - - - \rightarrow 10\%$$

$$m = \frac{200\text{ g} \times 10\%}{12\%}$$

$$m = \mathbf{167\text{ g de inulina}}$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 32. Licuado de Fruta



Nota. Elaboración propia

Figura 33. Filtrado de la pulpa



Nota. Elaboración propia

Figura 34. Mezcla de ingredientes



Nota. Elaboración propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 35. Pasteurización de la Mezcla



Nota. Elaboración propia

Figura 36. Endurecimiento de la Mezcla



Nota. Elaboración propia

Figura 37. Helados de Fruta sabor Maracuyá obtenidos



Nota. Elaboración propia

7.9.2 Helado de Leche (Inulina como Sustituto de Grasa)

- **Formulación**

Tomando como referencia la Tabla 6” Revisión Bibliográfica acerca del uso de Inulina en Helados”, se hace uso de una concentración de inulina de 3% para helados bajos en grasa.

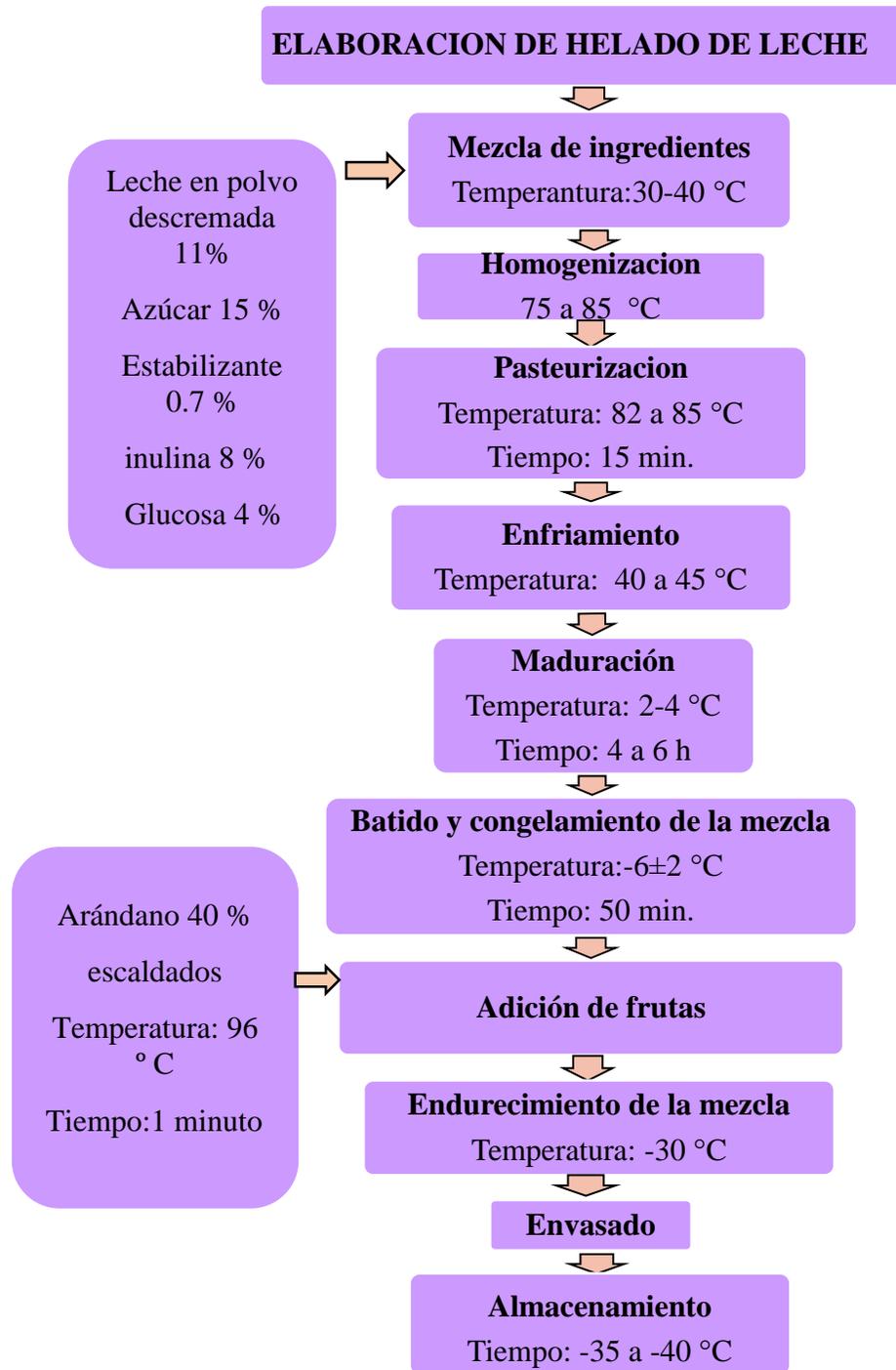
Tabla 22. Formulación original para elaboración de helado de leche

Ingredientes	g/100 g.
Leche en polvo descremada	11 %
Inulina	3 %
Estabilizante	0.7 %
Glucosa	4 %
Azúcar	15 %
Fruta	40 %

Nota. Elaboración Propia

- **Procedimiento**

Figura 38. Proceso de elaboración de Helado de Leche sabor arándano



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

- **Cálculos y Resultados**

- Cálculos para masa de leche en polvo descremada (11%) para un volumen de 1.5 L y una densidad de helado 1.05 g/ml

$$V = 1.5 \text{ L} = 1500 \text{ mL}$$

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow m = d \times v$$

$$m = 1.05 \text{ g/mL} \times 1500 \text{ mL}$$

$$m = 1575 \text{ g}$$

$$1575 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 11 \%$$

$$m = \frac{1575 \text{ g} \times 11 \%}{100 \%}$$

m= 173.2 g de leche en polvo descremada

- Cálculos para masa de leche en polvo entera

$$173.2 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 74 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$m = \frac{173.2 \text{ g} \times 100 \%}{74 \%}$$

m= 234 g de leche en polvo entera

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

- Cálculos para masa de Inulina (3%)

$$1575 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 3\%$$

$$m = \frac{1575 \text{ g} \times 3 \%}{100 \%}$$

$$\mathbf{m = 47.25 \text{ g de inulina}}$$

- masa de estabilizante (0.7 %)

$$1575 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 0.7 \%$$

$$m = \frac{1575 \text{ g} \times 0.7\%}{100 \%}$$

$$\mathbf{m = 11.0 \text{ g de estabilizante}}$$

- masa de glucosa (4 %)

$$1575 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 4 \%$$

$$m = \frac{1575 \text{ g} \times 4 \%}{100 \%}$$

$$\mathbf{m = 63 \text{ g de glucosa}}$$

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

- masa de azúcar (15 %)

$$1575 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 15 \%$$

$$m = \frac{1575 \text{ g} \times 15 \%}{100 \%}$$

$$m = 236.25 \text{ g de azúcar}$$

- Masa para fruta 40 %

$$1575 \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ --- } \rightarrow 30 \%$$

$$m = \frac{1575 \text{ g} \times 30 \%}{100 \%}$$

$$m = 472 \text{ g de fruta (arándano)}$$

Figura 39. Mezcla y Homogenización de Ingredientes



Nota. Elaboración propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

Figura 40. Pasteurización de la Mezcla



Nota. Elaboración propia

Figura 41. Maduración de la Mezcla



Nota. Elaboración propia

Figura 42. Batido y Congelamiento de la Mezcla



Nota. Elaboración propia

Figura 43. Endurecimiento de la Mezcla



Nota. Elaboración propia

Figura 44. Obtención del Helado de Leche



Nota. Elaboración propia

- **Método de Medición: Sobre aumento (Overrum)**

Según norma boliviana (NB - 703): El aireado o sobre expiación de los helados, determina la cantidad de aire o aumento en volumen provocado por el batido, se incorpora a la masa del helado con objeto de producir una textura más delicada.

➤ **Fórmula para cálculo de sobreamiento (overrun)**

$$\% \text{ de sobreamiento} = \frac{\text{peso del helado} - \text{peso de la mezcla}}{\text{peso de la mezcla}} \times 100$$

$$\% \text{ de sobreamiento} = \frac{1795 \text{ g} - 1578 \text{ g}}{1578 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de sobreamiento} = 14 \%$$

Resultado un helado agradable, dulce-acido a arándano, con una leve formación de cristales de hielo, de consistencia firme, de fusión lenta y cuerpo esponjoso, los beneficios de la inulina y su aplicación permitieron obtener un producto con estructura relativamente suave y estable, parecida a las grasas, manteniendo una textura similar a las mismas, al no contar con una máquina batidora exclusiva para incorporar aire durante el batido y congelación el overrun no resulto óptimo, esto provoco que el helado sea levemente denso y frío en la boca, obteniéndose una estructura ligeramente cremosa. En cuanto al helado de maracuyá no presento dureza alguna, se obtuvo buenas características sensoriales, lo cual hace que el helado de leche y agua sea una buena opción para personas diabéticas y para aquellas personas que llevan una vida saludable, por los beneficios que aporta la inulina y las frutas de bajo índice glucémico que se usó para elaboración de ambos helados.

CAPITULO IV

8 Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

- El método propuesto para la extracción de inulina de la especie estudiada fue extracción solido-líquido que utiliza reactivos y material comunes, mismo que proporciona un rendimiento de 15,94 % en 320 g de raíz de Dalia, es decir 51 g.
- La temperatura y el tiempo de maceración de raíces tuberosas de dalia produjeron un efecto significativo sobre la extracción de inulina, siendo 80 °C durante 45 minutos la combinación de extracción óptima. El pH no tuvo efectos significativos para este propósito, pero aun así se obtuvo mejores rendimientos a pH 9 en una relación de pulpa/agua de 1:10.
- El contenido de glúcidos en raíces de dalia, determinado por el método fenol ácido sulfúrico fue de 7,31 % de Glúcido en 0,8213 g de muestra el cual fue comparado posteriormente con las concentraciones de glúcido que presentan los hongos y penca de tuna.
- Los espectros IR de la muestra extraída de la especie estudiada muestran que se trata de inulina por su similitud con espectros bibliográficos, las pruebas cualitativas también indican que el extracto se trata de inulina.
- Según bibliografía citada se menciona que 100 g raíz de dalia (*Dahlia* spp.) contiene 59 g de inulina y que 100 g raíz de dalia (*Dahlia pinnata*) contiene 10-12 g de inulina , la cantidad que se obtuvo en este trabajo fue de 15,94 g (100 g de raíz), esta variación podría deberse a muchos factores tales como, especie, domesticación de la planta, época de cosecha, clima, suelo, si son plantas silvestres o de cultivo, porque según bibliografía consultada el cultivo de dalias silvestres

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

aumenta de manera significativa el contenido de inulina y fructanos de las raíces, por otra parte afirma que a medida que las raíces van envejeciendo acumulan reservas bajo la forma de inulinas y fructanos de cadena más larga, es necesario estudiar este aspecto de manera experimental a fin de obtener un mejor rendimiento.

- La aplicación de inulina en la elaboración de helado de agua sabor maracuyá obtuvo buenos resultados en las características sensoriales en cuanto al color, sabor, textura y olor, siendo apto para personas diabéticas y público en general gracias al 10 % de inulina agregado. El helado no presentó dureza lo cual según bibliografía se debió al porcentaje de azúcar agregado, sería recomendable aplicar la misma formulación de helados de agua, pero sin presencia de azúcar para verificar la diferencia en la palatabilidad.
- La formulación para el helado de leche con características prebióticas (inulina) al igual que los helados de agua presento buenas características sensoriales a pesar de la disminución de grasa y también nutricionales al presentar una reducción de las calorías, valor glucídico y lipídico al remplazar el 100 % de las grasas por inulina con respecto a un helado de leche tradicional. En cuanto al overrun resulto un sobreamiento bajo, el aire incorporado durante el batido y congelación no fue lo suficiente puesto que no se contaba con una batidora óptima para la elaboración de helado, esto pudo ocasionar que el helado sea levemente denso en la boca.
- Se obtuvo un alimento funcional con alto contenido en fibra alimentaria proveniente tanto de la inulina como de la fruta agregada, por esta razón el helado de leche sabor arándano y el helado de fruta sabor maracuyá sería una buena opción para las personas que busquen un alimento prebiótico con efectos beneficiosos para la salud.
- El uso de inulina se potencia en el mercado actual debido a las características funcionales que la hacen muy atractiva, abriéndose la posibilidad de incluirla en

muchos productos que tradicionalmente tienen un consumo alto, pero no son fuente de fibra, como es el caso de los helados.

8.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio respecto al tiempo de cosecha de la raíz (antes de la floración, en la floración o después de la floración) para obtener un mayor rendimiento de inulina, porque en esta investigación se utilizaron raíces cosechadas después de la floración, pero también se debe tener en cuenta la variedad de la planta, clima, suelo ya que si se trabaja con raíces silvestres o raíces que hayan envejecido por más tiempo se podría obtener mejores rendimientos porque de esta forma las raíces acumulan más reservas bajo la forma de inulinas y fructanos.
- La variable que más dificultad presenta en el proceso de extracción es la temperatura. Lo recomendable sería contar con una placa que posee un selector de potencia que permite ajustar la emisión térmica para mantener el proceso a una temperatura constante y no presentar dificultades ni error al hacerlo manualmente.
- Analizar el bagazo residual del proceso de extracción para verificar si aún queda una cantidad considerable de inulina para ser extraída en una segunda etapa de extracción en caliente.
- La Dalia muestra tener varias ventajas ya que se podría hacer un estudio técnico económico para la industrialización de la inulina, además de la comercialización de las flores con fines ornamentales y el bagazo (que se produce durante el proceso) el cual se podría aplicar con fines energéticos u otros como alimento para ganado.

9 Bibliografía

1. Akalin AS, Erişir D. 2008. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. [en línea] Journal of food science,73(4), M184-M8.
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18460135/>> [consulta:07 septiembre 2019]
2. Akbari M, Eskandari MH, Niakosari M, Bedeltavana A. 2016. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low fat ice cream [en línea]. International Dairy Journal,57,52-55.
<https://www.researchgate.net/publication/298703488_The_effect_of_inulin_on_the_physicochemical_properties_and_sensory_attributes_of_low-fat_ice_cream> [consulta:15 octubre 2020]
3. Ayoe Sibel Akalin, Cem Karagözlü, Gülfem Ünal 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. [en línea] Eur Food Res Technol,227(3):889-895. <https://didatticagelato.it/wp-content/uploads/simple-file-list/Rheological_properties_of_reduced-fat_an.pdf> [consulta:13 octubre 2019]
4. Badui, S. 2006. Química de los alimentos. 4.a ed. Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
5. Barclay, T., Ginic-Markovic, M., Cooper, P., y Petrovsky, N. 2010. Inulin: A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. Journal of Excipients and Food Chemicals, 1(3): 27-50.
6. Barrionuevo M, Carrasco J, Cravero B, Ramón A.2011. Formulación de un helado dietético sabor arándano con características prebióticas. Dieta,29(134):23-8.
<https://cdn.blueberriesconsulting.com/2020/09/pdf_000067.pdf>[consulta:22 noviembre 2019]

7. Beatriz H. Bernal, Jairo Calle, Elcy Q. Duarte, Roberto Pinzón y Mario Velásquez 2005. Inulin from tubers of *Dahlia imperialis* Roetz. *Revista Col. Cienc. Quím. Farm.*, 34 (2):122-125.
<<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/9184/0>>
[consulta:03 agosto 2019]
8. Chirínos R. 1999. Obtención y caracterización de los oligofruktanos a partir de la raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolia* Poepp. & Endl.) [Tesis para obtener el grado de Magister Scientiae, escuela de Post-grado de la especialidad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú].
9. Coussement, P. & Franck, A. 2001. Inulin and oligofruuctose. En Taylor & Francis Group (Ed.), *Handbook of dietary fiber* (pp.). Editorial Marcel Dekker, Inc.
Devereux H, Jones G, McCormack L, Hunter W. 2003 Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofruuctose. *Journal of food Science*, 68(5):1850-4. <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12341.x>> [consulta:13 enero 2020]
10. El-Nagar G, Clowes G, Tudorica CM, Kuri V, Brennan CS. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2):89-93.
<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1471-0307.2002.00042.x>>
[consulta:21 enero 2020]
11. Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., y Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofruuctose as dietary fiber: A review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(5), 353–362.
12. Franck, A. 2006. Inulin. En Taylor & Francis Group (2.^a ed.), *Food polysaccharides and Their Applications* (pp.334-351). Editorial Advisory Board.
Fuentes, M., et al. 2015. Extracción y Caracterización de la Inulina presente en los Tubérculos de la *Dahlia* spp.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

- <<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/viewFile/6471/5690>> [consulta:05 febrero 2020]
13. Hashemi M, Gheisari HR, Shekarforoush S. 2015. Preparation and evaluation of low-calorie functional ice cream containing inulin, lactulose and Bifidobacterium lactis. *International Journal of Dairy Technology*,68(2):183-9.
<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1471-0307.12173>>
[consulta:22 febrero 2020]
 14. Hernández, M. y Sastre, A. 1999. *Tratado De Nutrición*. Primera edición. Madrid, España. Editorial Díaz de Santos.
 15. Ibarra, E., Botero, J., & Cortés, C. 2010. *Ingeniería de tequilas (2.^a ed.)*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería
 16. IBNORCA NB- 33020 NORMA BOLIVIANA Lácteos – Helados y Mezcla para helados – Requisitos
 17. IBNORCA NB- 703 NORMA BOLIVIANA Productos Lácteos-Helados- Determinación del Aireado.
 18. Instituto Nacional de estadística (INE) Estado plurinacional de Bolivia. 2017. En 2016 se Registraron 138.124 casos de Diabetes.
<<https://www.ine.gob.bo/index.php/en-2016-se-registraron-138-124-casos-de-diabetes/>> [consulta:13 octubre 2019]
 19. Ismail E, Al-Saleh A, Metwalli A. 2013. Effect of inulin supplementation on rheological properties of low-fat ice cream. *Life Science Journal*,10(3):1742-1746. <<http://www.dx.doi.org/10.7537/marslsj100313.262>> [consulta:06 octubre 2020]
 20. Jingrong Gao, Margaret A. Brennan, Susan L. Mason & Charles S. Brennan 2016. Effect of sugar replacement with stevianna and inulin on the texture and predictive glycaemic response of muffins. *International Journal of Food Science & Technology*,51,1979-987.
<<https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.13143>> [consulta:13 octubre 2019]

21. Madrigal, L & Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición,57(4):387-394.
<<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/9184/0>>
[consulta:15 julio 2021]
22. Montani, M. L. 2004. Aplicaciones de la inulina y la oligofructosa. La Alimentación Latinoamericana,28(253).
23. Roberfroid MB, Van Loo JA, Gibson GR. 1998. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. The Journal of Nutrition,128(1):11-9.
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9430596/>> [consulta:13 octubre 2019]
24. Roberfroid, M. 2005. [Fructanos de tipo inulina Ingredientes alimentarios funcionales] (1.ª ed.).
25. Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México* (2.ª ed.), 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro Michoacán.
<https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf> [consulta:07 agosto 2021]
26. Schaller-Povolny L.A, Smith D.E. 1999. Sensory Attributes and Storage Life of Reduced Fat Ice Cream as Related to Inulin Content. Journal of food science,64(3),555-559.
<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15084.x>>
[consulta:23 junio 2020]
27. Santana Legorreta S, A Villanueva-Carvajal, EJ Morales-Rosales, A Laguna-Cerda, A Dominguez-Lopez 2016. Extracción y evaluación de inulina a partir de dalias silvestres mexicanas (*Dahlia coccinea* Cav.). Revista FYTON,85,63-70.
<http://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol85/Santana_Legorreta.pdf> [consulta:02 febrero 2020]

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

28. Seminario, J., Valderrama, M. y Manrique, I. 2003. El Yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Intencional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú.
29. Sorensen, P.D. 1970. *Dahlia: An Early History*. *Arnoldia* 30, 121-138 Wouters, R. (2005). Los beneficios de la inulina y la oligofructosa en los helados en *Mundo Lácteo y Cárnico* ,29-31.

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

10 Anexos

ANEXO 1: Lavado de las Raíces de Dalia



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 2: Precipitado de la Inulina



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 3: Ajuste del pH



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 4 Purificación del precipitado de Inulina



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 5: Extracto de Inulina antes y después del proceso de secado



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 6: Pruebas Cualitativas-Reacciones en el extracto acuoso



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 7: Ensayo de Dragendorf



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 8: Ensayo de Mayer



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 9: Ensayo de Wagner



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 10: Ensayo de Cloruro Férrico



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 11: Ensayo de Shinoda



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 12: Ensayo de Fehling



Nota. Elaboración Propia

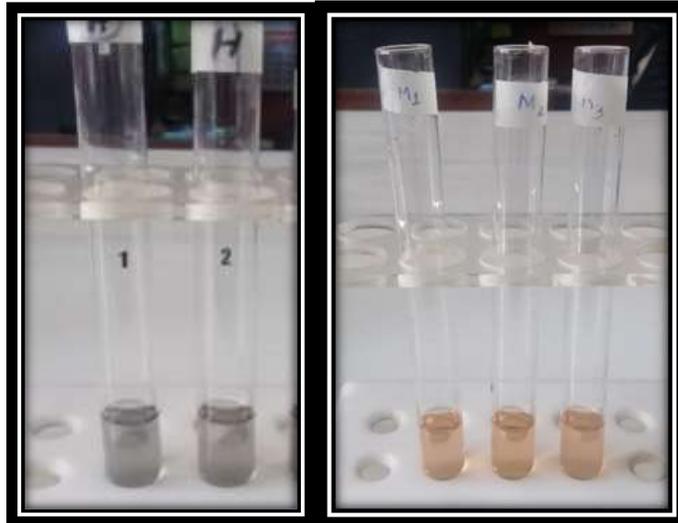
OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 13: Matraces aforados de 100 mL con muestras patrón



Nota. Elaboración Propia

ANEXO 14: Tubos de ensayo con muestra de Hongo y Penca de Tuna



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

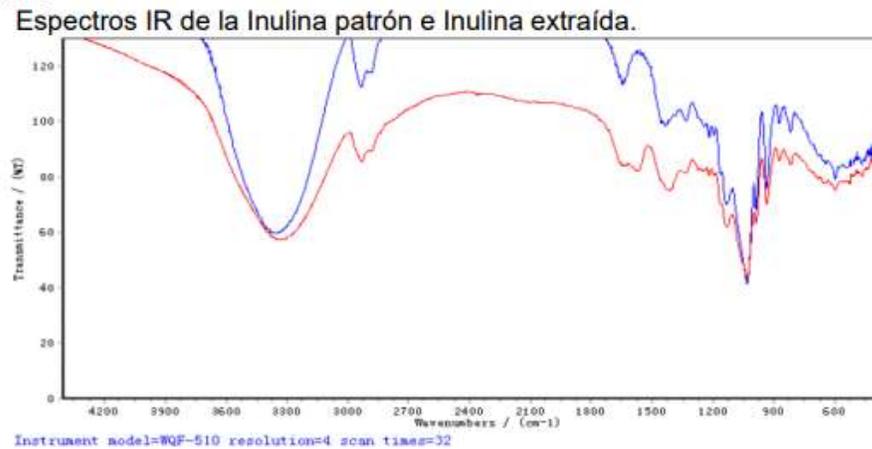
ANEXO 15: Equipo Spectrum BX FT-IR System



Nota. Elaboración Propia

OBTENCIÓN DE INULINA DE ALTURA DE LA RAÍZ DE DALIA

ANEXO 16: Espectro de IR de inulina patrón

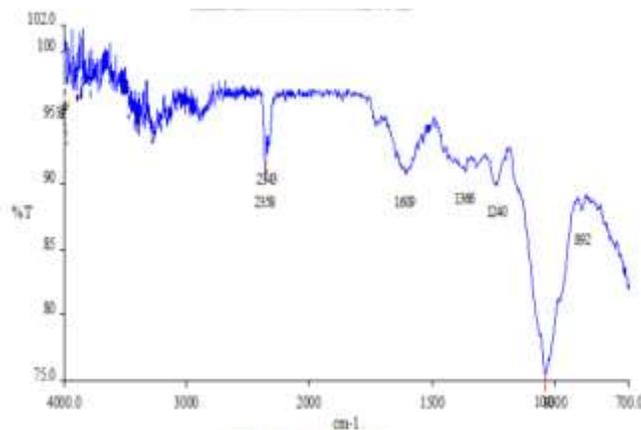


Inulina Patrón (azul)

$$\begin{array}{lll} \nu_{\text{OH}} = 3360 \text{ cm}^{-1} & \nu_{\text{Csp}^3\text{-H}} = 2925.33 \text{ cm}^{-1} & \nu_{\text{C-O}} = 1649.5 \text{ cm}^{-1} \\ \nu_{\text{C-C}} = 1033 \text{ cm}^{-1} & \nu_{\text{C-O-C}} = 1143 \text{ cm}^{-1} & \delta \text{ CH}_2 = 1461 \text{ cm}^{-1} \end{array}$$

Nota. Adaptado de “Extracción y caracterización de Inulina de tubérculos de Dahlia (“Elga” tipo semi-cactus familia Asteraceae) para uso como prebiótico”) (p. 33), por Edelbis López Dávila, 2010

ANEXO 17: Espectro IR de inulina de penca de tuna



Nota. Adaptado de Extracción y Caracterización de La Fibra de Tuna (Opuntia ficus-indica) (p. 60), por Ramiro Moises Cussi Limachi, 2020.