

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Extracción de inulina de raíces y tallos de la provincia del Carchi y su utilización en el desarrollo de un yogurt líquido y un helado cremoso”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieras en Alimentos

AUTORAS: Arcos Quistial Evelin Yesenia

Enríquez Valenzuela Yolanda Elizabeth

TUTOR: Ing. Anchundia Lucas Miguel Angel, MSc.

Tulcán, 2024.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que las estudiantes Arcos Quistial Evelin Yesenia con el número de cédula 0401520432 y Enríquez Valenzuela Yolanda Elizabeth con el número de cédula 0401397906 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Extracción de inulina de raíces y tallos de la provincia del Carchi y su utilización en el desarrollo de un yogurt líquido y un helado cremoso"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizó la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Anchundia Lucas Miguel Angel, MSc.

TUTOR

Tulcán, febrero de 2024

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieras en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Arcos Quistial Evelin Yesenia con cédula de identidad número 0401520432 y yo Enríquez Valenzuela Yolanda Elizabeth con cédula de identidad 0401397906. respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica y los resultados y conclusiones a las que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Arcos Quistial Evelin Yesenia

AUTORA



Enríquez Valenzuela Yolanda Elizabeth

AUTORA

Tulcán, febrero de 2024

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotras, Arcos Quistial Evelin Yesenia y Enríquez Valenzuela Yolanda Elizabeth declaramos ser autoras de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Extracción de inulina de raíces y tallos de la provincia del Carchi y su utilización en el desarrollo de un yogurt líquido y un helado cremoso" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Arcos Quistial Evelin Yesenia

AUTORA



Enríquez Valenzuela Yolanda Elizabeth

AUTORA

Tulcán, febrero de 2024

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a mi madre y padre que son mi motor y motivación para lograr mis sueños y mis anhelos, quienes me brindaron su amor, apoyo, paciencia y estuvieron siempre a mi lado en los días y noches largas de varias horas de estudio desde el comienzo de universidad hasta finalizar, me proporcionaron su ánimo para que cada día me levante y así conseguir mis metas. Son y serán siempre mis guías en esta vida. Además, agradecerle a Dios por proveerme la fuerza, salud y capacidad de seguir este sueño y obtener mi título universitario. También a mi novio agradezco su apoyo y amor en los momentos de duda y alegría, gracias por estar a mi lado en este proceso. A mi querida mascota que con su alegría y entusiasmo al recibirme siempre llenándome de alegría el corazón. Por último y no menos importante a mis compañeros, amigos y docentes por su disposición y contribución a este trabajo no habría sido posible.

Arcos Quistial Evelin Yesenia

Primero quiero agradecer a Dios por un día más de vida para seguir adelante luchando por nuevas metas y sueños. Gracias a mis padres por inculcarme valores de respeto honestidad y valentía de seguir adelante y por su empuje de decirme si puedes, a mis hermanos que son parte importante de mi vida con quienes he compartido desde niña y también son promotores de que siga estudiando, a mis hijas que son el motor principal de seguir adelante por ellas darles ejemplo de superación, a mi esposo, es el quien me ayudo en este proceso de seguir estudiando de darme ánimo cuando ya no podía gracias mi amor por todo tu apoyo. A mis amigos gracias por levantarme el ánimo de que siga y no me rinda, a todas las personas que estuvieron de una y de otra manera en este proceso gracias y mil gracias por sus enseñanzas las llevo en mi corazón.

Yolanda Elizabeth Enríquez Valenzuela

Agradecemos a nuestro tutor MSc. Miguel Anchundia por su orientación, apoyo y paciencia, fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo investigativo.

Evelin Arcos y Yolanda Enríquez

DEDICATORIA

Mi dedicatoria va dirigida a mis padres que día a día lucharon y trabajaron para mí, por su amor infinito, sacrificio, su perseverancia y dedicación me han guiado en cada paso que he dado. Me enseñaron a ser responsable y que cumpla con mis obligaciones y siempre sea una mujer respetuosa, amable, honesta y más valores que me servirán en toda mi vida. También aquellas personas que ayudaron en todo este proceso de la tesis, gracias por su apoyo incondicional se logró seguir adelante.

Arcos Quistial Evelin Yesenia

A mis padres por estar siempre pendiente de mí y de familia por ayudarme gracias por cada una de las enseñanzas que nos ha dejado en esta vida en especial el tenerle con vida a mi mami y siga con nosotros es el regalo más hermoso que tengo, mi esposo y a mis hijas gracias chiquitinas por todo su apoyo, a mis amigas que ya no están conmigo, pero son mis ángeles hermosos que siempre me acompañan gracias amigas por su compañía, ustedes siempre serán parte de mi vida las quiero y las extraño para charlar y darles un abrazo grande algún día nos volveremos a ver.

Yolanda Elizabeth Enríquez Valenzuela

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
I. EL PROBLEMA	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	17
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.2. MARCO TEÓRICO	19
2.2.1. Inulina.....	19
2.2.2. Plantas con mayor contenido de inulina	22
2.2.3. Método de extracción de inulina	24
2.2.4. Métodos para medir cuantitativamente a la inulina.....	25
2.2.5. Yogurt	26
2.2.6. Helado	27
III. METODOLOGÍA	30
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	30
3.1.1. Enfoque	30
3.1.2. Tipo de Investigación	30
3.2. HIPOTESIS	30

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	31
3.3.1. Definición de variables	31
3.3.2. Operacionalización de las variables	33
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	35
3.4.1. Extracción de inulina por sólido – líquido.....	35
3.4.2. Determinación de azúcares totales	37
3.4.3. Análisis fisicoquímicos	38
3.4.4. Análisis reológico	40
3.4.5. Análisis sensorial	40
3.4.6. Elaboración del yogurt líquido	41
3.4.7. Elaboración del helado cremoso	43
3.4.8. Recursos	44
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	46
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1 RESULTADOS	49
4.1.1 Rendimiento de inulina.....	49
4.1.2. Formulaciones.....	49
4.1.3 Análisis fisicoquímicos	50
4.1.4 Análisis reológico del yogurt líquido y helado cremoso	53
4.1.5. Análisis sensorial	53
4.2. DISCUSIÓN	56
4.2.1. Rendimiento de inulina.....	56
4.2.2. Formulación del yogurt líquido con inulina	56
4.2.3. Aplicación de inulina en el yogurt líquido	57
4.2.4. Aplicación de inulina en el helado cremoso	58

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. CONCLUSIONES	61
5.2. RECOMENDACIONES	61
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
VII. ANEXOS	69

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Alimentos ricos en inulina	20
Tabla 2. Propiedades de la inulina	21
Tabla 3. Composición nutricional del yogurt por cada 100 g.....	27
Tabla 4. Composición nutricional del helado.....	28
Tabla 5. Definición y operacionalización de variables de extracción de inulina	33
Tabla 6. Definición y operacionalización de variables del yogurt líquido y helado cremoso.....	34
Tabla 7. Preparación de estándares para la curva de patrón del método Fenol-ácido Sulfúrico	37
Tabla 8. Factor de estudio del yogurt líquido con inulina de achicoria y de agave ..	46
Tabla 9. Factor de estudio del yogurt líquido con inulina de agave	46
Tabla 10. Factor de estudio del helado cremoso con inulina de achicoria.....	47
Tabla 11. Factor de estudio del helado cremoso con inulina agave.....	47
Tabla 12. Diseño completo de la elaboración del yogurt líquido	47
Tabla 13. Diseño completo de la elaboración del helado cremoso	48
Tabla 14. Cantidad de inulina en polvo de cada planta	49
Tabla 15. Formulación del yogurt líquido con inulina de agave y achicoria	49
Tabla 16. Formulación del helado cremoso con inulina de achicoria	50
Tabla 17. Formulación del helado cremoso con inulina de agave	50
Tabla 18. pH y °Brix del yogurt líquido	50
Tabla 19. pH y °Brix del helado cremoso	51
Tabla 20. Acidez titulable del yogurt líquido con inulina de achicoria	51
Tabla 21. Acidez titulable del helado cremoso con inulina de achicoria e inulina de agave	52
Tabla 22. Grasa del yogurt líquido con inulina de achicoria	52

Tabla 23. Grasa del helado cremoso con inulina de achicoria e inulina de agave ..	52
Tabla 24. Viscosidad del yogurt líquido con inulina de achicoria	53
Tabla 25. Viscosidad del helado cremoso con inulina de achicoria e inulina de agave	53
Tabla 26. Análisis sensorial del yogurt líquido con inulina de achicoria	54
Tabla 27. Análisis sensorial del helado cremoso con inulina de achicoria	55
Tabla 28. Análisis sensorial del helado cremoso con inulina de agave	56

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Estructura básica de la inulina a) D-glucopiranosil y b) β -D-Fructopiranosil	20
Figura 2. Flor, hojas y raíces de la Dalia	22
Figura 3. Flor, hojas y raíces de la Achicoria.....	23
Figura 4. Fruto y tallo de la Tuna.....	23
Figura 5. Tallo del Agave	24
Figura 6. Diagrama de obtención de inulina de los tubérculos de la Dahlia	25
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de extracción de inulina	36
Figura 8. Diagrama de flujo de la elaboración de yogurt líquido	43
Figura 9. Diagrama de flujo del helado	44
Figura 10. Extracción de inulina.....	69
Figura 11. Inulina en polvo.....	69
Figura 12. Absorbancia de inulina	70
Figura 13. Curva de calibración de glucosa e inulina	70
Figura 14. Yogurt líquido	70
Figura 15. Helado cremoso	71
Figura 16. Análisis del yogurt	71
Figura 17. Análisis de helado.....	71
Figura 18. Evaluación sensorial	72

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas.....	69
Anexo 2. Cálculos.....	72
Anexo 3. Formato de la hoja de cata para la evaluación sensorial.....	73

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo extraer inulina a partir de cuatro variedades de raíces y tallos de la provincia del Carchi para ser añadida en un yogurt líquido y un helado cremoso. Las variables a estudiar fueron (1, 2 y 3%) de inulina de achicoria, para el yogurt y helado, y con inulina de agave (0,6, 0,8 y 1%) para la formulación del helado y con una muestra testigo sin inulina. El estudio se realizó por triplicado en cada muestra, se realizó el análisis estadístico con un nivel de confianza del 95% y se aplicó la prueba Tukey mediante el programa InfoStat el cual ayudó a verificar si existe diferencia significativa entre los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y reológicos de cada uno de los tratamientos. De acuerdo con la evaluación sensorial se logró determinar que el T1 del yogurt líquido con 1% de inulina de achicoria, el T1 del helado cremoso con 0,6% de inulina de agave y el T1 del helado cremoso con 1% de inulina de achicoria fueron los tratamientos más aceptados por los panelistas. El tratamiento con mayor aceptabilidad del yogurt tuvo un pH 4,48, 16 °Brix, una acidez titulable de 0,86% y 4% de grasa; en el caso del helado se encontró un pH de 6,05, 42 °Brix, acidez titulable de 0,22% y 24% de grasa, mientras que en el helado con inulina de agave presentó un pH de 6,08, 44 °Brix, una acidez titulable de 0,28% y grasa del 32%. En el aspecto reológico el T1 del yogurt mostró una viscosidad de 526 cP, el T1 del helado con inulina de achicoria tuvo una viscosidad de 1200 cP y del helado con inulina agave llegó a tener una viscosidad de 1331 cP. Concluyendo que la inulina de achicoria en concentraciones del 1% en ambos productos y con 0,6% con inulina de agave en el helado modificó positivamente en las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas, resultado ser una alternativa para la industrialización.

Palabras claves; inulina, achicoria, agave, helado, yogurt

ABSTRACT

The objective of this research was to extract inulin from four varieties of roots and stems from Carchi province to be added to a liquid yogurt and a creamy ice cream. The variables to be studied were (1, 2, and 3%) chicory inulin for yogurt and ice cream and agave inulin (0.6, 0.8, and 1%) for the ice cream formulation and with a sample control without inulin. The study was carried out in triplicate on each sample, the statistical analysis was carried out with a confidence level of 95%, and the Tukey test was applied using the InfoStat program which helped to verify if there was a significant difference between the physicochemical, sensory and rheological parameters of each of the treatments. According to the sensory evaluation. It was determined that the T1 of liquid yogurt with 1% chicory inulin, the T1 of creamy ice cream with 0.6% agave inulin, and the T1 of creamy ice cream with 1% chicory inulin. They were the treatments most accepted by the panelists. The treatment with the highest acceptability of yogurt had a pH of 4.48, 16 °Brix, titratable acidity of 0.86% and 4% fat; In the case of the ice cream, a pH of 6.05, 42 °Brix, titratable acidity of 0.22% and 24% fat was found, while in the ice cream with agave inulin it presented a pH of 6.08, 44 ° Brix, a titratable acidity of 0.28% and fat of 32%. In the rheological aspect, the T1 of the yogurt showed a viscosity of 526 cP, the T1 of the ice cream with chicory inulin had a viscosity of 1200 cP, and the ice cream with agave inulin had a viscosity of 1331 cP. Concluding that chicory inulin in concentrations of 1% in both products and with 0.6% with agave inulin in ice cream positively modified the physicochemical, sensory, and rheological characteristics, it turned out to be an alternative for industrialization

Keywords: inulin, chicory, agave, ice cream, yogurt.

INTRODUCCIÓN

La inulina es un polisacárido soluble en agua perteneciente al grupo de los carbohidratos no digeribles, es un fructano natural que cumple diversas funciones en el organismo humano, especialmente como prebiótico. Se la utiliza en la elaboración de alimentos funcionales, como sustituto de grasa y azúcar y en suplementos que ofrecen beneficios a la salud del consumidor, por ejemplo, estimula el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino (Bhanja et al., 2022).

La inulina se encuentra naturalmente en alrededor de 36000 especies de plantas como son la cebolla, en raíces de achicoria, ajo, dalia, plátanos, alcachofas, agave, entre otras (Shoaib et al., 2016).

Debido a sus propiedades beneficiosas, la inulina es utilizada en la industria alimentaria como un estabilizante en productos lácteos (yogurt, queso y helados), contribuyendo en las propiedades fisicoquímicas, texturales, reológicas y sensoriales (Akal, 2023). Otras funciones de la inulina en los alimentos son como, espesante, espumante, emulsificante y gelificante que puede aplicarse en productos horneados (panes, galletas y pasteles), también permite obtener un sabor agradable al paladar en productos de confitería (dulces, caramelos, chocolates y gelatinas).

Cabe señalar que la cantidad de inulina incorporada en formulaciones de alimentos y sus efectos pueden variar según el tipo de alimento y el porcentaje de adición, también en características nutricionales y funcionales del producto final.

La extracción de inulina se la realiza a partir de plantas más ricas en fructanos, tales como las raíces de achicoria y de agave. En el proceso general de obtención de inulina se describen los siguientes pasos: selección de la materia prima, limpieza, extracción, filtración, concentración y finalmente para la cristalización ocurre un secado, tamizado y envasado. Este proceso es conocido como extracción sólido-líquido ya que se utiliza el agua como disolvente y ciertos reactivos como el etanol en un 96% para separar los componentes (Arroyo, 2021).

El yogurt es un alimento obtenido por la fermentación llevada a cabo por las bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, estos fermentos ayudan a la degradación de la lactosa para luego transformarse en ácido

láctico, este proceso sucede a partir de leche entera, pasteurizada, desnatada o descremada (Ramírez, 2010). Es consumido en la mayoría de países y su materia prima principal es leche de vaca.

Un helado es aquel producto lácteo que se encuentra solidificado, obtenido por la congelación de una mezcla compuesta por leche, agua, azúcar, crema de leche, colorantes, saborizantes y estabilizantes. Los helados de crema de leche son especialmente consumidos por niños, adolescentes y personas adultas, aunque estos contengan mayor porcentaje de grasa en su composición (Genovese et al., 2022).

El objetivo de este estudio se basó en extraer, cuantificar la cantidad de inulina presente en la achicoria, agave, dalia y tuna, y el polisacárido obtenido con mayor rendimiento fue utilizado en el desarrollo de un yogurt líquido y un helado cremoso y determinar si su adición influye en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Arroyo (2021) señala que la inulina es un fructano que se encuentra presente en diversas plantas, siendo considerado como un prebiótico que tiene efecto positivo en las bifidobacterias en el sistema digestivo. Sin embargo, existe una baja industrialización de este elemento en el Ecuador y no es aplicado por las industrias alimentarias debido a que su adquisición tiene altos costos en el mercado.

Frente a esto, es importante mencionar que la ausencia de industrias dedicadas a la extracción de inulina en el país y las bajas investigaciones sobre su utilidad, la inulina no se adiciona en la producción de alimentos lácteos, a pesar de que el Ecuador cuenta con una gran diversidad de plantas que son fuentes naturales de inulina (Escobar, 2018). Existe un mínimo interés por parte de las empresas alimentarias cuando se trata de dar importancia a las características que poseen ciertas plantas y desconocen sus efectos en su incorporación.

La zona del Carchi posee plantas con un gran valor para la extracción de inulina, pero son tratadas como plantas ornamentales y en algunos casos como malezas, debido a que la gente desconoce su aplicación en la creación de productos. Las plantas de la zona que presentan en su composición inulina son: achicoria, agave, dalia y tuna.

Por tal motivo, debido a la falta de industrialización sobre la extracción de inulina de tallos y raíces mencionadas anteriormente y por el mayor rendimiento de fructanos, la inulina será adicionada en productos como yogurt líquido y helado cremoso; para darles un valor agregado y determinar el efecto que puede tener en las características fisicoquímicas, sensoriales y reológica.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La adición de inulina en los productos lácteos modificará aspectos fisicoquímicos, sensoriales y reológicos de manera positiva de tal forma que pueda ser una alternativa de industrialización?

1.3. JUSTIFICACIÓN

A nivel industrial se ha iniciado a estudiar nuevas fuentes para obtener inulina extrayéndola de varias especies vegetales que presenten mayor porcentaje en su composición y puedan abastecer la demanda del mercado.

En el Ecuador se hallan diversas raíces andinas o plantas herbáceas que suelen pasar desapercibidas, si bien, aunque contengan ciertos valores nutricionales y sean ricas en inulina, no se las utiliza a nivel industrial, ese es el caso de la achicoria, agave, dalia y tuna. El fructano de estas plantas se lo puede aplicar en numerosos alimentos, por ejemplo, en el desarrollo de yogurt líquido y de helados de crema ya que la inulina brinda diversas funciones (Caguana, 2022).

La inulina al ser consumida de manera natural ayuda en la salud de la persona a tener un equilibrio en el tránsito intestinal, sirve como dieta para personas con diabetes y controla la absorción de glucosa, magnesio y calcio. Su utilización en la formulación de alimentos, ayuda en la disminución de calorías, como sustituto de grasa y de azúcar, como prebiótico, también se usa como modificador de la textura y aumenta la viscosidad en un nivel sensorial y favorece a la estabilidad del alimento (Pérez y Saucedo, 2020).

El consumo de alimentos lácteos en el Ecuador ha experimentado un aumento en los últimos años, por lo que, este trabajo motiva a la exploración y desarrollo de productos, como es un yogurt líquido y un helado cremoso enriquecidos con la adición de inulina extraída de plantas naturales de la región ya que beneficia en la textura, cremosidad, viscosidad, ayuda a reducir calorías y cumple un efecto de espesante, estabilizante y mejora la aceptabilidad.

Por esta razón la presente investigación se enfoca en la extracción de inulina de cuatro plantas siendo las más destacadas ya que contienen en su estructura una alta cantidad de fructanos para ser añadida en dichos alimentos lácteos, y que el

consumidor adquiera novedosos productos con un sabor agradable, buena textura y viscosidad.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Obtener la inulina a partir de cuatro variedades de fuentes (achicoria, agave, dalia y tuna) de la provincia del Carchi para ser añadida en yogurt líquido y helado cremoso.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento de extracción de inulina de las fuentes, tuna, dalia achicoria y agave.
- Desarrollar la mejor formulación del yogurt líquido y helado cremoso adicionando de inulina.
- Analizar las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del yogurt y helado del mejor tratamiento.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿De qué plantas se obtiene mejor rendimiento de extracción la inulina?
- ¿Qué concentración de inulina será necesaria en la formulación del yogurt y del helado?
- ¿Qué cambios fisicoquímicos, sensoriales y reológicos se observa en el yogurt con inulina?
- ¿Qué cambios fisicoquímicos, sensoriales y reológicos se observa en el helado con inulina?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los estudios sobre la extracción de la inulina usan como solvente de cristalización el etanol a 96% grado comercial con una relación (1:1), además de aplicar carbonato de calcio (CaCO₃) para evitar que la muestra se hidrolice, se usa un sistema de baño María, bomba centrífuga, licuadora, estufa, entre otros equipos. Este método es un proceso de difusión en el que se muelen o trituran las raíces de las plantas para ser agregadas en el agua como disolvente a temperaturas de 70 y 90°C; la fabricación de la inulina diluida, en sirope y cristales se conoce como método de extracción sólido líquido, hay casos que los cristales de inulina se los obtiene enfriando hasta 1°C por encima de las 10 horas para lograr una inulina cristalina (Pérez y Saucedo, 2020).

Rosero (2020) menciona que el efecto que tuvo la Inulina como un estabilizante en el yogurt aplicando los porcentajes de inulina (1%, 2% y 3%) y controlando su adición a temperaturas de 80°C y 43 °C; realizó un análisis estadístico aplicando una prueba de Tukey para demostrar su significancia y efecto que provoca en los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y vida útil del producto final.

Según Kamel et al. (2021) indican su estudio sobre el efecto de distintas concentraciones de inulina (0,2%, 0,4%, y 0,6%), observar su viabilidad en las bacterias probióticas (*Bifidobacterium bifidum*) y si existe o no cambios en las características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt probiótico. Controlando las cantidades, temperaturas, pH, entre otros aspectos logró determinar que la inulina no tiene efectos significativos por lo que concluye que la inulina es factible utilizarla en la elaboración de un yogurt tipo probiótico y prebiótico ya que mejora el crecimiento de las *Bifidobacterias* e incrementa la vida útil.

Asi mismo Pintor et al. (2018) investigó la incorporación de inulina en helados como un ingrediente para sustituir el contenido de grasa ya que tiene un uso muy relevante en la industria alimentaria. Este trabajo obtuvo como resultado que la inulina adicionada en un 3% alcanzó una disminución hasta el 25% en grasas butíricas y

grasas vegetales, se mantuvieron las características texturales y sensoriales en el producto final; y debido a la sustitución de grasa, gracias a la inulina se demostró que aumentó la viscosidad de la mezcla del helado, optimizando la incorporación de aireado y creando helados con consistencia suave y homogénea.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Inulina

La inulina fue aislada por primera vez por el científico alemán Rose en 1804 en la planta de helenio de la cual procede su nombre (*Inula helenium*), denominada inulina por Thompson en 1818. Tras un tiempo, Julius Sachs en el año 1864 logró identificar cristales de inulina con un microscopio conocidos como fructooligosacáridos (Pérez & Saucedo, 2020).

Según Escobar (2018) la inulina pertenece a la familia de los glúcidos complejos (polisacáridos). Está compuesta por cadenas moleculares de fructuosa. Se encuentra presente en las raíces de los tubérculos y rizomas de ciertas plantas fanerógamas (achicoria, papa, yacón, agave o maguey, henequén, tuna, chumbera o nopal, ajo, cebolla, espárrago, ajo), sirve de reserva de energía en las plantas, presenta una fórmula semidesarrollada $C_{6n}H_{10n+2}O_{5n+1}$. Se caracteriza por ser soluble en agua, color blanco, no tiene sabor, soluble en agua y forma un gel.

Químicamente es un hidrato de carbono compuesto por cadenas de 25 a 30 moléculas de fructuosa que tiene enlaces β (1-2) glucósidos terminando con una molécula de sacarosa, presentan un peso molecular de 6000 g/mol. Los fructanos son carbohidratos compuestos por fructuosa, tienen un grado de polimerización (GP) < 10. Son polímeros lineales o ramificados, están unidos por enlaces lineales β (2-1) fructosil-fructuosa, conocido con el término de fructanos (Pérez & Saucedo, 2020).

Tienen ciertos beneficios, se comporta como prebiótico por su capacidad de seleccionar y estimular el crecimiento de bacterias presentes en el colon como bifidobacterias y lactobacilos, haciendo que disminuyan otras especies perjudiciales. Aportando beneficios como mejora del sistema inmunitario y del buen funcionamiento del sistema intestinal, contribuye a la salud, reduce los niveles de colesterol e insulina en la sangre, ayuda a mejorar la absorción de ciertos minerales como calcio, magnesio, fósforo. Previene ciertas enfermedades como el cáncer de colon (Fiallos et al., 2017).

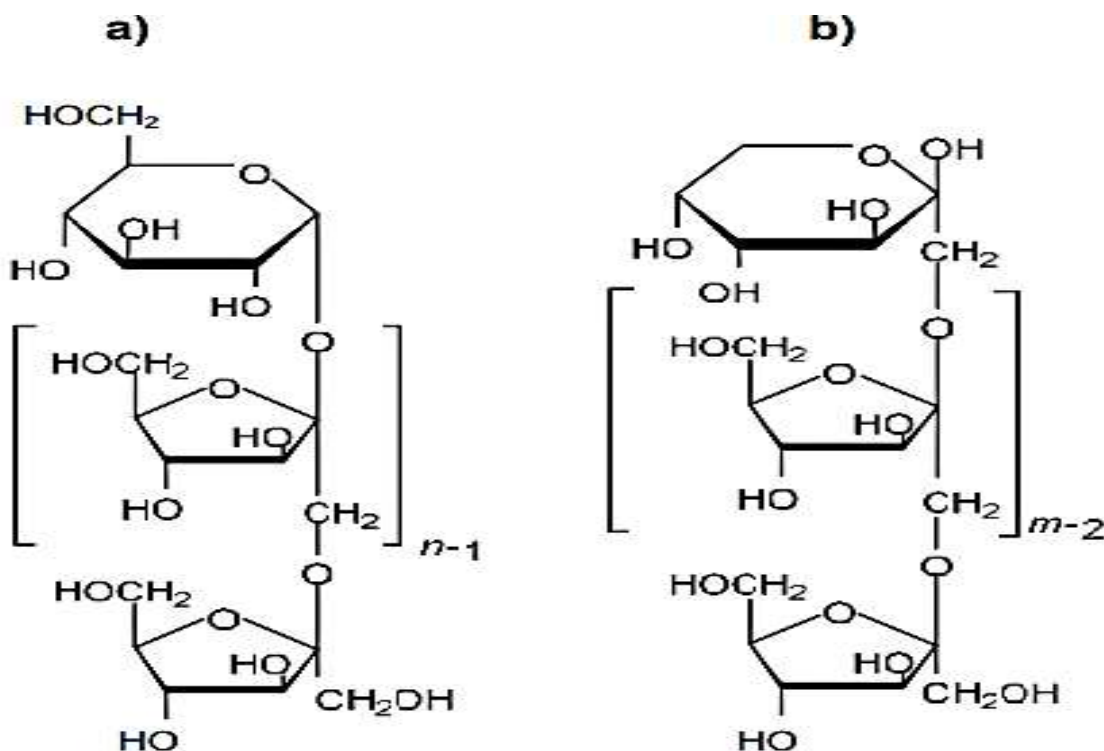


Figura 1. Estructura básica de la inulina a) D-glucopiranosil y b) β -D-Fructopiranosil
Fuente: Pérez y Saucedo (2020)

Tabla 1. Alimentos ricos en inulina

Alimentos	Cantidad de inulina (%)
Ajo	10-11
Espárragos	8-10
Salsifí	15 – 20
Topinambur	15 – 20
Alcachofa	14 – 16
Tuna	10
Tubérculos de Dalia	14
Achicoria	15 – 20
Jícama (Yacón)	9-11
Bardana	11
Agave	22.9
Trigo	6
Plátano	2-4

Fuente: Escobar (2018)

2.2.1.1. Características fisicoquímicas de la inulina

Entre las características y propiedades fisicoquímicas más importantes de la inulina se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades de la inulina

Propiedades / Características	Valor
Apariencia	Polvo blanco o café
Sabor	Neutro
Olor	Sn olor
Higroscopicidad	Elevada
GP promedio	10-12
Rango de GP	3-60
Solubilidad en agua a 25 °C	120 g/L
Solubilidad en agua a 90°C	350 g/L
Viscosidad en agua, 5% ,10°C	1.6 mPa.s
Temperatura de transición vítrea (Tg)	125-140 °C
Temperatura de fusión	165-180 °C
Estructura química	Lineal (1-2% ramificada)

Fuentes: Escobar (2018)

A nivel industrial, diversos países comercializan la inulina a manera de polvo de color blanco, sin olor y con un sabor neutral. Sin embargo, el tipo de inulina depende del grado de pureza que contenga la planta, se sabe que la inulina nativa contiene mayor cantidad de azúcares libres como son: la glucosa, fructosa y sacarosa, y son responsables de otorgar un sabor dulce y de tener un mayor grado de solubilidad (Pérez y Saucedo, 2020).

2.2.1.2. Aplicaciones en la industria alimentaria

La inulina puede ser aprovechada en la industria de alimentos en varias formas, por ejemplo, en chocolates puede ser implementada como un sustituto del azúcar, ya que su dulzor es similar a un edulcorante bajo en calorías, también actúa a modo de agente en la textura del alimento o un estabilizador de espumas o en ciertas emulsiones preparadas, de otra forma sirve como un sustituto de grasa en los embutidos logrando reducirla hasta un 37%, así mismo disminuye la dureza. Es muy eficaz cuando se la incorpora como un ingrediente o aditivo en la elaboración de jugos, productos y bebidas lácteas debido a que mejora su viscosidad; otros alimentos son aquellos fermentados, jaleas, postres aireados, helados y productos de panadería. La primordial función de la inulina es perfeccionar la textura, consistencia y estabilidad de los alimentos lácteos, productos horneados, cárnico y favorecer en el desarrollo de las bifidobacterias en el intestino mediante su ingestión en una dieta equilibrada (Rodríguez et al. 2019).

2.2.2. Plantas con mayor contenido de inulina

2.2.2.1. Tubérculos de Dalias (*Dahlia coccinea Cav.*)

Caguana (2022) menciona que la dalia proviene de Centroamérica y es endémica de los valles alpinos de arcilla y sílice de México, la Dalia (*Dahlia coccinea Cav*) es cultivada y mejorada genéticamente con fines ornamentales; almacena importantes cantidades de carbohidratos de reserva (inulina y otros fructanos) en su sistema radicular, por lo que estos tubérculos tienen un buen contenido de inulina del 38 al 53% del peso seco total y pueden reemplazar al almidón como carbohidratos. Por lo general las dalias son plantas herbáceas o arbustivas y sus raíces son carnosas llamadas también tubérculos como se muestra en la figura 2, los tallos de esta planta son huecos y compactos, tiene hojas en forma triangular, denticulado y una nerviación unifoliada (Legorreta et al., 2018).



Figura 2. Flor, hojas y raíces de la Dalia
Fuente: Caguana (2022)

2.2.2.2. Raíz de Achicoria (*Cichorium intybus*)

La achicoria (*Cichorium intybus*) es una planta herbácea que pertenece a la familia de las *Asteraceas*, sus raíces son blancas en su interior y amarillo-marrón en el exterior, en el momento que la raíz ha madurado se puede extraer la inulina y las oligofructosas; estos carbohidratos son de mayor aplicación en la industria alimentaria en la elaboración de diversos alimentos con el objetivo de mejorar la consistencia y a la vez aportar un bajo valor calórico y al consumidor aporte beneficios importantes para su salud (Fragoso, 2013).

Un nuevo estudio muestra que la inulina proveniente de la raíz de achicoria produce cambios en la composición de la microflora intestinal que pueden estar directamente relacionados con una mejor regulación intestinal y una mayor sensación de bienestar. La producción industrial de inulina empezó en Bélgica y en los Países Bajos a inicios

de los 90s, siendo las raíces de achicoria la principal materia prima por contener inulina en un 15 al 20 % de su peso fresco (Fiallos et al., 2017).



Figura 3. Flor, hojas y raíces de la Achicoria
Fuente: Fragoso (2013)

2.2.2.3. Tuna (Opuntia ficus-indica)

En los últimos años, la comunidad científica se ha interesado cada vez más en los beneficios para la salud de la tuna o nopal ya que se ha demostrado mejoras en la función plaquetaria, reducciones en los lípidos, triglicéridos y colesterol total y además reduce los niveles de isopropano en la sangre, lo que sugiere un menor daño oxidativo (Cacuango, 2019).

Las pencas son ricas en agua y contienen sales minerales que son el calcio, fósforo, hierro y vitaminas sobre todo la vitamina C; está compuesta por agua 84-90%, tiene carbohidratos un 10-15% destacándose a la inulina, sólidos solubles, glucosa y fructosa. Son plantas trepadoras con sistemas ramificados finos y extensos, sus troncos tienen ramas que con el tiempo se vuelven leñosas o secas hasta volverse leñosas, agrietadas y de color blanco a gris claro (Limachi, 2020).



Figura 4. Fruto y tallo de la Tuna
Fuente: Limachi (2020)

2.2.2.4. Cabuya negra o Agave

El agave se utiliza como sustituto del azúcar porque contiene un 90% de fructosa y tiene un índice glucémico bajo, crece naturalmente con la ayuda de minerales del

suelo y la lluvia. Se ha demostrado que tiene propiedades como agua de miel medicinal y saponinas naturales en las raíces y hojas que se utilizan para lavar el cabello desde la antigüedad (Escobar, 2018).

Uno de los principales componentes del agave es precisamente la inulina la cual es un polisacárido que tiene cadenas de azúcares de mejor calidad y más costosa que la que se obtiene de la caña de azúcar. Además, esta planta durante 8 años va almacenando reservas energéticas en forma de carbohidratos llamada inulina, al llegar a su estado de madurez la planta llega a tener de 18% al 22% de carbohidratos y se puede extraer todos los azúcares naturales (Villacrés, 2018).

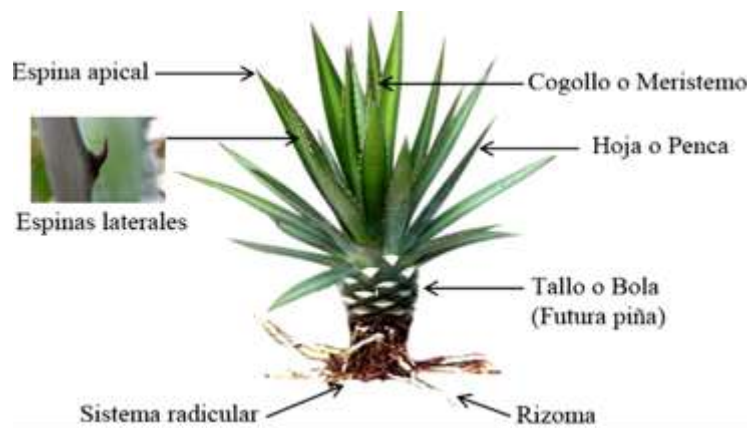


Figura 5. Tallo del Agave
Fuente: Villacrés (2018)

2.2.3. Método de extracción de inulina

Caguana (2022) en su estudio estableció el método para la extracción de la inulina esta tiene las siguientes etapas como se indica en la figura 6 donde primero se realiza la recolección de la materia prima (achicoria, dalia, tuna, cabuya negra), estas son lavadas, troceadas hasta extraer el jugo, se añade carbonato de calcio grado alimentario sirve para regular el pH hasta 7,6. Se continua con una filtración y calentamiento a 70 °C hasta que se concentre a la cuarta parte y obtenga 22 °Brix, después del concentrado se coloca etanol al 96% en relación 1:1 para precipitar los cristales, dejar enfriar a 2 °C por 24 horas para que se formen los cristales, finalmente se filtra y deja secar en la estufa.

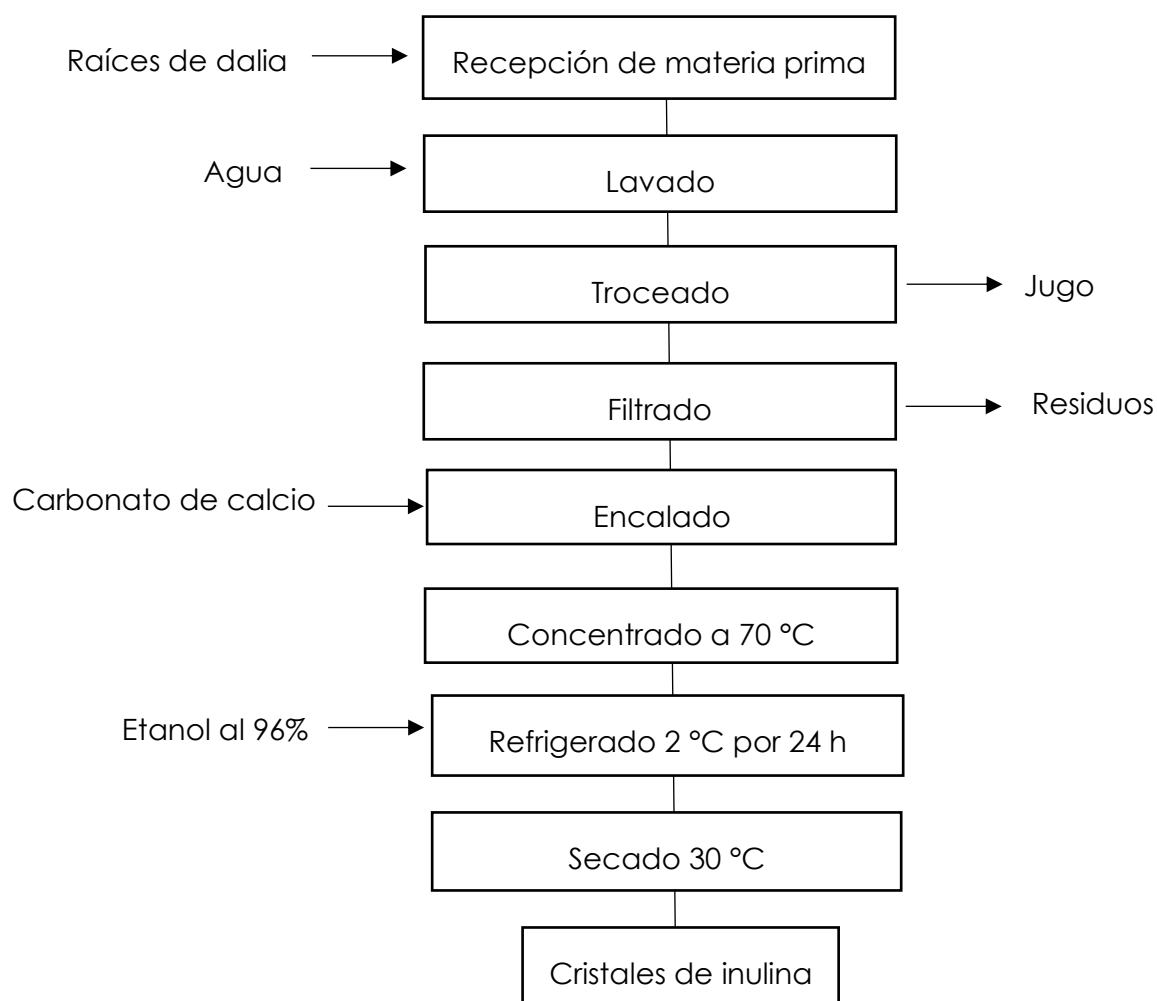


Figura 6. Diagrama de obtención de inulina de los tubérculos de la Dahlia
Fuente: Caguana (2022)

2.2.4. Métodos para medir cuantitativamente a la inulina.

2.2.4.1. Método fenol-ácido sulfúrico

El método colorimétrico Dubois detecta la concentración de carbohidratos solubles por espectrofometría utilizando fenol sulfúrico el cual produce una deshidratación de sacáridos derivados de la hidrólisis furfural esto se produce en el proceso de reacción. Estos derivados del furfural con las formas de fenol coloreado absorben la luz en rango a una longitud de onda de 490nm facilitando su cuantificación (Clayton, 2019).

2.2.4.2. Método espectroscopia ultravioleta-visible

La espectroscopia ultravioleta-visible consiste en irradiar a la muestra con diferentes longitudes de onda de radiación electromagnética en los rangos ultravioleta (UV) y visible (VIS). Dependiendo de la sustancia, la muestra absorbe parcialmente la luz UV

o visible." La luz restante, es transmitida y detectada por un detector en función de la longitud de onda. Luego, el detector produce un espectro UV-Vis único (también conocido como "espectro de absorción") de la muestra (Téllez et al., 2020).

2.2.5. Yogurt

El yogurt es un producto de consistencia semisólida que se lo conoce como un alimento lácteo fermentado con un amplio consumo en todo el mundo. Existe una gran variedad de yogures dependiendo de su composición química, los ingredientes y el método de preparación se incluyen a los yogures bajos en grasa, con probióticos, batidos, líquidos, firmes y mousse de yogurt, y a cada uno de estos se les puede agregar saborizantes o trozos de frutas, colorantes, mermeladas (Vera, 2021).

Este producto es considerado un gel de apariencia viscosa, resultante de la acidificación microbiana en la leche, es decir que se forma por la fermentación que ocurre en la leche debido al uso de bacterias ácido lácticas.

Los tres tipos de bacterias son:

- "*Lactobacillus bulgaricus* que transforma el sabor dulce del líquido en ácido.
- *Streptococcus acidophilus* que actúa sobre la lactosa transformándola en ácido láctico;
- *Streptococcus thermophilus* que hace que el yogur sea cremoso".

Es importante recalcar que el yogurt es un producto que presenta grandes beneficios, tiene un sabor ligeramente ácido y una consistencia cremosa. Los estudios demuestran que este alimento funcional se lo ha utilizado desde tiempos antiguos y es considerado un producto exquisito, además es mayormente consumido e importante en países del medio oriente (Flores y Vásquez, 2017).

El yogur se considera un alimento probiótico ya que ayuda a equilibrar las bacterias intestinales, es decir que regula la función intestinal y mejora la digestión. Se sabe que con un buen funcionamiento intestinal los nutrientes se absorberán mejor y al disminuir la proliferación de bacterias dañinas se desarrolla la inmunidad digestiva (Vera, 2021).

Tabla 3. Composición nutricional del yogurt por cada 100 g

Factor nutricional	Contenido
Energía (kcal)	61
Proteína (g)	3.47
Carbohidratos (g)	4.7
Fibra (g)	0
Azúcar (g)	4.66
Sodio (mg)	46
Agua (g)	87.90
Vitamina A (UI)	99
Vitamina B-9 (µg)	7
Calcio (mg)	121
Potasio (mg)	155
Magnesio (mg)	12
Fosforo (mg)	95
Sodio (mg)	46
Flúor (µg)	12
Selenio (µg)	2.2
Colesterol (mg)	13
Grasa total (g)	3.25
Grasa saturada (g)	2.09
Grasa Poliinsaturada (g)	0.044
Grasa Monoinsaturada (g)	0.426

Fuente: Babio et al (2017)

2.2.6. Helado

Rodríguez et al. (2019) indican que el helado es un alimento sólido muy popular en el mundo por su textura compacta, suavidad y agradable para el consumidor, además es dulce y refrescante en los días calurosos, muy apreciado por los niños, adultos e incluso personas de la tercera edad. Este producto se crea mezclando materias primas como leche o crema de leche, agua, fruta, mermelada edulcorantes, colorantes.

La NTE INEN 706 (2013) muestra la siguiente clasificación de helados:

- Helados de crema: está compuesto de grasa con un 7 a 10%, con la presencia de sólidos no grasos en 6 a 8% y sólidos totales 20 a 32%, luego de esto es incorporado aire alrededor de 100%, en su mezcla de volumen.
- Helados de leche: su estructura tiene la presencia de grasas 2,5%, en lo que se refiere a los sólidos no grasos presenta 5% y de sólidos totales presentan de un 12% y 27% de aquí también se incorpora aire de 100% del volumen de mezcla.
- Helados de agua: son productos congelados elaborados con agua, frutas, colores, sabores y más. La composición química de estas cremas debe ser como mínimo un 20% de materia seca y como máximo un 1,5% de materia grasa láctea"

- Helados de yogur: por lo general contienen fruta en su estructura tiene grasa de un 3 al 6%, azúcar del 11 al 20 % y de sólidos no grasos del 10 al 12 % y del 70 % de agua.
- Helados dietéticos: Tienen bajas calorías. Contiene aproximadamente 9.6 % miel; 73 % del agua y 3 % de fructosa. Puede contener harina de fruta en diferentes niveles.

Tabla 4. Composición nutricional del helado

Factor nutricional	Contenido
Energía (kcal)	222
Proteína (g)	4.10
Carbohidratos (g)	22.2
Fibra (g)	0
Azúcar (mg)	21.16
Sodio (mg)	61
Agua (g)	59.80
Vitamina A (UI)	589
Vitamina B-9 (µg)	9
Calcio (mg)	131
Potasio (mg)	177
Magnesio (mg)	12
Fosforo (mg)	116
Sodio (mg)	61
Selenio (µg)	3.0
Colesterol (mg)	91
Grasa total (g)	13.00
Grasa saturada (g)	7.46
Grasa Monoinsaturada (g)	3.49

Fuente: Guano (2021)

Los estudios indican que los helados de crema de leche contienen una mayor proporción de grasa en su composición, cabe recalcar que esta grasa láctea es uno de los elementos fundamentales del helado ya que contribuye especialmente en aspectos como la textura, el sabor, la resistencia al derretimiento y la estabilidad del producto. También es importante determinar el punto overrun del helado en el proceso de batido, se aplica la siguiente fórmula (Rebutty y Villarreal, 2020).

$$\% \text{ overrun} = (\text{Peso del volumen de mezcla} - \text{Peso del volumen de helado}) / (\text{Peso del volumen de helado}) * 100$$

Según Rodríguez et al. (2019) un helado debe tener:

- Sensación de cremosidad, pero no de untuosidad.
- Sensación de frío, pero no de hielo.
- Moderado derretimiento.

- Estructura firme.
- Ausencia de tramas aeriformes.
- Volumen controlado.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación es cuantitativa debido a que se obtuvo los datos experimentales en el laboratorio donde se cuantificó el porcentaje de inulina extraída de cada planta donde se obtuvo el mejor rendimiento y fue empleado en ambos alimentos; en cuanto a su efecto se realizaron análisis fisicoquímicos (°Brix, pH, acidez titulable, grasa) y reológicos (viscosidad) en el yogurt y en el helado.

Y un enfoque cualitativo ya que mediante fichas de evaluación sensorial se identificó el mejor tratamiento aceptado por los panelistas, se evaluaron aspectos sensoriales como sabor, color, olor, dulzor y textura del producto mediante una prueba afectiva con escala hedónica de 5 puntos.

3.1.2. Tipo de Investigación

La presente investigación es exploratoria, ya que se implementó la extracción de inulina en 4 tipos de plantas y se escogió la/las plantas con mayor rendimiento de inulina y fueron adicionadas tanto en el yogurt como en el helado para analizar su efecto en los parámetros descritos.

Es experimental debido a que se empleó diferentes tratamientos donde las variables son controladas. Por tanto, se investigó métodos para extraer, cuantificar e implementar la inulina en el yogurt y helado para determinar su efecto en estos alimentos.

3.2. HIPOTESIS

Hipótesis nula (H₀): La adición de inulina en yogurt líquido y helado cremoso no influye de manera positiva en las características fisicoquímicas sensoriales y reológicas permitiendo ser una alternativa de industrialización.

Hipótesis alternativa (Hi): La adición de inulina en yogurt líquido y helado cremoso influye de manera positiva en las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas permitiendo ser una alternativa de industrialización.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Definición de variables

Extracción de inulina

Variables independientes

- Tipo de fuente:
 - Tuna
 - Dalia
 - Agave
 - Achicoria

Variables dependientes

- Rendimiento de la inulina

Formulación del yogurt líquido

Variables independientes

- Concentración de inulina de achicoria y agave
 - 1 %
 - 2 %
 - 3 %
- Concentración de inulina de agave
 - 1 %
 - 2 %
 - 3 %

Formulación del helado cremoso

Variables independientes

- Concentración de inulina de achicoria
 - 1 %
 - 2 %
 - 3 %

- Concentración de inulina de agave
 - 0.6%
 - 0.8%
 - 1 %

Variables dependientes

- Características fisicoquímicas
- Características sensoriales
- Características reológicas

3.3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 5. Definición y operacionalización de variables de extracción de inulina

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Independiente	Tipo de fuentes vegetales para la extracción	Peso de la fuente	Peso de inulina de: Tuna Dalia Agave Achicoria	Extracción sólido- líquido (Pérez & Saucedo, 2020)
Dependiente	Rendimiento de la inulina	Evaluación del peso de la inulina extraída	Porcentaje de inulina	Gravimetría (Mantilla, 2017) (Chambilla, 2022)

Tabla 6. Definición y operacionalización de variables del yogurt líquido y helado cremoso

Variables		Dimensiones	Indicadores		Técnicas	Instrumentos
Independiente	Concentración de inulina de achicoria y agave	Porcentaje de inulina para yogurt	achicoria 1 % 2 % 3 %	agave 1 % 2 % 3 %	Gravimetría Termometría Método de congelación (congelador doméstico a -18 °C)	(Rosero, 2020)
		Porcentaje de inulina para helado	achicoria 1 % 2 % 3 %	agave 0.6% 0.8% 1%		
Dependientes	Análisis fisicoquímico	Calidad fisicoquímica	pH Acidez titulable Sólidos solubles totales Grasa		Potenciómetro Titulación Refractómetro Butirómetro	Parámetros en helados (2015) NTE INEN 706:2013 NTE INEN 2395:2011
	Análisis sensorial	Calidad sensorial	Color Sabor Olor Dulzor Textura		Prueba de aceptación sensorial con escala hedónica de 5 puntos	(Manfugás, 2020)
	Análisis reológico	Calidad reológica	Viscosidad		Método mecánico (Reómetro Anto Paar)	(Mendoza et al., 2021)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Extracción de inulina por sólido – líquido

Pérez y Saucedo (2020) describen la siguiente metodología para la obtención de inulina:

1. Recepción de la materia prima: se utiliza 500g de tuna, dalia, agave y achicoria.
2. Selección: se escoge las raíces y tallos en buen estado y se desecha las que no sirven para pasar al siguiente paso.
3. Lavado y pelado: se lava las raíces y tallos con abundante agua para eliminar la tierra u otras sustancias y luego se corta la corteza.
4. Triturado: se coloca en la licuadora trozos medianos de las raíces para que sea más fácil la trituraron.
5. Extracción: seguidamente se realiza la extracción con agua a temperatura de 70-90°C con una relación disolvente materia prima 5:1 (ml de H₂O/g de materia prima).
6. Encalado: se añade el carbonato de calcio (CaCO₃) para regular el pH a 7.6 evitando que la inulina se hidrolice.
7. Filtrado: se filtra para separar las partículas de la fase líquida.
8. Concentrado: el diluido que se obtuvo del proceso anterior, se lo somete a temperaturas de 70-90°C, con el fin de concentrar hasta la cuarta parte del producto inicial o hasta alcanzar los 22°Brix.
9. Cristalizado: al concentrado se le añade etanol al 96%, en una proporción 1:1 (ml de etanol: ml de concentrado).
10. Refrigerado: se deja enfriar durante 24 horas para la formación y precipitación de los cristales.
11. Filtrado: se filtra para separar la fase líquida de la fase sólida que queda en el fondo del vaso de precipitación.
12. Secado: se somete a un proceso de secado a 60°C en una estufa
13. Molienda: se hace un proceso de molienda con un mortero y luego un cernido hasta obtener un polvo fino de la muestra y pesar en la balanza para saber cuánto se obtuvo de inulina.

La figura 7 representa el diagrama de flujo para la extracción de inulina en polvo.

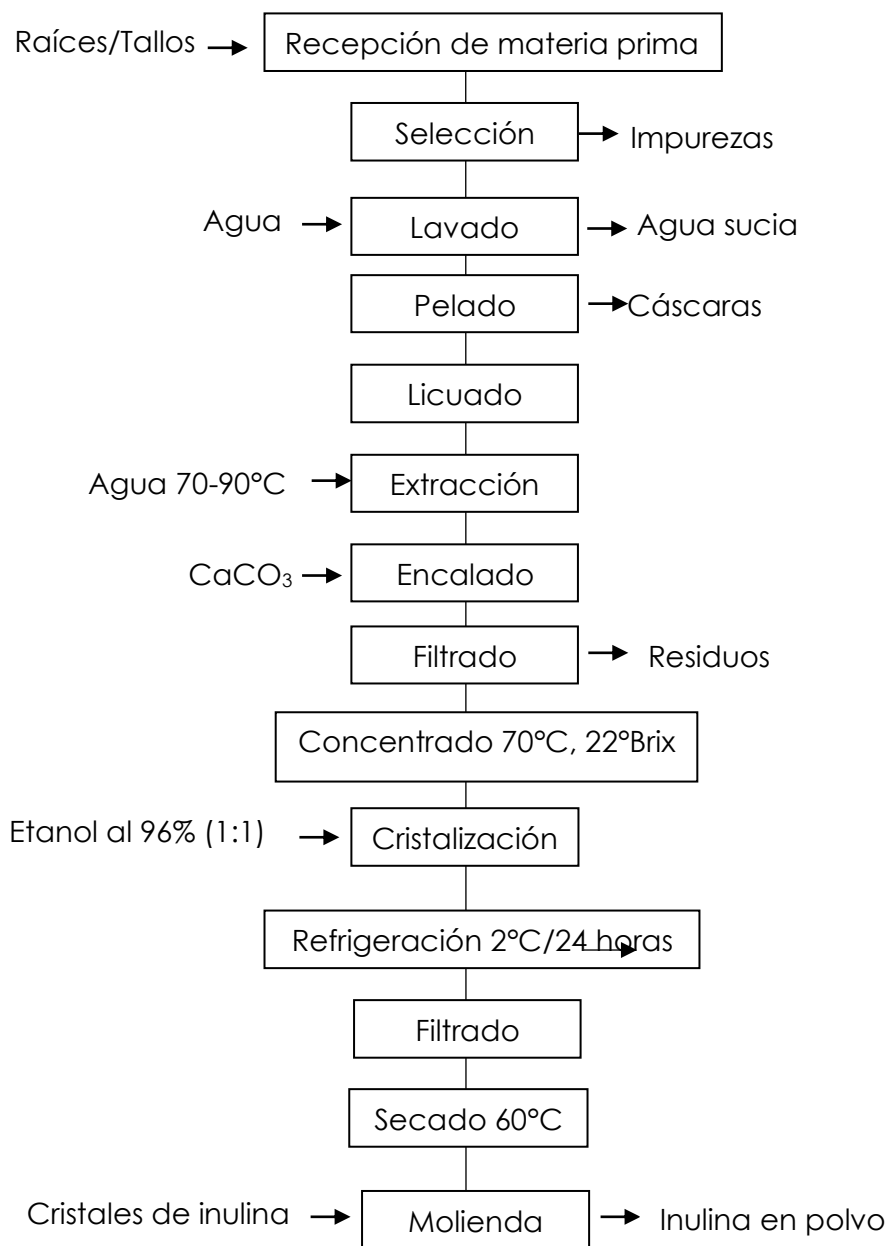


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de extracción de inulina
Fuente: Pérez y Saucedo (2020)

Para calcular el rendimiento de cada planta se efectuó utilizando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{masa inulina (g)}}{\text{masa planta (g)}} \times 100$$

3.4.2. Determinación de azúcares totales

3.4.2.1. Elaboración de la curva de calibración de glucosa

Clayton (2019) describe la siguiente metodología para elaborar la curva de calibración de la glucosa:

1. Preparación de patrón de glucosa: se disuelve 0.1 g de glucosa y se afora en un matraz de aforo de 100 ml con agua destilada. Teniendo una solución de 100 g/ml.
2. Se toma concentraciones de glucosa en tubos de ensayo de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.7, 0.8 y 0.9, enumerados del 1 al 7 y se prepara un blanco.
3. Se añade agua destilada, fenol al 5% y ácido sulfúrico según las cantidades indicadas en la tabla 7 y se los coloca en agua con hielo, es importante tener en cuenta que estos azúcares son fotosensibles y se realiza con la luz apagada.
4. Al momento de añadir los reactivos se deja en reposo durante 15 minutos.
5. Posteriormente, se agita cada una de las muestras por 30 segundos en un vortex y se los coloca en agua fría durante 10 minutos.
6. Para finalizar se procede a leer la absorbancia de cada tubo de ensayo en el espectrofotómetro en $\lambda=490\text{nm}$ y se realiza una gráfica (absorbancia vs concentración).

En la tabla 7 se detalla los valores estándar para la realización de la curva de calibración.

Tabla 7. Preparación de estándares para la curva de patrón del método Fenol-ácido Sulfúrico

N ° de tubos	Patrón de glucosa (g/ml)	Agua destilada (ml)	Fenol 5% (ml)	Ácido Sulfúrico H ₂ SO ₄ (ml)
Blanco	0	1	1	3
1	0.1	0.9	1	3
2	0.2	0.8	1	3
3	0.3	0.7	1	3
4	0.4	0.6	1	3
5	0.7	0.3	1	3
6	0.8	0.2	1	3
7	0.9	0.1	1	3

3.4.2.2. Cuantificación de la inulina en la curva de calibración

Reyes (2018) indica la siguiente metodología para la cuantificación de inulina:

1. Se pesa con exactitud de 0.4 g de muestra seca molida. La muestra se mezcla con 25 ml de alcohol al 80% caliente se coloca en un vaso de precipitación de 100 ml y luego se filtra usando un papel filtro.
2. Después del filtrado, nuevamente se coloca otros 25 ml de alcohol caliente, logrando una solución de 50 ml. Dejándolo a fuego medio hasta que se evapore el alcohol, pero que no se quemé el fondo.
3. Se pone en las muestras 9.6 ml de agua destilada para homogeneizar.
4. Para luego colocar los reactivos, en un vaso de precipitación con hielo, se ubica los tubos de ensayos con: 1 ml de muestra, 1 ml de fenol al 5% y 3 ml de ácido sulfúrico. Se debe asegurar la adición de los reactivos directamente sobre el líquido y no por las paredes del tubo.
5. Los tubos de ensayo se dejan en reposo durante 15 min, seguido de una agitación durante 30s, y su posterior reposo en agua a temperatura ambiente durante 10 min.
6. Se lee a una absorbancia de 490 nm.

Para conocer la cantidad de glúcidos de las raíces, se utiliza la ecuación de la curva de calibración. Donde: $r^2 = 0.99$, el coeficiente de correlación tiende a ser cercano a 1 e indica tener relación lineal fuerte y positiva entre las variables, Y = absorbancias de la muestra y X = concentración de glúcido a hallar (Chambilla, 2022).

3.4.3. Análisis fisicoquímicos

3.4.3.1. Determinación de pH

Para determinar el pH se aplicó la NTE INEN 2395 para leches fermentadas, la norma tiene como principio la medición electrométrica de la actividad de iones hidrógeno que se encuentran presentes en la muestra. Se usa el equipo medidor de pH (potenciómetro).

Se calibró el potenciómetro con dos soluciones de pH 4 y pH 7, se coloca 25 ml de la muestra en un vaso de precipitación y se introduce el electrodo de manera que lo

cubra perfectamente. Hacer la medición del pH y luego se saca el electrodo y lavarlo con agua destilada, este procedimiento se lo realiza por triplicado.

3.4.3.2. Acidez titulable

La determinación de la acidez titulable de los productos se realizó de acuerdo con lo indicado por la NTE INEN 0004. Leche y productos lácteos. Esta norma tiene como fundamento la medición del porcentaje de ácido láctico de la muestra determinada por titulación usando 5 g de la muestra a una temperatura de 23 °C, se añade 50ml de agua destilada y luego 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se procede a titular con hidróxido de sodio (NaOH) a concentración de 0,1 N. La titulación se lleva a cabo hasta obtener una coloración rosada en la muestra que debe permanecer alrededor de unos 30 segundos. "La expresión del porcentaje de ácido láctico se calcula a mediante la siguiente ecuación" (Alcívar, 2016).

$$\% \text{ Acidez Titulable (ac. láctico)} = \frac{(\text{Consumo de NaOH} \times \text{Normalidad} \times \text{Coeficiente láctico} \times 100)}{\text{Peso de muestra}}$$

Donde:

- 0,09 es el peso equivalente del ácido láctico
- Consumo o volumen de hidróxido de sodio gastado en ml
- Concentración de hidróxido de sodio es 0.1N
- Peso de la muestra en g

3.4.3.3. Sólidos solubles totales

Para determinar los sólidos solubles totales de la muestra se utilizó un refractómetro medidor de azúcar manejando la unidad de °Brix. Se colocó una gota de la muestra, se miró a contraluz y observó una línea divisora entre el blanco y el azul (Jorge Martínez, 2021).

3.4.3.4. Grasa

La determinación de la grasa se realizó mediante el método de Gerber de acuerdo con lo indicado por Jurado e Insuasty (2021) muestran la siguiente metodología:

1. Se colocó 10 ml de ácido sulfúrico al 90% en el fondo de un butirómetro, manteniéndolo en una posición vertical.
2. Se pipetea por las paredes del tubo 15 ml de la muestra sobre la capa del ácido sulfúrico.

3. A continuación, se agrega 1 ml. de alcohol amílico.
4. Luego se coloca el tapón en la boca del butirómetro y se procede a agitar para facilitar la mezcla de los diferentes componentes.
5. Después se introduce el tubo en la centrífuga durante 5 minutos.
6. Se coloca el butirómetro a baño maría durante 10 minutos a 65 °C.
7. Finalmente se observa una clara separación entre las soluciones grasas y ácidas, se toman las lecturas del porcentaje de grasa en la escala superior del butirómetro.

3.4.4. Análisis reológico

3.4.4.1. Viscosidad

Mediante el uso del Software reómetro Anton Paar que brinda de forma sencilla los resultados exactos y en poco tiempo. Se sigue la metodología descrita por González (2021):

1. Colocar 10 ml de muestra en el cilindro concéntrico (CC27) con un diámetro de 29 mm hasta donde indica la base, dejar que engrane hacia la izquierda para poderlo introducir.
2. Una vez colocada girar el engranaje hacia la derecha para asegurar el cilindro.
3. El eje del motor y del dispositivo cuentan con una marca, los cuales deben coincidir al momento de colocarlo.
4. Deslizar suavemente hacia arriba el rotor con un diámetro de 27 mm y después deslizar hacia abajo la conexión rápida para asegurar el dispositivo.
5. Dejar que el software realice la lectura por 5 minutos y descargar los datos.
6. Para retirar el dispositivo, se desliza la conexión rápida hacia arriba y el dispositivo de medición hacia abajo.
7. Para retirar el cilindro con la muestra girar el engrane hacia la izquierda para liberar el cilindro y retirar con precaución.

3.4.5. Análisis sensorial

Por medio de una prueba de aceptación sensorial, se evaluó diferentes aspectos sensoriales como son el olor, color, sabor, dulzor y textura por los evaluadores, se la realizó utilizando una escala hedónica, donde los puntajes son:

- 1 = me disgusta mucho
- 2 = me disgusta
- 3 = Ni me disgusta ni me gusta
- 4 = Me gusta
- 5 = Me gusta mucho

La evaluación sensorial se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Manfugás (2020), la cual se describe a continuación:

Catación para el yogurt líquido

1. Se procedió a sacar el yogurt del refrigerador a una temperatura de 4°C
2. Se codificó aleatoriamente cada una de las muestras como M1: 201, M2: 405 y M3: 606.
3. Una vez codificado, se colocaron 20 ml de muestra en vasos soufflé de plástico con tapa para degustación.
4. Las muestras se colocaron en platos desechables con su respectivo código.
5. Se puso en las mesas las muestras, la hoja de cata y agua para cada panelista.
6. Se dio las debidas indicaciones sobre la manera de catar y calificar el producto

Catación para el helado cremoso

1. Se procedió a sacar el helado del congelador a una temperatura de - 12°C
2. Se codificó cada una de las muestras M1: 201, M2: 405 y M3: 606.
3. Una vez codificado, se colocó 20 ml de muestra en vasos para degustación.
4. Las muestras se colocaron en platos desechables con su respectivo código.
5. Se puso en las mesas las muestras, la hoja de cata y agua para cada panelista.
6. Se colocó galletas Crakeñas tipo soda sin sal para neutralizar el sabor después de cada degustación.

3.4.6. Elaboración del yogurt líquido

Genesis (2020) indica el siguiente proceso para la elaboración de yogurt líquido:

1. Pasteurizar la leche entera a una temperatura de 82 °C - 85 °C por un tiempo de 30 minutos, evitando que llegue a hervir y se añada el azúcar.
2. Dejar enfriar la leche hasta 42 °C.

3. Agregar el fermento según la cantidad de leche que se requiera fermentar, para 50L colocar 5g (1 sobre del cultivo) y mezclar bien hasta que se disuelva el contenido.
4. Mantener la temperatura de 42 °C por un tiempo de 8 a 10 horas, en este proceso de fermentación. Se debe conservar cubierto o tapado el recipiente para impedir que pierda su temperatura o se contamine. Se recomienda usar una estufa para guardar el calor.
5. Una vez pasado el tiempo, se mide el pH del producto para verificar su fermentación, debe estar entre 4.0 - 4.5. Finalmente se realiza un batido al yogurt, se envasa y coloca en el refrigerador a 4 °C durante 24 horas.

En la figura 8 se muestra el procedimiento adecuado para elaborar un yogurt líquido con inulina de achicoria utilizando leche entera.

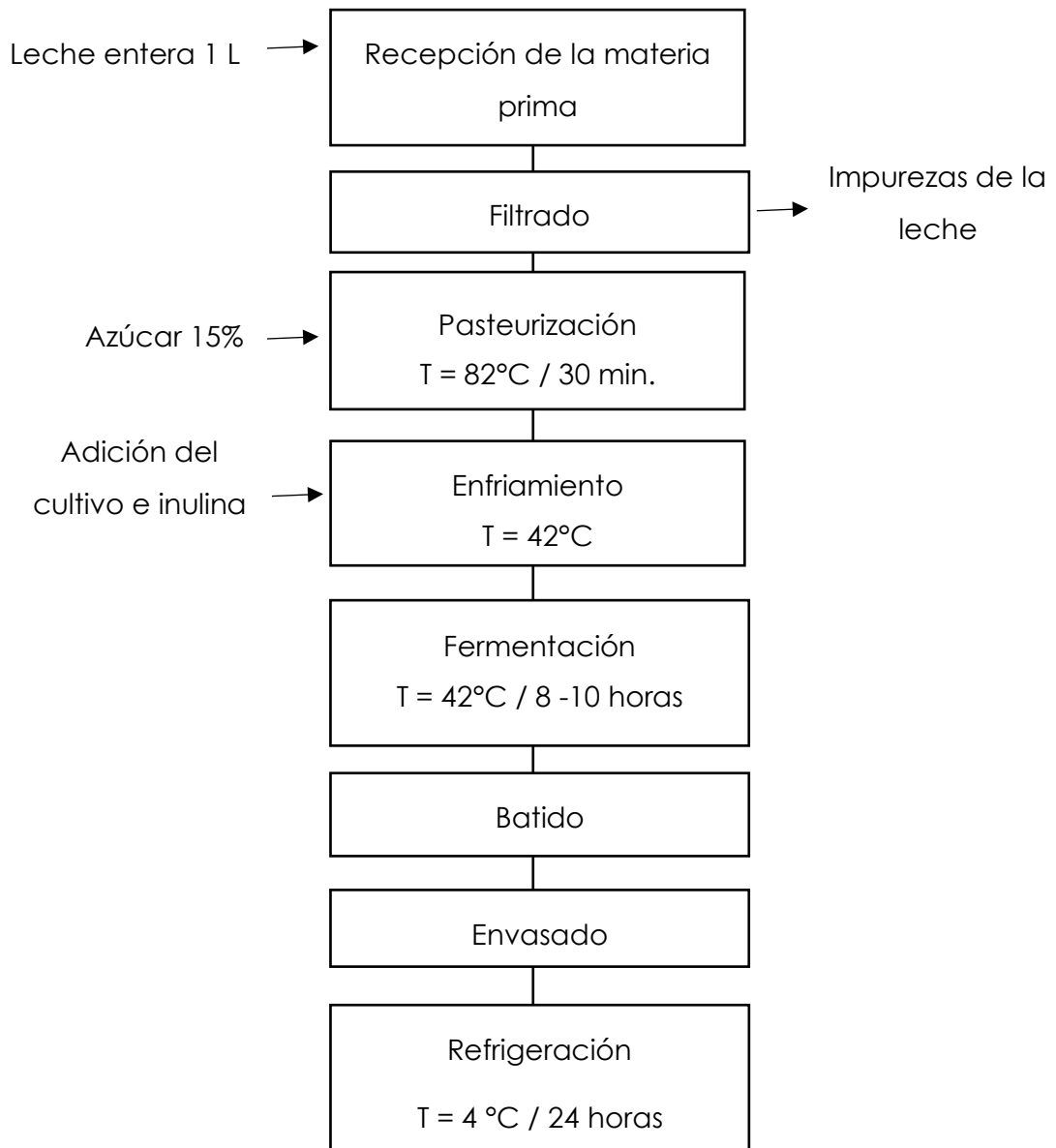


Figura 8. Diagrama de flujo de la elaboración de yogurt líquido
Fuente: Corrales et al. (2015)

3.4.7. Elaboración del helado cremoso

Según Zurita y Vega (2020) indican la siguiente metodología para elaborar un helado de crema:

1. Colocar en un recipiente la crema de leche y batirla en un tiempo de 5 minutos hasta que se forme una lamela (formación picos) y evitar a la vez que esta se corte.
2. En otro recipiente, colocar la leche condensada y batirla durante 3 minutos para luego añadir el resto de ingredientes (azúcar, estabilizante, saborizante, colorante, entre otros.)

3. Una vez listas las mezclas verterlas en un recipiente y con la batidora mezclarlas para incorporar el aireado durante 10 minutos para que se incorporen.
4. Luego separar en dos recipientes la mezcla para incorporar la inulina.
5. Envasar y llevar al congelador por 12 horas a una temperatura de -18°C .

En la figura 9 se puede observar el procedimiento para realizar un helado cremoso con inulina de achicoria y de agave.

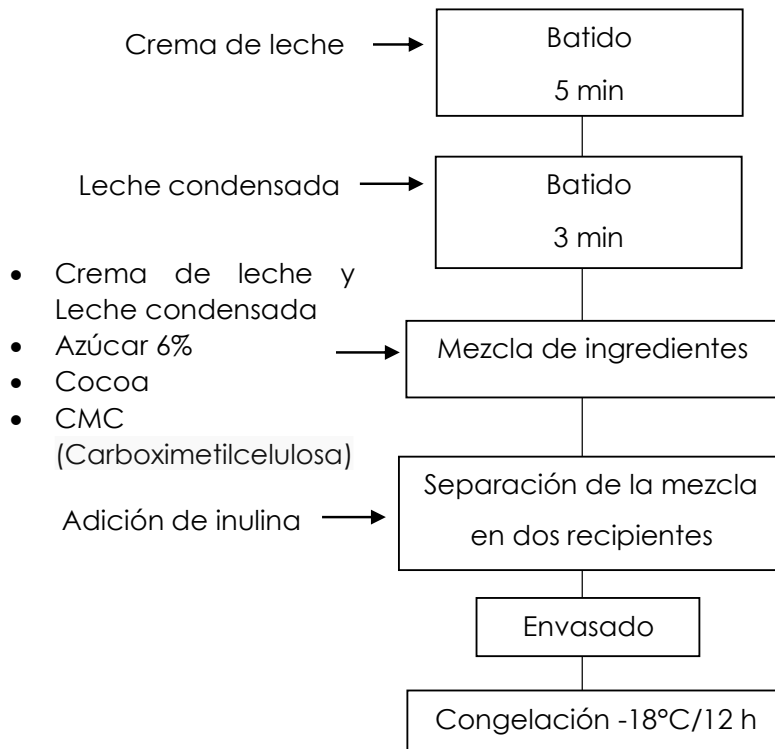


Figura 9. Diagrama de flujo del helado
Fuente: Rebutty y Villarreal (2020)

3.4.8. Recursos

3.4.8.1. Materiales y equipos

- pH metro
- Acidómetro
- Olla grande
- Jarra graduada de 1 litro
- Cucharas

- Balanza analítica
- Funda plástica grande (funda grande de basura)
- Cocina
- Vasos de precipitación de 500 ml
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Termómetro
- Tela o lienzo (filtración)
- Piseta
- Varilla de agitación
- Envases
- Limpiones
- Jabón líquido
- Recipientes de plástico
- Vasos desechables de degustación
- Batidora
- Leche cruda
- Crema de leche
- Leche condensada
- Azúcar
- Cocoa en polvo
- Inulina

3.4.8.2. Reactivos:

- Cultivo BioYogur – Bifidus
- CMC
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico concentrado
- Solución Acuosa de Fenol al 5 % (p/v)
- Solución patrón de Glucosa
- Hielo
- Carbonato de calcio
- Etanol 96%

3.4.8.3. Equipo de protección

- Mandil
- Calzado cerrado
- Guantes
- Malla para el cabello
- Gafas de seguridad
- Mascarilla

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental para la elaboración del yogurt líquido con inulina de achicoria se detalla en la tabla 8:

Tabla 8. Factor de estudio del yogurt líquido con inulina de achicoria y de agave

Factor	Descripción	Niveles
A	Concentración de inulina de achicoria	A1. 1 % A2. 2 % A3. 3 %

En la tabla 9 se detalla el diseño experimental para la elaboración del yogurt líquido con inulina de agave

Tabla 9. Factor de estudio del yogurt líquido con inulina de agave

Factor	Descripción	Niveles
A	Concentración de inulina de agave	A1. 1 % A2. 2 % A3. 3 %

En la tabla 10 se representa el diseño experimental del factor A del helado con inulina de achicoria como se observa a continuación:

Tabla 10. Factor de estudio del helado cremoso con inulina de achicoria

Factores	Descripción	Niveles
A	Concentración de inulina de achicoria	A1. 1% A2. 2% A3. 3%

Y en la siguiente tabla 11 se presenta el diseño experimental del helado con concentraciones de inulina de agave:

Tabla 11. Factor de estudio del helado cremoso con inulina agave

Factores	Descripción	Niveles
A	Concentración de inulina de agave	A1. 0.6% A2. 0.8% A3. 1%

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de varianza de los datos se empleó el programa estadístico INFOSTAT, en el cual se utilizó TUKEY con el objetivo de comparar las diferencias entre medias muestrales con un valor crítico (p-valor) para declarar si existe estadísticamente diferencia significativa cuando es menor a 0.05, caso contrario, se declara que no existe diferencias significativas entre tratamientos.

Se obtiene 3 tratamientos del yogurt con inulina de achicoria y 3 tratamientos con inulina de agave por 3 repeticiones, dando un total de 18 unidades experimentales. De igual manera para el helado se obtiene 3 tratamientos con inulina de achicoria y 3 tratamientos con inulina de agave, dando un total de 18 unidades. El esquema del análisis de varianza del yogurt líquido y del helado cremoso se muestran en la tabla 12 y 13.

Tabla 12. Diseño completo de la elaboración del yogurt líquido

Tratamientos	A	Esquema del experimento (%)	R
1	A1	1% Inulina achicoria	3
2	A2	2% Inulina achicoria	3
3	A3	3% Inulina achicoria	3
U.E.			9
1		1% inulina de agave	3
2		2% inulina de agave	3
3		3% inulina de agave	3
U.E.			9

Nota. R. = Repeticiones y U.E. = unidad experimental

Tabla 13. Diseño completo de la elaboración del helado cremoso

Tratamientos	A	Esquema del experimento (%)	R
1	A1	1% inulina de achicoria	3
2	A2	2% inulina de achicoria	3
3	A3	3% inulina achicoria	3
U.E.			9
<hr/>			
1		0,6% inulina de achicoria	3
2		0,8% inulina de achicoria	3
3		1% inulina de achicoria	3
U.E.			9

Nota. R. = Repeticiones y U.E. = unidad experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Rendimiento de inulina

Los resultados obtenidos de la cantidad extraída de la inulina en polvo de la tuna, dalia, agave y achicoria se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Cantidad de inulina en polvo de cada planta

Planta	Cantidad de la planta (g)	Peso de inulina (g)	Rendimiento en %	Medias	p-valor
Tuna	500	55	11	53,67 ±0.55 ^a	<0,0001
Dalia	500	73	15	71,67 ±0.58 ^b	
Agave	500	115	23	114,67 ±1.53 ^c	
Achicoria	500	150	30	146,66 ±5.00 ^d	

Nota. Letras diferentes a, b, c y d en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% y el valor de p es menor a 0,05.

Se observa que las fuentes que dieron mayor concentración fueron el agave con un valor de 114.67 y la achicoria con un valor de 146.66 y el menor valor fue para la tuna con valor de 53.67, existiendo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en el rendimiento de las diferentes fuentes de extracción.

4.1.2. Formulaciones

Una vez determinado el rendimiento de las fuentes, se escogió las de mayor concentración de inulina para ser adicionada en la formulación de un yogurt líquido. Los resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Formulación del yogurt líquido con inulina de agave y achicoria

Ingredientes	Control	T1	T2	T3
Cultivo liofilizado comercial yogurt	0,01	0,01	0,01	0,01
Leche cruda	84,99	83,99	82,99	81,99
Azúcar	15,00	15,00	15,00	15,00
Inulina	0,00	1,00	2,00	3,00
	100%	100%	100%	100%

La formulación del helado cremoso adicionado inulina de achicoria se observa en la tabla 16.

Tabla 16. Formulación del helado cremoso con inulina de achicoria

Ingredientes	Control	T1	T2	T3
Leche condensada	32,00	31,66	31,32	30,00
Crema de leche	61,00	60,50	60,50	60,50
Cocoa	0,80	0,79	0,78	0,77
CMC	0,20	0,20	0,20	0,20
Azúcar	6,00	6,00	6,00	6,00
Inulina	0,00	1,00	2,00	3,00
Σ	100%	100%	100%	100%

En la tabla 17 se puede observar la formulación del helado cremoso adicionado inulina de agave.

Tabla 17. Formulación del helado cremoso con inulina de agave

Ingredientes	Control	T1	T2	T3
Leche condensada	32,00	32,00	32,00	32,00
Crema de leche	61,00	60,50	60,50	60,50
Cocoa	0,80	0,79	0,79	0,78
CMC	0,20	0,20	0,20	0,20
Azúcar	6,00	6,00	6,00	6,00
Inulina	0,00	0,60	0,80	1,00
Σ	100%	100%	100%	100%

4.1.3 Análisis fisicoquímicos

4.1.3.1. pH y °Brix del yogurt líquido y helado cremoso

Se realizó la medición del pH y grados brix de los tratamientos del yogurt líquido. Los resultados se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. pH y °Brix del yogurt líquido

Tratamiento	pH		°Brix		Valor p
	Achicoria	Agave	Achicoria	Agave	
T0	4.46±0,01a	4.46±0,01a	14±0,43a	14±0,43a	
T1	4.48 ± 4.2E-0.3b	4.73 ± 5.8E-04b	16.33 ± 0.58b	15.47 ± 0.58b	<0.05
T2	4.50 ± 0.01c	4.76 ± 4.2E-03b	16.33 ± 0.58b	16.33 ± 0.58c	
T3	4.53 ± 0.01d	4.81 ± 0.02c	17.33 ± 0.58c	17.67 ± 0.58d	

Nota: Los valores corresponden a las medias del pH y °Brix del yogurt líquido ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Los resultados obtenidos de los tratamientos del yogurt con inulina de agave, se observó que tuvieron un pH de 4.7, el cual está fuera del rango que dicta la normativa (4.0 a 4.5) y a comparación del control (4.46) es un valor elevado, resultando ser un producto más ácido, y debido a la fuente de inulina obtuvo un sabor residual. Se encontró diferencias estadísticamente significativas en el pH y °Brix ($p < 0,05$), siendo el menor valor en el tratamiento T1 en comparación al control (T0). Se escogió al yogurt con inulina de achicoria para realizar la evaluación sensorial.

En cuanto al pH y los grados brix del helado cremoso, los resultados que se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. pH y °Brix del helado cremoso

Tratamiento	pH		Valor p	°Brix		Valor p
	Achicoria	Agave		Achicoria	Agave	
T0	6.15±0,01a	6.15±0,01a		55±0,47a	55±0,47a	
T1	6.05 ± 2.6E-0.3b	6.07 ± 1.0E-04b	<0.05	42.33 ± 0.58b	44.33 ± 0.58b	>0.05
T2	6.08 ± 3.1E-0.3b	6.09 ± 2.6E-03b		43.33 ± 0.58b	45.33 ± 0.58b	
T3	6.12 ± 0.02c	6.10 ± 0.01c		43.33 ± 0.58b	45.67 ± 1,15b	

Nota: Los valores corresponden a las medias del pH y °Brix del helado cremoso ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se puede observar que el pH y °Brix cumplen con la normativa para realizar la evaluación sensorial. Se encontró diferencias estadísticamente significativas en el pH de ambos helados ($p < 0,05$) siendo el menor valor en el tratamiento T1 en comparación al control (T0). En los °Brix de ambos helados, se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) siendo el menor valor en el tratamiento T1 en comparación con al control (T0). Se escogió al helado con inulina de achicoria y al helado con inulina de agave para realizar la evaluación sensorial.

4.1.3.2. Análisis de la acidez titulable del mejor tratamiento

Los resultados obtenidos sobre la acidez titulable (% ácido láctico) del yogurt líquido se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Acidez titulable del yogurt líquido con inulina de achicoria

Tratamiento	Acidez titulable (% ácido láctico)	p-valor
T0 (control)	0.92±0,01a	0.0004
T1 (201)	0.86±0,01b	

Nota. Los valores corresponden al promedio de la acidez titulable del yogurt ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se encontró diferencias estadísticamente significativas en la acidez titulable del yogurt líquido ($p < 0,05$) teniendo el tratamiento T1 una disminución de acidez en comparación al tratamiento 0 (control).

La tabla 21 detalla los resultados sobre la acidez titulable (% ácido láctico) del helado cremoso.

Tabla 21. Acidez titulable del helado cremoso con inulina de achicoria e inulina de agave

Tratamiento	Achicoria		Agave	
	Acidez titulable (% ácido láctico)	p-valor	Acidez titulable (% ácido láctico)	p-valor
T0 (control)	0.19±0,01a	0.206	0.19±0,01a	0.0020
T1 (201)	0.22±0,02a		0.28±0,02b	

Nota. Los valores corresponden al promedio de los tratamientos ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se determinó que no hay diferencias estadísticamente significativas en la acidez titulable ($p>0,05$) siendo el valor mayor en el tratamiento T1 del helado cremoso con inulina de achicoria en comparación con el T0 (control). Sin embargo, se encontró diferencias estadísticamente significativas en la acidez del helado con inulina de agave ($p<0,05$) siendo el mayor valor en el tratamiento T1 en comparación al control.

4.1.3.3. Análisis de grasa

La tabla 22 indica los porcentajes de grasa obtenidos en el yogurt líquido

Tabla 22. Grasa del yogurt líquido con inulina de achicoria

Tratamiento	Grasa (%)	p-valor
T0 (control)	5.60±0.18a	0,0058
T1 (201)	4.23±0.73b	

Nota. Los valores corresponden a las medias de los tratamientos ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en el porcentaje de grasa obteniendo que el tratamiento T1 presenta un valor menor (4,23%) en comparación con el T0 (control) con un valor de 5,60%.

La tabla 23 muestra los resultados obtenidos del porcentaje de grasa de ambos productos

Tabla 23. Grasa del helado cremoso con inulina de achicoria e inulina de agave

Tratamiento	Achicoria		Agave	
	Grasa (%)	p-valor	Grasa (%)	p-valor
T0 (control)	38.67±2,94a	0.0004	38.67±2,94a	0,0167
T1 (201)	23.6±7,49b		32.33±3,68b	

Nota. Los valores corresponden a las medias de los tratamientos ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se halló que el tratamiento T1 tanto del helado cremoso con inulina de achicoria como del helado con inulina de agave hubo una disminución de valor (23%) y (32%) en comparación con el T0 (38%). Por tanto, hubo diferencia estadísticamente significativa ($p<0,05$) entre las muestras.

4.1.4 Análisis reológico del yogurt líquido y helado cremoso

La tabla 24 muestra los resultados obtenidos sobre el valor de viscosidad en el yogurt líquido.

Tabla 24. Viscosidad del yogurt líquido con inulina de achicoria

Tratamiento	Viscosidad (cP)	p-valor
T0 (control)	300.6±31,34a	0,0050
T1 (201)	525.84±56.54b	

Nota. Los valores corresponden al promedio de los tratamientos ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Se encontró diferencias estadísticamente significativas en la viscosidad del yogurt líquido ($p < 0,05$) teniendo el tratamiento T1 un valor mayor (526 cP) en comparación con el control (300 cP).

La tabla 25 da a conocer los resultados obtenidos sobre la viscosidad en el helado cremoso.

Tabla 25. Viscosidad del helado cremoso con inulina de achicoria e inulina de agave

Tratamiento	Achicoria		Agave	
	Viscosidad (cP)	p-valor	Viscosidad (cP)	p-valor
T0 (control)	1087.77±97,93a	0,5671	1087.77±97.93a	0,1996
T1 (201)	1200.80±102,76a		1331.33±91,26a	

Nota. Los valores corresponden al promedio de los tratamientos ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

De acuerdo a los valores de la viscosidad del helado cremoso, se logró determinar que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) siendo el tratamiento T1 en ambos helados con un valor mayor a 1000 cP en comparación con el control.

4.1.5. Análisis sensorial

La tabla 26 indica los resultados logrados de la evaluación sensorial sobre el yogurt líquido

Tabla 26. Análisis sensorial del yogurt líquido con inulina de achicoria

Tratamiento	Atributos sensoriales						
	Color 4b	Olor 4b	Sabor 4b	Consistencia 5a	Dulzor 5a	Acidez 4b	Aceptabilidad 5a
T1 (201)	(me gusta)	(me gusta)	(me gusta)	(me gusta mucho)	(me gusta mucho)	(me gusta)	(me gusta mucho)
	3c	3c	3c	3c	4a	3c	3c
T2 (405)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(me gusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)
	3c	3c	3c	3c	3c	3c	3c
T3 (606)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)
Valor de p	0,0003	0,0084	0,0001	0,0406	0,0092	0,0171	<0,0001

Nota. Los valores son el promedio de las 50 evaluaciones. Las letras diferentes en la misma columna y los valores de p menores a 0,05 indican que existe diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95%.

Se encontró que aquellas columnas con diferentes letras en la misma columna indican que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), dando como resultado que uno de los tratamientos pertenece a un grupo diferente en relación a los otros. Se pudo determinar que el mejor tratamiento aceptado por los panelistas es el tratamiento T1, se señala que la concentración de inulina de achicoria para una formulación de yogurt líquido al 1% se logra obtener mejores resultados y siendo así una positiva alternativa para la industrialización.

La tabla 27 indica los resultados obtenidos de la evaluación sensorial sobre el helado cremoso con inulina de achicoria.

Tabla 27. Análisis sensorial del helado cremoso con inulina de achicoria

Tratamiento	Atributos sensoriales						
	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Dulzor	Acidez	Aceptabilidad
	4b	4b	5a	5a	4b	4b	5a
T1 (201)	(me gusta)	(me gusta)	(me gusta mucho)	(me gusta mucho)	(me gusta)	(me gusta)	(me gusta mucho)
	4b	3c	3c	4b	4b	3c	4b
T2 (405)	(me gusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(me gusta)	(me gusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(me gusta)
	3c	3c	3c	3c	3c	3c	3c
T3 (606)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)	(ni me gusta ni me disgusta)
Valor de p	0,4011	0,5071	0,0007	0,3763	0,1139	0,0678	0,0008

Nota. Los valores son el promedio de las 50 evaluaciones. Las letras diferentes en la misma columna y los valores de p menores a 0,05 indican que existe diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95%.

De acuerdo a los promedios obtenidos existe diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en lo que se refiere al parámetro del sabor, sin embargo, no existe diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en los otros atributos evaluados. Se da a conocer que el mejor tratamiento aceptado por los panelistas fue el tratamiento T1 con el 1% de inulina de achicoria siendo el mayor valor de aceptabilidad en comparación con los otros tratamientos.

La tabla 28 indica los resultados obtenidos de la evaluación sensorial sobre el helado cremoso con inulina de agave.

Tabla 28. Análisis sensorial del helado cremoso con inulina de agave

Tratamiento	Atributos sensoriales						
	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Dulzor	Acidez	Aceptabilidad
T1 (201)	4b (me gusta)	4b (me gusta)	5a (me gusta mucho)	5a (me gusta mucho)	4b (me gusta)	4b (me gusta)	5 ^a (me gusta mucho)
T2 (405)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	4b (me gusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)
T3 (606)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)	3c (ni me gusta ni me disgusta)
Valor de p	0,0003	0,0084	0,0001	0,0406	0,0092	0,0171	<0,0001

Nota. Los valores son el promedio de las 50 evaluaciones. Las letras diferentes en la misma columna y los valores de p menores a 0,05 indican que existe diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95%.

De acuerdo a los promedios obtenidos presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en todos los parámetros evaluados. De acuerdo con los panelistas el mejor tratamiento aceptado fue el tratamiento T1 con el 0.6% de inulina de agave con un valor mayor de aceptabilidad en comparación con los otros tratamientos, y siendo así una alternativa de industrialización.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Rendimiento de inulina

El rendimiento encontrado de las fuentes, tuna y dalia, fueron ligeramente menores a los indicados por Legorreta et al. (2018) y Cacuangco (2019). Con respecto a las fuentes, agave y achicoria el rendimiento encontrado fue mayor en comparación a los resultados de Robles y Cruz (2023) y Escobar (2018). Se señala que, aplicando el mismo método sólido – líquido para la extracción de inulina, se obtuvo una diferencia de rendimiento, ya que Pérez y Saucedo (2020) indican que las condiciones experimentales varían de acuerdo a la fuente que se va a utilizar en el proceso.

4.2.2. Formulación del yogurt líquido con inulina

Las formulaciones realizadas sobre la adición de inulina en el yogurt líquido y en el helado cremoso muestran similitud con las formulaciones encontradas por Rosero

(2020); Martínez & Morales (2022) y Ramírez y Estrada (2022) donde se utilizó el 1%, 2% y 3% de inulina.

4.2.3. Aplicación de inulina en el yogurt líquido

4.2.3.1. Características fisicoquímicas

- pH

Con respecto a los valores obtenidos, son diferentes a los indicados por los autores Rosero (2020); Leyva et al. (2022) y Fierro (2022), quienes indican que al adicionar inulina en el yogurt no hubo cambios en el pH, en comparación a los resultados del estudio el yogurt con 1% de inulina de achicoria el pH estuvo entre 4,48 a 4,56, en comparación con el testigo que presento un pH de 4.46, esto fue debido a que la inulina al momento de interactuar metabólicamente con las bacterias ácido lácticas (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) que son bacterias consideradas acidófilas, a temperaturas < 5°C y durante el tiempo de refrigeración provocan que el medio se acidifique y suba el pH (Rosero, 2020).

- Acidez titulable

Con respecto a la acidez titulable como porcentaje de ácido láctico, los resultados encontrados del presente estudio son similares a los indicados por Párraga et al. (2020) y Rosero (2020) ya que indican que la adición de inulina en el yogurt produce un descenso de acidez, esto ocurre porque la inulina afecta en el crecimiento de las bacterias lácticas y aunque se encuentre a una temperatura de almacenamiento (< 5 °C) siguen generando ácido láctico provocando un medio ácido.

- Sólidos solubles totales

Los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran que la adición de inulina de achicoria en el yogurt al 1% y 2% se mantiene los grados brix en 16 °Brix, y con un valor de 3% de inulina sube a 18 °Brix. Con respecto a estos datos encontrados son similares a los indicados por Párraga et al. (2020) quienes obtuvieron 16 °Brix en el yogurt con el 2% de inulina. Es debido a que la inulina posee un sabor neutro y ligeramente dulce ya que posee un 10% como máximo de fructo-oligosacaridos.

- Porcentaje de grasa

El resultado obtenido sobre el porcentaje de grasa en el yogurt con 1% de inulina de achicoria fue de 4% a diferencial del control fue 6% y descrito por la comisión del

Codex Alimentarius un yogurt debe tener un contenido de grasa mínimo al 3%. Los resultados encontrados son diferentes a los que indica Rosero (2020) ya que menciona que el porcentaje de grasa del producto no evidenció variación. Por tanto, la adición de inulina implica cambios en este parámetro en razón a que elimina parte de la grasa del producto, luego la sustituye para actuar como un reductor de grasa logrando un alimento con menos calorías (Fierro, 2022).

4.2.3.2. Características reológicas

- Viscosidad

Los resultados obtenidos de la adición de inulina de achicoria al 1% se observó un incremento de viscosidad considerable en el yogurt con valores mayores de 500 cP, a diferencia del yogurt testigo obtuvo 300 cP. Similares resultados se obtuvieron con Párraga et al. (2020) y Rosero (2020) donde se afirma que la adición de inulina en el yogurt tiene un efecto positivo en este aspecto ya que la adición de inulina tiene una alta capacidad de retener agua actuando como un espesante en el yogurt y ayudando a mantener su aspecto de gel actuando como un estabilizante.

4.2.3.3. Características sensoriales

En la presente investigación de acuerdo a los criterios dados por los catadores, se destaca que la muestra con puntajes altos de calificación fue el yogurt adicionado con 1% de inulina de achicoria y el cual fue el mejor aceptado por el consumidor. Los resultados encontrados fueron diferentes a los encontrados por Rosero (2020) que indica como resultado el yogurt adicionado un 3% de inulina como el mejor aceptado por los panelistas y que tuvo mejores características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas logrando ser una fuente de industrialización.

4.2.4. Aplicación de inulina en el helado cremoso

4.2.4.1. Características fisicoquímicas

- pH

Al comparar los resultados obtenidos del presente trabajo a los indicados por Rebutty y Villarreal (2020); Gómez y Navarro (2019); López (2020) se encuentra similitud, teniendo valores de pH en el helado con el 1% de inulina de achicoria en un rango de 6.04 - 6.12 y del helado con inulina de agave entre 6.08 - 6,10, en comparación al testigo hubo una disminución de este parámetro, por lo tanto, la adición de inulina

en la formulación del helado cremoso actuó como reductor, ya que el helado no presentó formación de cristales y no aumentó el pH durante su congelación.

- Acidez titulable

Con respecto a los valores obtenidos del porcentaje de acidez como ácido láctico son distintos a los reportado por López (2020) obteniendo un porcentaje de ácido láctico bajo; en comparación a los resultados del helado con adición de inulina tanto de achicoria como de agave se presentaron valores de acidez en un rango de 0.22% y 0.28% a diferencia del helado testigo que obtuvo un 0.19% de ácido láctico. Esto sucede ya que la inulina al ser añadida en la formulación ocasionó un cambio de acidez debido a que durante el tiempo de congelación acidifica el medio por la interacción con las bacterias ácido lácticas que contiene la crema de leche (Gómez, 2022).

- Sólidos solubles

Los resultados obtenidos sobre los °Brix del helado muestran similitud con los indicados por Olmedo y Zambrano (2023); Rebutty y Villarreal (2020) ya que argumentan que el contenido de sólidos solubles de un helado cremoso se encuentra entre 32 – 45 °Brix. De acuerdo a los valores del estudio se tuvo 55 °Brix del helado testigo, al colocar la inulina de achicoria al 1% se logró una disminución llegando a tener 42 °Brix. Así mismo la adición de inulina de agave al 0.6% provocó una disminución llegando a 44 °Brix, ya que la inulina posee un sabor neutro, suave y provoca un dulzor moderado para el consumidor.

- Porcentaje de grasa

Para corroborar el método de Gerber establecido por la norma INEN 706, donde indica que el contenido de grasa para un helado cremoso es mínimo del 8%; el análisis realizado en la investigación se obtuvo como resultado que el tratamiento con inulina de agave (0.6%), dio un contenido de grasa de 32%, mientras que el helado con inulina de achicoria (1%) tuvo 23% de grasa, a comparación del testigo tuvo 38%. Los resultados de la presente investigación son similares a los reportado por Martínez y Morales (2022); Rodríguez (2020) se señala que la adición de inulina en helados incrementa la cremosidad y a la vez logra reducir el rango de calorías.

4.2.4.2. Características reológicas

- Viscosidad

Los valores encontrados sobre la viscosidad son similares a los mostrados por López (2020) quien indica que obtuvo un aumento de viscosidad llegando a 567,928 cP. En comparación a los resultados del autor, la investigación dio que el helado con inulina de achicoria e inulina del agave su viscosidad incrementó alcanzando valores superiores a 1000 cP. Se detalla que la inulina actúa positivamente en el helado ya que llega a formar microcristales que atrapan el agua e incrementa la viscosidad.

4.2.4.3. Características sensoriales

De acuerdo a los resultados obtenidos por la evaluación sensorial se tuvo que los mejores tratamientos aceptados fueron el helado con 1% de inulina de achicoria y el helado con 0,6 % de inulina de agave, en comparación a los resultados mostrados por Ramírez y Estrada (2022) así como también por Zambrano y Ortiz (2022) muestran que obtuvieron buenos resultados en la evaluación de un helado cremoso con inulina. Por tanto, la adición de inulina en helados se logra obtener un buen producto que no altera sus características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas logrando ser una fuente de industrialización.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los rendimientos obtenidos de las cuatro fuentes fueron: tuna (11%), dalia (15%), agave (23%) y de achicoria (30%). Lográndose identificar que las plantas con mayor rendimiento fueron el agave y la achicoria, por tal motivo, fueron escogidas para ser adicionadas en las formulaciones del yogurt líquido y helado cremoso en distintas concentraciones.
- El análisis sensorial estableció que el mejor tratamiento aceptado por los panelistas fue el yogurt con 1% de inulina de achicoria, de igual manera, mediante la evaluación sensorial se determinó que el mejor tratamiento del helado fue con 1% de inulina de achicoria y del helado con inulina de agave fue con el 0.6%. Al analizar el efecto de la inulina, se establece que la adición de inulina de achicoria y de agave en el yogurt líquido y helado cremoso afecta en ciertos parámetros fisicoquímicos tales como el pH, acidez y grasa. De igual manera, influyó en los parámetros reológicos (viscosidad) de ambos productos.
- Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, manifestando que la adición de inulina en las formulaciones tanto del yogurt líquido como del helado cremoso influye de manera beneficiosa en los atributos fisicoquímicos, sensoriales y reológicos permitiendo ser una alternativa para la industrialización.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar y extraer inulina de otras fuentes que se encuentren en la provincia del Carchi y realizar un estudio comparativo de estabilidad entre la Inulina y otros tipos de estabilizantes utilizados en la elaboración de salsas.

- Utilizar la inulina como un prebiótico en la formulación de alimentos funcionales para mejorar la flora intestinal y que el consumidor mantenga una buena salud digestiva.
- Realizar nuevos estudios con respecto al método de extracción de inulina de agave para evitar que provoque un sabor residual o amargor en el producto.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akal, C. (2023). Using dietary fiber as stabilizer in dairy products: β -glucan and inulin-type fructans. *Journal of Food Science and Technology*, 60(12), 2945-2954.
- Arroyo, J. (2021). "Elaboración de yogurt enriquecido con inulina y sulfato de zinc endulzado con stevia utilizando pulpa de jackfruit (*artocarpus heterophyllus lam*)". Universidad de Guayaquil, 1-129. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/90cf7af2-24e2-4adc-833d-1f2bc1ab30df/content>
- Babio, N., Sánchez, G. & Salvadó, J. (2017). Beyond the nutritional value of yogurt: ¿a diet quality indicator? *Nutricion Hospitalaria*, 34, 26-30.
- Bhanja, A., Sutar, P. & Mishra, M. (2022). Inulin-A polysaccharide: Review on its functional and prebiotic efficacy. *Journal of Food Biochemistry*, 46(12)
- Cacuango, O. (2019). Extracción de inulina de dos variedades de tuna opuntia ficus-indica color roja y blanca del valle del chota por lixiviación. Universidad Técnica del Norte, 1-86. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9160/1/03%20EIA%20478%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Caguana, S. (2022). Propiedades funcionales de la Inulina y sus derivados como ingredientes en formulaciones de productos alimenticios. Universidad Técnica de Ambato, 1-45. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35865/1/AL%20844.pdf>
- Chambilla, K. (2022). Obtención de inulina de altura, de la raíz de dalia (*Dahlia Coccinea Cav.*) cosechada en el municipio de Achocalla. Universidad Mayor de San Andrés, 1-106. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/31052/PG-2781.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Clayton, R. (2019). Determinación de azúcares totales por el método Fenol-sulfúrico, 1-7. <https://pdfcoffee.com/determinacion-de-azucares-totales-por-el-metodo-fenol-sulfurico-3-pdf-free.html>
- Corrales, L., Palma, J. & Mora, A. (2015). Procesamiento de leche y elaboración de productos lácteos, 1-124. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Manual_de_procesamiento_de_productos_lacteos_CRS_USDA_CRS_2015.pdf
- Escobar, F. (2018). Obtención de cristales de inulina a partir de cuatro variedades de plantas de cultivo no tradicional del Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, 1-140. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17438/1/CD-7937.pdf>
- Fiallos, M., Martínez, A. & Gordillo, L. (2017). Advances on the inulin production: Vol. XXXVII, Universidad de Oriente, 220-238. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445551175005>
- Fierro, A. (2022). Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de Yogurt. Universidad Técnica de Ambato, 1-56. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34941/1/AL%20832.pdf>
- Genovese, A., Balivo, A., Salvati, A. & Sacchi, R. (2022). Functional ice cream health benefits and sensory implications. Food research international (Ottawa, Ont.), 161.
- Gómez, E. (2022). Estimación de la vida útil de bases para helado mediante el modelado cinético de atributos fisicoquímicos y microbiológicos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 1-82. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2909/AT26588.pdf?sequence=1>
- Gómez, K. & Navarro, E. (2019). Helado vegano de chicozapote adicionado con inulina como prebiótico. Universidad Nacional Autónoma de México, 1-124. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000789591/3/0789591.pdf>
- Guano, A. (2021). Tabla de composición química de los alimentos: basada en nutrientes de interés para la población ecuatoriana. Universidad San Francisco de Quito, 1-70. https://sga.unemi.edu.ec/media/archivomateria/2023/04/26/archivomaterial_2023426145210.pdf

- Jurado, H. & Insuasty, E. (2021). Procedimientos de tecnología de leche, Universidad de Nariño, 1-168. <https://sired.udenar.edu.co/7321/1/libro%20leche%20digital.pdf>
- Kamel, D. G., Hammam, A. R. A., Alsaleem, K. A. & Osman, D. M. (2021). Addition of inulin to probiotic yogurt: Viability of probiotic bacteria (*Bifidobacterium bifidum*) and sensory characteristics. *Food science & nutrition*, 9(3), 1743-1749.
- Legorreta, S., Villanueva, A., Morales, E., Laguna, A. & Dominguez, A. (2018). Extracción y evaluación de inulina a partir de dalias silvestres mexicanas (*Dahlia coccinea* Cav.) Evaluation of inulin extracted from Mexican wild dahlias (*Dahlia coccinea* Cav.). 63-70. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v85n1/v85n1a09.pdf>
- Leyva, D., Morales, A., Hernández, B., Villalobos, F. & Beltrán, L. (2022). Desarrollo de un sucedáneo de yogurt, propiedades fisicoquímicas y evaluación de estabilidad. 26(3). <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/304/235>
- Limachi, M. (2020). Extracción y caracterización de la fibra de tuna (*Opuntia ficus-indica*) Universidad Mayor de San Andrés, 1-95. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25013>
- López, M. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos y la relación de ácidos grasos saturados e insaturados en helados artesanales de consumo masivo elaborados en la provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato, 1-85. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31591/1/BQ%20238.pdf>
- Manfugás, J. (2020). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Universitaria, 1-97. https://books.google.com.ec/books?id=heDzDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Mantilla, M. (2017). Extracción y cuantificación de inulina a partir del ajo. Universidad Central Del Ecuador, 1-100. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3088c41acc11-4d1a-8de6-669346932ab4/content>

- Martínez, Jeremy & Morales, D. (2022). Desarrollo de un helado funcional reducido en grasa sabor a vainilla mediante la adición de diferentes concentraciones de inulina Oraffi® HPX. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 1-68. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fb4bd53b-7d2d-4360-ba09-6e4772d88129/content>
- Martínez, Jorge. (2021). Lácteos fermentados. Universidad de la Laguna, 1-27. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/27482/Lacteos%20fermentados..pdf?sequence=1>
- Mendoza, R., Guerrero, S. & Chávez, B. (2021). Reología del yogur: efectos de las operaciones unitarias en el procesamiento y uso de aditivos. Revista Digital Novasinergia, 4(1), 151-163.
- NTE INEN 706. (2013). Helados. Requisitos. <https://silo.tips/download/quito-ecuador-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-7062013-segunda-revision>
- NOM-181-SCFI/SAGARPA. (2019). Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba. 56-63. https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5545539
- Olmedo, E. & Zambrano, G. (2023). Sustitución parcial de la crema de leche por aceite de oliva extra-virgen en las características físico- químicas y organolépticas del helado cremoso. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López, 1-70. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2061/1/TIC_AI23D.pdf
- Párraga, R., Chávez, K., Pinargote, C. & Álcivar, C. (2020). Efecto de tipos de estabilizantes y porcentajes de grasa en las características fisicoquímicas de un yogur. Revista Ciencia y Tecnología El Higo, 10(2), 79-96.
- Pérez, Y. & Saucedo, J. (2020). "Obtención de inulina en tres formas de presentación a partir del Yacón (*Smallantus sonchifolius*) y la Tuna (*Opuntia ficus-indica*). Universidad Estatal Amazónica, 1-52. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/881/1/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.0079.pdf>
- Pintor, A., Pérez, P. & Totosaus, A. (2018). Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface

methodology. Food science and technology international = Ciencia y tecnología de los alimentos internacional, 20(7), 489-500.

Ramírez, D. (2010). Elaboración de yogurt. Editora Macro E.I.R.L. Biblioteca Hernán Malo González.
<https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/63494>

Ramírez, M. & Estrada, G. (2022). Elaboración de helado casero adicionado con bacterias probióticas e inulina como prebiótico. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 1-62.
<https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/4533/Licenciatura-Miguel-Getsemani.pdf?sequence=1>

Rebutty, C. & Villarreal, M. (2020). "Aplicación de congelación criomecánica en la producción de helados bajos en calorías con probiótico encapsulado y prebiótico". Universidad Politécnica Estatal del Carchi, 1-82.
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/037-%20REBUTTY%20ROJAS%20PATRICIA%20CAROLINA.pdf>

Robles, A. & Cruz, A. (2023). Obtención de Fructooligosacáridos de Agave y su Potencial Biológico: Un Artículo de Revisión. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(2), 11710-11734.

Rodríguez. (2020). Efecto de la adición de harina de cáscara de espárrago (*Asparagus officinalis*) sobre la viscosidad aparente, el overrun, la viabilidad de bifidobacterias y aceptabilidad general en un helado de mango. Universidad Privada Antenor Orrego, 1-79.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7013#:~:text=El%20helado%20de%20mango%20con%201%25%20de%20harina,acceptability%20of%20the%20mango%20ice%20cream%20was%20evaluated.>

Rodríguez, J., Mejía, L. & Serna, L. (2019). Evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto parcial de grasa. 22(2), e1294-e1294.

Rosero, E. (2020). "Estudio del efecto de Inulina (*Inula helenium*) en la estabilidad y vida útil de un yogur elaborado a base de Aguacate (*Persea americana*) y Arazá (*Eugenia stipitata*)". Universidad Politécnica Estatal del Carchi, 1-132.
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1002/1/026-%20ROSERO%20RISUE%C3%91O%20EDISON%20MAURICIO.pdf>

- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., Shakeel, A., Ansari, A. & Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444-454.
- Téllez, M., Domínguez, R. & González, E. (2020). Práctica 7. Conocimiento de técnicas analíticas parte i: fundamentos de espectrofotometría. Facultad de Química UNAM, 1-6.
- Vera, A. (2021). Beneficios del yogurt natural y sus propiedades. <https://grullapsicologiaynutricion.com/blog/beneficios-yogurt-natural>
- Villacrés, P. (2018). "Cuantificación de la biomasa residual y caracterización del chaguarmishqui. Universidad Técnica de Ambato, 1-89. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28419/1/Tesis%20138%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20584.pdf>
- Zambrano, C. & Ortiz, B. (2022). Evaluación de porcentajes de inulina y agt-800 en las características fisicoquímicas del yogur batido tipo i utilizando sólidos no grasos. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 1-79. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1763/1/TIC_AI05D.pdf
- Zurita, B. & Vega, H. (2020). Elaboración de un helado de crema de leche sabor a mora, sin azúcar añadida y con funcionalidad prebiótica. Universidad San Francisco de Quito USFQ, 1-43. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8722/1/146070.PDF>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Figura 10. Extracción de inulina



Figura 11. Inulina en polvo



Figura 12. Absorbancia de inulina

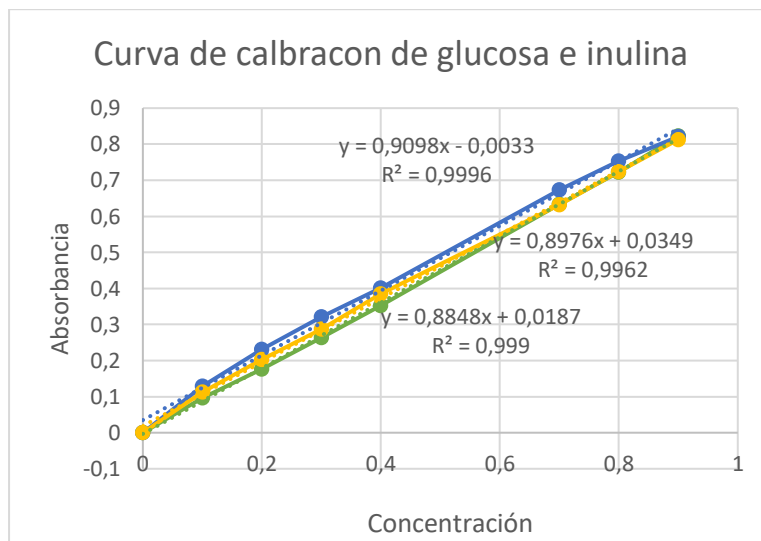


Figura 13. Curva de calibración de glucosa e inulina



Figura 14. Yogurt líquido



Figura 15. Helado cremoso



Figura 16. Análisis del yogurt



Figura 17. Análisis de helado



Figura 18. Evaluación sensorial

Anexo 2. Cálculos

Contenido de glúcidos

- Achicoria:

$$y = 0,8848x + 0,0187$$

$$x = \frac{0.813 - 0.0187}{0.8848}$$

$$x = 0.898$$

$$0.898 \times 250 = 224.43 \text{ mg/L} = 0.224 \text{ g/L}$$

$$0.224 \text{ g/L} \longrightarrow 0.4 \text{ g}$$

$$X = 56 \text{ g/L} \quad 100 \text{ g}$$

- Agave

$$y = 0,8976x + 0,0349$$

$$x = \frac{0.821 - 0.0349}{0.8976}$$

$$x = 0.875$$

$$0.875 \times 250 = 218.94 \text{ mg/L} = 0.219 \text{ g/L}$$

$$0.219 \text{ g/L} \longrightarrow 0.4 \text{ g}$$

$$X = 54.75 \text{ g/L} \quad 100 \text{ g}$$

Rendimiento

- Tuna:

$$R = \frac{55 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100\%$$

$$R = 11 \%$$

- Dalia:

$$R = \frac{73 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100\%$$

$$R = 15\%$$

- Agave:

$$R = \frac{115 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100\%$$

$$R = 23\%$$

- Achicoria:

$$R = \frac{150 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100\%$$

$$R = 30\%$$

Análisis fisicoquímico del yogurt líquido

$$\% \text{ Acidez Titulable (0)} = \frac{4 \text{ ml NaOH} * (0.1 * 1.0121) * 0.090\text{g/ml} * 100}{4 \text{ g}}$$

$$\% \text{ Acidez Titulable (0)} = 0.910\%$$

$$\% \text{ Acidez Titulable (T1)} = \frac{3.8 \text{ ml NaOH} * (0.1 * 1.0121) * 0.090\text{g/ml} * 100}{4 \text{ g}}$$

$$\% \text{ Acidez Titulable (T1)} = 0.865\%$$

Análisis fisicoquímico del helado cremoso

$$\% \text{ Acidez Titulable (AC y 0)} = \frac{4 \text{ ml NaOH} * 0.090\text{g/ml}}{2 \text{ g}}$$

$$\% \text{ Acidez Titulable (AC y 0)} = 0.18\%$$

$$\% \text{ Acidez Titulable (AG)} = \frac{6 \text{ ml NaOH} * 0.090\text{g/ml}}{2 \text{ g}}$$

$$\% \text{ Acidez Titulable (AG)} = 0.27\%$$

Anexo 3. Formato de la hoja de cata para la evaluación sensorial

Nombre y apellido: _____ Genero: _____ Fecha: _____

A continuación, se muestran 3 muestras de yogur líquido con diferente porcentaje de inulina de achicoria, pruebe la muestra y con una **X** marque y analice los siguientes parámetros sensoriales.

1	2	3	4	5
No me gusta	me disgusta poco	ni me gusta ni me disgusta	me gusta	me gusta mucho

Código de muestra		
Atributos	201	405 606
Color		
Olor		
Sabor		
Viscosidad		
Dulzor		
Acidez		
Aceptación global		

Observaciones _____