



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Evaluación de diferentes métodos de extracción de polifenoles de la fresa
(*fragaria x ananassa*) para su aplicación en formulación de helados

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en Agroindustria

Autor:

Guevara Verdugo Robert David

Tutor:

Ing. Víctor Hugo Valverde Orozco; PhD.

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Robert David Guevara Verdugo, con cédula de ciudadanía 0605126879, autor del trabajo de investigación titulado: Evaluación de diferentes métodos de extracción de polifenoles de la fresa (*Fragaria x ananassa*) para su aplicación en formulación de helados, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 10 de octubre de 2024.



Robert David Guevara Verdugo

C.I: 0605126879

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Víctor Hugo Valverde Orozco, MSc. catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Evaluación de diferentes métodos de extracción de polifenoles de la fresa (Fragaria x ananassa) para su aplicación en formulación de helados”**, bajo la autoría de **ROBERT DAVID GUEVARA VERDUGO**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 29 días del mes de Mayo de 2024.



Víctor Hugo Valverde Orozco

C.I: 0604242297

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación de diferentes métodos de extracción de polifenoles de la fresa (*Fragaria x ananassa*) para su aplicación en formulación de helados, presentado por Robert David Guevara Verdugo, con cédula de identidad 0605126879, bajo la tutoría de Ing. Víctor Hugo Valverde Orozco, PhD; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 10 de octubre de 2024



Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Paul Stalin Ricaurte Ortiz, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **GUEVARA VERDUGO ROBERT DAVID** con CC: **0605126879**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, FACULTAD DE INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES DE LA FRESA (Fragaria x ananassa) PARA SU APLICACIÓN EN FORMULACIÓN DE HELADOS**", cumple con el 3 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 30 de julio de 2024



MsC. Víctor Valverde
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres Carmen y Robert que fueron y serán mi fuente de inspiración y apoyo. Sin ellos no sería quien soy.

A mis hermanas, María y Belén por su amor y confianza en mí.

A mis sobrinos Zoé, Saúl, Alejandro, y mi sobrinito que está por venir, han sido una motivación para siempre ser la mejor versión de mí y siempre estaré para ustedes.

A mis abuelos Teresa, Diocelina, Jaime y Ángel donde quiera que estén, este trabajo también es para ustedes.

A mi familia y amigos, por su apoyo y momentos de alegría que me han brindado

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a mi madre Carmen porque ella es la persona más influyente en mi vida, quien me enseñó a ser un buen ser humano, por todo lo que ha hecho, hace y hará por mí, todos mis logros son también de ella.

A mi padre Robert porque su figura ha sido vital para mi aprendizaje, fuerte motivación de trabajo y superación personal, sin él, esta investigación hubiera sido mucho más complicada

Agradeciendo a mis hermanas María y Belén por darme sus valiosos consejos tanto en lo académico como en lo personal.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ing. Nelly Cruzatti por hacer posible la realización de esta investigación, esperando que mi trabajo le sea de utilidad en el ámbito profesional.

Agradezco al Mgs. Daniel Luna por proponerme el tema de mi tesis, para de esta manera culminar mis estudios de la mejor manera.

A mi tutor Msc. Víctor Valverde por su guía en mi trabajo y sus valiosos consejos académicos.

Al grupo de investigación Proanin y a la Dra. Davinia Sánchez por su colaboración en el uso del liofilizador que fue parte importante en la investigación.

A los técnicos de laboratorio y excelentes profesionales María Fernanda Rojas y José Latorre, por su valioso aporte en conocimientos técnicos de laboratorio que facilitaron en gran medida la ejecución de la parte experimental del trabajo de investigación.

De igual manera agradecer a toda mi familia y amigos que de alguna manera aportaron su granito de arena para motivarme y poder culminar la investigación.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	15
1.1 Antecedentes:.....	15
1.2 Planteamiento del Problema:	16
1.3 Justificación:.....	16
1.4 Objetivos:	17
General:	17
Específicos:.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Estado de Arte:	18
2.2 Marco Teórico:	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	33
3.1 Tipo de Investigación	33
3.2 Diseño de Investigación.....	33
3.3 Técnicas de recolección de Datos, Población de estudio y tamaño de muestra,	46
3.4 Hipótesis:.....	48
3.5 Métodos de análisis, y procesamiento de datos.	48
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1 Análisis y discusión de resultados de calidad en fresa	50
4.2 Evaluación de diferentes métodos para extracción de polifenoles:.....	52
4.3 Influencia de los extractos en formulación de helados.....	57
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	64
5.1 Conclusiones:	64

5.2 Recomendaciones:	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	73
7.1 ANEXO 1 RESULTADOS TD:.....	73
7.2 ANEXO 4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	74
7.3 ANEXO 5 FORMULACIONES DE HELADOS	76
7.4 ANEXO 6 EJECUCIÓN PARTE EXPERIMENTAL	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Materiales, reactivos, equipos y materia prima.....	34
Tabla2	Volúmenes para elaborar una curva de calibración.....	40
Tabla 3	Variables de investigación.....	47
Tabla 4	Variables para recolección de datos	48
Tabla 5	Variables de experimentación	48
Tabla 6	Resultados calidad de fresa	50
Tabla 7	Comparación resultados calidad de fresa	51
Tabla8	Contenido de polifenoles.....	52
Tabla 9	Comparación de resultados de métodos de extracción.....	54
Tabla 10	Rendimientos métodos de extracción.....	55
Tabla 11	Análisis descriptivo cantidad de polifenoles y rendimientos	55
Tabla 12	Resultados cuantificación de polifenoles en muestra de fresa y hojas de fresa ..	56
Tabla 13	Análisis Anova TD a una temperatura de 20,5 ° C.....	57
Tabla 14	Análisis Anova TD a una temperatura de 23,15 ° C.....	57
Tabla 15	Análisis Anova TD a una temperatura de 35 ° C.....	57
Tabla 16	Resultados TD de 6 tratamientos a 23,15 ° C.....	59
Tabla 17	Resultados TD de 6 tratamientos a 35 ° C.....	60
Tabla 18	Discusión con otros autores.....	62
Tabla 19	TD en 4 tratamientos a 20,5 ° C	73
Tabla 20	TD en 4 tratamientos a 23,15 ° C	73
Tabla 21	TD en 4 tratamientos a 35 ° C	73
Tabla 22	Pruebas post hoc a 20,5 ° C	74
Tabla 23	Prueba tukey b a 20,5 ° C	74
Tabla 24	Pruebas post hoc a 23,15 ° C	75
Tabla 25	Prueba tukey b a 23,15 ° C	75
Tabla 26	Prueba post hoc a 35 ° C.....	75
Tabla 27	Prueba tukey b a 35 ° C	76
Tabla 28	Formulación de helado	76
Tabla 29	Formulación de helado en porcentaje.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ruta bioquímica de compuestos no volátiles en fresa	26
Figura 2	Equipo percolador	30
Figura 3	Componentes de la fresa	32
Figura 4	Escala de color NTC 4103	37
Figura 5	Diagrama de flujo elaboración de helado	44
Figura 6	TD vs tratamientos a 20,5 ° C	58
Figura 7	TD vs tratamientos a 23,15 ° C	59
Figura 8	TD vs tratamientos a 35 ° C	60
Figura 9	Pesaje de fresas	77
Figura 10	Preparación de muestras para deshidratación	77
Figura 11	Deshidratación de muestras de fresas	77
Figura 12	Muestras de fresas deshidratadas	78
Figura 13	Materiales para determinación de parámetros de calidad en fresa.....	78
Figura 14	Pesaje de crisoles	78
Figura 15	Determinación de humedad mediante estufa	79
Figura 16	Crisoles en el desecador	79
Figura 17	Determinación de cenizas	79
Figura 18	Muestras de fresas calcinadas	80
Figura 19	Determinación de pH	80
Figura 20	Determinación de grados brix	80
Figura 21	Determinación de color	81
Figura 22	Pesaje de muestras de fresas	81
Figura 23	Determinación de acidez titulable	81
Figura 24	Muestras de fresa deshidratadas y trituradas	82
Figura 25	Pesaje de fresa deshidratada.....	82
Figura 26	Materiales para métodos de extracción	82
Figura 27	Solución hidroalcohólica	83
Figura 28	Solución hidroalcohólica en botellas ámbar	83
Figura 29	Concentración mediante destilación	83
Figura 30	Filtración de extracto mediante vacío	84
Figura 31	Ultracongelador del grupo Proanín	84
Figura 32	Muestra de fresa congelada.....	84

Figura 33 Equipo liofilizador	85
Figura 34 Pesaje de carbonato de sodio	85
Figura 35 Solución madre para curva de calibración	85
Figura 36 Muestras para cuantificación de polifenoles	86
Figura 37 Curva de calibración	86
Figura 38 Espectrofotómetro UV - visible	86
Figura 39 Pesaje de leche para elaboración de helados.....	87
Figura 40 Pesaje de CMC.....	87
Figura 41 Pesaje de emulsificante	87
Figura 42 Elaboración de helados	88
Figura 43 Almacenamiento de helados	88
Figura 44 Evaluación de tratamientos en formulación de helado	88
Figura 45 Comparación tratamiento C con tratamiento A	89
Figura 46 Evaluación tratamientos en formulación de helados a 35 ° C.....	89

RESUMEN

Los polifenoles son una gran familia química, a la cual se le atribuyen beneficios para la salud humana por su capacidad antioxidante. En los últimos años se ha estudiado el uso de estos compuestos como conservantes, sustancias con propiedades funcionales o aditivos alimentarios. Varias investigaciones señalan que el uso de polifenoles en la formulación de helados puede prolongar el tiempo de derretimiento de esta emulsión. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes métodos de extracción de polifenoles presentes de la fresa, para su aplicación como estabilizante en la formulación de helados. Para la ejecución de este proyecto se utilizaron muestras de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión, las cuales fueron deshidratadas y trituradas, para posteriormente aplicarles tres métodos de extracción de polifenoles: maceración, decantación como métodos tradicionales y liofilización como un método moderno. Los extractos obtenidos se aplicaron en 3 formulaciones de helado y se determinó su tiempo de derretimiento a diferentes temperaturas (20,5, 23,15 y 35 ° C). Los resultados mostraron que el método de liofilización reportó un mayor rendimiento en la extracción (41,28 %) y una mayor concentración de polifenoles ($180 \pm 0,30$ mg GAE/100 g muestra de fresa deshidratada). Además, la formulación de helado que incluía fresa liofilizada mostró el mayor tiempo de derretimiento (33 minutos, 21 segundos) a la temperatura de 20,5 ° C. De esta manera, el uso de polifenoles presentes en la fresa mejora el tiempo de derretimiento del helado, y representa una alternativa viable para sustituir parcialmente o reemplazar a los estabilizantes y emulsificantes comerciales comúnmente empleados.

Palabras claves: polifenoles, extracción, helados, tiempo de derretimiento, estabilizante

ABSTRACT

Polyphenols are a large chemical family, which are attributed benefits to human health due to their antioxidant capacity. In recent years, the use of these compounds as preservatives, substances with functional properties or food additives have been studied. Several studies indicate that the use of polyphenols in the formulation of ice cream can prolong the melting time of this emulsion. The objective of this investigation was to evaluate different methods of extraction of polyphenols contain from strawberries, for their application as a stabilizer in the formulation of ice creams. To accomplish of this project, samples of strawberry (*Fragaria x ananassa*) variety Albion were used, which were dehydrated and crushed, and then three methods of polyphenol extraction were applied: maceration, decantation as traditional methods and freeze-drying as a modern method. The extracts obtained were applied in 3 ice cream formulations and their melting time was determined at different temperatures (20.5, 23.15 and 35 °C). The results showed that the freeze-drying method reported a higher yield in extraction (41.28 %) and a higher concentration of polyphenols (180 ± 0.30 mg GAE/100 g sample of dried strawberry). In addition, the ice cream formulation that included freeze-dried strawberry showed the longest melting time (33 minutes, 21 seconds) at the temperature of 20.5 °C. In this way, the use of polyphenols present in strawberries improves the melting time of the ice cream and represents a viable alternative to partially replace or replace the commonly used commercial stabilizers and emulsifiers.

Keywords: polyphenol, extraction, ice cream, melting time, additives.



Reviewed by:

M.Ed. Jhon Inca Guerrero.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604136572

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes:

Los polifenoles son uno de los principios activos más comunes en plantas y frutas como: fresa, mora, arándano, frambuesa, granada, aloe vera, jaborcabe, etc. Como indica (Deng et al 2018) a estos compuestos se les atribuyen beneficios para la salud, por ejemplo: capacidad antioxidante, capacidad antiinflamatoria, prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otros.

En recientes investigaciones se ha denotado un interés creciente de aplicación de aditivos alimentarios obtenidos a partir de principios activos en la industria alimentaria. Sin embargo, para conseguir aditivos de alta calidad, se requieren de nuevos métodos de extracción. Durante los últimos años se han destacado varios métodos de extracción como: procesado a alta presión, campos eléctricos pulsados, irradiación, extracción asistida por microondas, liofilización, microencapsulación (Deng et al 2018). Estos métodos actuales garantizan mantener la estabilidad de los polifenoles y conseguir extractos con alto contenido de metabolitos secundarios. Varios autores consideran obsoletos los métodos convencionales, tales como: decocción, maceración, percolación, etc; debido a, la sensibilidad de los polifenoles; puesto que, tal como menciona Deng et al (2018) su estabilidad depende de diferentes condiciones como: pH, luz, enzimas, oxígeno disponible, interacción con la matriz de un alimento.

Por otra parte, la industria heladera es una de las más relevantes en la actualidad; porque, el helado puede ser consumido por todos los grupos de edad, con un gran mercado potencial (Akdeniz & Akalın 2019). Los helados son sistemas coloidales complejos, ya que en su fase congelada están presentes múltiples compuestos como: glóbulos grasos, burbujas de aire y aditivos alimentarios (Biasutti et al 2013a).

El problema principal referente a características físicas del helado, principalmente el tiempo de derretimiento, radica en su matriz, pues esta provoca que expuesto al ambiente y con el transcurso del tiempo la estructura coloidal del helado colapse y como consecuencia el helado pierde forma y se derrite por su composición; así, el uso de emulsionantes – estabilizantes (EE), se vuelve una necesidad ya que a juicio de Rubiano-Vargas et al (2022) los EE ayudan en la dispersión de grasa, permiten una mejor introducción de aire en la matriz, y mejoran las propiedades de derretimiento; aunque, hay que considerar que el mal uso en sus proporciones conlleva a problemas sensoriales, funcionales y físicos en el helado.

Con lo expuesto, varios autores han indagado sobre aditivos naturales y su uso en formulaciones de helado. Guerrero & Tarapués (2022) ejecutaron lixiviación en muestras de mora y fresa para aplicarlos en helados de crema con resultados positivos en cuanto a resistencia al derretimiento. da Silva et al (2020) aplicaron un subproducto de arroz en formulaciones de helado, obteniendo resultados que mejoraron las propiedades reológicas del helado, Campos et al (2016) emplearon mucílago de semillas de chía en helados, esto

mejoró la estabilidad de la emulsión, con la posibilidad de reemplazar EE con aditivos naturales.

1.2 Planteamiento del Problema:

El helado es un producto que se caracteriza por sus propiedades organolépticas, este alimento puede ser fabricado de diversas maneras; ya sea, a base de agua o a base de productos lácteos (crema de leche, leche o yogurt); con colorantes y saborizantes. Los principales aditivos que buscan prolongar el derretimiento del helado como se menciona en la Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (2020) son: polisorbatos (E432 y E436), mono y diglicéridos de ácidos grasos (E471) y lectinas (E322); de todas maneras, su uso no ha demostrado satisfacer las necesidades del consumidor pues el helado tiende a perder su forma en lapsos de 10 a 20 minutos, donde se suele presentar la caída de la primera gota, lo que llega a generar incomodidad en los clientes al momento de consumir el producto.

El helado expuesto a las fluctuaciones de temperatura ambiente de las ciudades y con el transcurso del tiempo pierde su forma hasta finalmente derretirse. Por esta razón, los fabricantes de helados obligatoriamente adicionan EE en sus formulaciones; ya que, la ausencia de estos aditivos provocaría defectos notorios en el helado como: falta de palatabilidad, forma y textura inestable y la más relevante baja resistencia al derretimiento (Rubiano-Vargas et al 2022). El problema del derretimiento del helado no solo afecta a los clientes; también, llega a tener represarías para los fabricantes y comerciantes; porque, al obligatoriamente mantener el helado en refrigeración al momento de vender se puede llegar a producir choques térmicos, lo que provoca los problemas mencionados (Rubiano-Vargas et al 2022).

Una solución poco satisfactoria para los productores y comerciantes de helado es el re- congelamiento para evitar pérdidas económicas; no obstante, la norma NTE INEN 706: 2013 en el capítulo 5 disposiciones generales suscita:

5.7 El producto comercializado, una vez que se descongele no debe congelarse nuevamente. (Servicio Ecuatoriano de Normalización 2013).

Es por estas razones que en la actualidad varios investigadores han indagado en nuevos aditivos para la industria alimenticia, por ejemplo: transglutaminasa microbiana (MTG) (Serdar Akin et al 2019), goma de guarango (Stefania Hidalgo 2023) y extracto de polifenoles (Quirós et al 2019). Las Investigaciones actuales sirvieron de punto de partida para indagar sobre la aplicabilidad de polifenoles como aditivos naturales; debido a, que los metabolitos secundarios tienen propiedades de disminuir la tensión superficial entre la fase del helado (aire, grasa, agua); también estabilizan el aire en la mezcla; lo que genera, una textura uniforme y con mayor resistencia al derretimiento (Guerrero & Tarapués 2022).

1.3 Justificación:

El helado es un producto asequible para todos los sectores del mercado y clases sociales. En Ecuador en el año 2019 se registró un aproximado de 300 millones de unidades de helado consumidas al año (El universo 2021), esto demuestra que es un mercado amplio y con

grandes posibilidades de innovar en sus ingredientes. El motivo de la realización del presente estudio fue indagar sobre métodos de extracción para conseguir extractos de polifenoles, los cuales fueron aplicados en formulaciones de helado como aditivos, para comprobar su influencia en el parámetro Tiempo de derretimiento (TD). Bajo el contexto ecuatoriano se consideraron aspectos económicos, accesibilidad de los equipos y reactivos; de igual manera, se evaluó cual método de los ejecutados fue el más efectivo en cuanto a la extracción de los compuestos bioactivos.

Se utilizó como materia prima para la extracción de polifenoles a la fresa; por su, gran producción y precio accesible en la región central del Ecuador; tomando en cuenta, que uno de los tipos de fresa más cultivadas en la región Sierra es la (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión.

El uso más típico de la fresa en la industria alimentaria es procesarla para obtener: pulpas, zumos, mermeladas, caramelos y aditivos naturales como colorantes y saborizantes (Gómez José 2021), el autor menciona además que esta fruta aún tiene otras potencialidades como materia prima para obtención de polifenoles. En esta investigación en base a la literatura considerada, se diseñó un proceso para emplear la fresa como aditivo natural en helados gracias a sus compuestos fenólicos, en donde destacan, ácidos fenólicos como el elágico, carbólico o fenólico, además de elagitaninos. También se analizaron sus hojas, las cuales contienen gran contenido de ácido elágico (El-Hawary et al 2021); de esta manera, se incentivará el uso de materias primas que en muchas ocasiones se comercializan directamente sin ningún procesamiento previo, o se desperdician al no cumplir criterios de calidad para su comercialización.

Con los resultados obtenidos se evaluaron diferentes métodos de extracción de polifenoles y sus rendimientos, solventes y aplicaciones; a petición, de la empresa “Fabianos” el presente estudio será sustancial para conocer sobre los extractos de polifenoles y sus posibles aplicaciones en formulaciones de helados, con el objetivo de mejorar sus formulaciones incluyendo nuevos e innovadores ingredientes.

1.4 Objetivos:

General:

- Evaluar diferentes métodos de extracción de polifenoles de la fresa (*Fragaria x ananassa*) para su aplicación en formulación de helados.

Específicos:

- Analizar características físico – químicas y parámetros de calidad de la fresa (*Fragaria x ananassa*)
- Cuantificar el contenido de polifenoles en extractos obtenidos a partir de la fresa.
- Determinar el mejor método de extracción en base al rendimiento
- Verificar la influencia de los extractos obtenidos en el tiempo de derretimiento en distintas formulaciones de helado.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado de Arte:

El estudio de Tomihisa Ota (2017) realizó una investigación intensiva sobre el efecto de la emulsión causada por los polifenoles en helados a base de crema láctea, evidenciando que los polifenoles al generar una emulsión ayudan a retardar el tiempo de derretimiento en un helado; y esto, gracias a las propiedades únicas de estos metabolitos secundarios.

Dentro de la investigación “Technological aspects and stability of polyphenols” Deng et al (2018) los autores destacaron que la composición, actividad antioxidante y estabilidad de los polifenoles en ciertas condiciones pueden cambiar; a tal punto, de la degradación de estos principios activos y la disminución de sus propiedades biológicas.

Baenas et al (2018) en su trabajo “Foods and supplements” analizaron de manera detenida las propiedades de los polifenoles en alimentos, una de sus conclusiones fue la posibilidad de aplicar polifenoles en la industria alimentaria, ya sea como antioxidantes, antimicrobianos o potenciadores en alimentos. Los polifenoles pueden ayudar en la vida útil de un producto, al sustituir a los conservantes sintéticos y promover la introducción de nuevos aditivos naturales en beneficio de la salud de los consumidores.

Con base en el trabajo de Meyer Torres et al (2018) los autores realizaron extracción de aceite esencial en muestras de flor de caléndula, donde primero secaron las muestras para posteriormente someterlas a dos tipos de hidrodestilación, la común e hidrodestilación asistida con calentamiento óhmico (OAHD), el procedimiento con mejores resultados fue el que usó OAHD. Para tener una estimación del contenido total de fenoles totales, los autores recurrieron al procedimiento de Folin Cicalteu con ácido tánico microgramos sobre mililitros (ug/mL) como patrón. Los autores manifiestan que el estado de la muestra condiciona el contenido de los fenoles totales mas no el método de extracción.

Guerrero y Tarapués (2022) en su tesis mencionan los siguientes resultados de extracción de polifenoles en muestras de fresa y mora:

“Se pudo evidenciar que la mora durante las 3 horas expuestas al solvente fue quien mayor compuesto fenólico extrajo, con un porcentaje de 27,87 % de rendimiento de polifenoles totales, por otra parte, la fresa logro un rendimiento mucho menor de 16 %, pero la diferencia se reduce al haber transcurrido las 8 horas posteriores ya que la mora obtiene un 45,73 % a diferencia que la fresa la cual obtuvo un 44,62 % de rendimiento de polifenoles.”

También se puede destacar que en el trabajo de Guerrero & Tarapués (2022) se aplicó el método de lixiviación con el uso de solventes como el etanol y metanol; en donde, para obtener el mejor rendimiento de extracción de polifenoles recomiendan a mayor exposición de la muestra con el solvente a agitación constante. También al aplicar los extractos en helados de crema denotaron que, con concentración de 0,2 % de polifenoles de la fresa a 15

° C (grados centígrados), la caída de la primera gota se presentó a los 51 minutos, siendo este tratamiento el óptimo para evitar el derretimiento del helado.

En la investigación de Pulicharla et al (2016) evaluaron diferentes métodos de encapsulación para extraer polifenoles. En su trabajo concluyeron que al utilizar como solvente acetona al 70 % se obtuvo una mayor concentración de polifenoles totales (164 mg GAE/100g) (miligramos equivalentes de ácido gálico 100 gramos). Para conseguir dichos resultados los autores aplicaron la siguiente metodología:

“Se lavaron las fresas frescas y se cortaron en trozos pequeños. Se remojaron durante la noche al 70 % de acetona y agua (70:30) como disolvente de extracción de los polifenoles, El material empapado se molió, se filtró y los filtrados se secaron a temperatura ambiente durante 3 días. El filtrado seco se congeló a – 20 ° C durante 12 horas y posteriormente se liofilizó. El extracto se almaceno en un desecador a temperatura ambiente.”

En mención a Campos et al (2016) quienes buscaron en su trabajo optimizar métodos de extracción de metabolitos secundarios a partir de semillas de chía, para su aplicación en formulación de helados en sustitución de EE, los resultados más significativos que los autores obtuvieron fueron:

“Al aplicar un baño de agua destilada en un rango de temperatura de 30 a 80 ° C en un tiempo de 2 a 4 horas en una relación de agua y semilla 30:1 – 10: 1, la suspensión acuosa lo esparcieron en una bandeja de secado, secándola en una estufa convencional con circulación forzada de aire toda una noche en rangos de temperatura de 50 a 60 ° C, finalmente se separó la semilla sobre un tamiz de 30 mm (milímetros).”

Por último, al aplicar las semillas de chía en formulaciones de helado como EE en una proporción de 1 a 2 g mucílago semillas de chía/100 g de helado, se pudo observar: Una mejor incorporación de aire del 32 al 36 % con relación a una formulación base; además, tardo más tiempo en iniciar el proceso de fusión y se denotó un menor producto fundido en un rango de 90 minutos. De esta manera los autores concluyeron en el uso de este aditivo natural para mejorar una formulación de helado(Campos et al 2016).

En el trabajo de Muñiz-Márquez et al (2021a) se evaluaron las mejores condiciones para extracción de polifenoles (elagitaninos), por el método de ultrasonido. Considerando las siguientes variables:

“Las mejores condiciones de extracción fueron 93,60 ° C de temperatura durante 55,23 minutos en una solución acuosa de etanol del 75,23 % en un radio de líquido/sólido de 3,27 mL/g del material vegetal obtenido, una recuperación de 19,47 mg elagitaninos/g de muestra de cáscara de granada.”

Se debe recalcar que la materia prima para la extracción fue cáscara de granada recolectada en la localidad de Arteaga Coahuila México, la muestra fue tratada mediante una deshidratación de 60 ° C por un lapso de 48 horas; para posteriormente, ser molida en un

Pulvez 100 Mini y tamizado con un tamaño de partícula de 0,6 – 0,8 mm. Por otro lado, para la extracción asistida por ultrasonido se llevó a cabo mediante un baño ultrasónico en un equipo Branson modelo 2510, con un volumen útil de 10 L (litros), operado a una frecuencia de 40 Kilo Hertzios (kHz). (Muñiz-Márquez et al 2021a).

En el trabajo “Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique” Čujić et al (2016a) se evaluaron condiciones idóneas para la extracción de polifenoles en muestras deshidratadas de zarzamora (*Aronia melanocarpa*); las condiciones de los autores fueron: 0,75 mm tamaño de partícula, 50 % etanol en relación sólido solvente 1:20; además, se determinó que el tiempo no era una variable estadísticamente significativa. Se destaca además sus resultados los cuales fueron:

“En condiciones seleccionadas, los fenoles totales experimentales fueron 27,8 mg GAE/g, y las antocianinas totales fueron 0,27 %.”

Los autores también recomiendan el uso del método HPLC (High – Performance Liquid Chromatography) para mejorar la extracción de los compuestos fenólicos.

En el artículo “Water soluble phenolics, flavonoids and anthocyanins extracted from jaboticaba berries using maceration with ultrasonic pretreatment” Chua et al (2023) los autores emplearon la siguiente metodología:

“Para extraer polifenoles en muestras de jaboticaba agregaron agua destilada a 100 gramos de muestra en una relación 1:10 sólido líquido, sometióndolas a maceración por 24 horas; por otra parte, otras muestras se pretrataron con ultrasonidos a 40 kHz por 30 minutos antes de la maceración, la temperatura fue ambiente a 28 ° C, finalmente el sobrenadante se concentró en un evaporador rotativo (4001 Efficient, Heidolph Instruments, Schwabach, Alemania) después de la extracción.”

Se puede mencionar también sus resultados de extracción los cuales fueron:

“Contenido total de polifenoles (11,23 a 31,98 mg GAE/g), contenido de flavonoides (0,95 a 1,74 mg quercetina QE/g), contenido de antocianinas (0,99 a 3,25 mg cianidina -3-glucósido C3GE/g); en donde, la cáscara del fruto obtuvo más cantidad de polifenoles totales, también se mejoró la extracción con el pretratamiento ultrasónico.

En la investigación “Effect of ethanolic extraction, thermal vacuum concentration, ultrafiltration, and spray drying on polyphenolic compounds of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichos Schtdl*) by product” Quirós et al (2019) los autores ejecutaron una metodología con las siguientes condiciones:

“Las condiciones óptimas para la extracción fueron: una relación solvente BBP (Subproducto de mora) de 3,4, 57,1 % de etanol a 60 ° C y tiempo de extracción de 120 minutos.”

Para obtener los mejores rendimientos los autores diseñaron un croquis para optimizar la extracción por vacío; el cual, contaba con los siguientes equipos: Agitador de control, controlador de temperatura, termómetro, condensador metálico enfriado por agua,

turbina Rushton de seis palas, baño de agua, matraz de vidrio, soporte agitador (Quirós et al 2019).

En cuanto a sus resultados, los autores indican que en el contenido de polifenoles totales del residuo de mora obtuvo 1313,60 mg GAE/100 g subproducto de mora BBP; por otro lado, el contenido de antocianinas fue de 101,99 mg C3GE/100 g BBP, por último, el contenido de elagitaninos se reportó en 207,63 mg ácido elágico EA/100 g BBP.

En el artículo “Extraction of phenolic compounds: A review” Alara et al (2021), se proporcionan varias opciones para la extracción de polifenoles; en donde, se puede destacar la percolación que es un método que consiste en colocar la muestra pulverizada en un sistema cerrado, permitiendo caer el disolvente gradualmente de arriba hacia abajo; además, de que no es requerido una filtración posterior pues en el equipo percolador solo pasa el extracto. No obstante, los inconvenientes de este método son su tiempo, grandes cantidades de solventes, tamaño de la muestra. Los autores también mencionan otras técnicas tradicionales como decocción o infusión.

De acuerdo con Torgbo et al (2022) un método para la extracción de compuestos fenólicos es el método electrotérmico, calentamiento Óhmico; los autores aplicaron dicho método en piel de rambután (*Nephelium lappaceum L*) fruta tropical proveniente del Sudeste Asiático, para ello se utilizó agua desionizada y etanol en concentraciones distintas (50 % y 70%), con un lapso de retención de 30 a 60 minutos de medio de transmisión eléctrica. Los autores al aplicar el extracto en una formulación de pan fortificado notaron un aumento en la cantidad de polifenoles en el pan, al igual de presentar un incremento en su capacidad antioxidante y destacando una excelente actividad antifúngica, de esta manera, se puede aplicar el extracto de rambután como un aditivo prolongador de vida útil.

En mención a Kavela et al (2023) se puede obtener polifenoles a partir de polvo de arándanos liofilizado, con el uso de solventes verdes como: etanol, glicerol, agua destilada, para la extracción se usó un baño de agua en rangos de temperatura de 40 – 60 ° C en un tiempo de 120 minutos, con un pretratamiento ultrasónico de 15 a 30 minutos de la muestra, bajo estas condiciones los autores presentaron sus resultados: Los valores más altos de polifenoles totales se obtuvieron con 50 % de glicerol + 1 % de ácido fórmico a 50 ° C por 60 minutos (12,309 ± 759 mg GAE/100 g) Kavela et al (2023).

Con el conocimiento de la cantidad de polifenoles de la muestra se demuestra su potencial para su uso como un aditivo natural en alimentos, para un mayor rendimiento de extracción se puede aplicar 50 % etanol + 1 % de ácido cítrico o 50 % de glicerol a 50 ° C por 60 minutos.

En la investigación “Comparision of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria x ananassa* Duch” Nowicka et al (2019) evaluaron la composición de los polifenoles de la fresa a partir de 90 variedades, las fresas evaluadas se cultivaron en dos años consecutivos (2011, 2012), de una plantación ubicada

en Maslowice Polonia, solo el fruto maduro se sometió a estudio. Los resultados que obtuvieron fueron:

“La media de polifenoles totales en las dos temporadas de crecimiento osciló entre 8,45 a 208,58 mg/100 g (media 73,2 mg/100g). El valor más alto de polifenoles (sobre 115 mg/100g) se encontró en 5 variedades: Segal (115,22 mg/100g), Majarol (117,83 mg/100 g), Selvik (118,42 mg/100g), Senga Gigana (119,51 mg/100g), y Sophie (120,98 mg/100g). El contenido más bajo de polifenoles (debajo 68 mg/100g) se observó en 4 variedades: Kama (67,98 mg/100g), Vega (66,51 mg/100g), Fenella (66,23 mg/100g) y Vesper (59,36 mg/100g).”

En la opinión de Nowicka et al (2019) al presentarse variación en el contenido de polifenoles totales de la fresa cultivadas en el año 2011 en relación con las cultivadas en 2012, la reducción de contenido de polifenoles en algunas variedades se puede deber a: aumento de precipitaciones, insolación y temperaturas medias más bajas; estas razones, explicarían porque la fruta de esa temporada fue de peor calidad, más pequeña y menos colorida.

Con el aporte de da Silva et al (2020) elaboraron diferentes formulaciones de helado con distintos aditivos prebióticos como: inulina de cadena larga, inulina de cadena media, oligofructosa, polidextrosa y subproducto de arroz, estos aditivos se añadieron en proporción 5g/100g, se destaca el subproducto acuoso de arroz, cuya materia prima es arroz blanco pulido variedad Agulhinha; para la obtención de este aditivo, se pesó, lavo y se añadió agua destilada en una relación (1:14, arroz agua), la mezcla se coció en una olla de acero inoxidable por 40 minutos, se batió en una batidora domestica por 5 minutos, para finalmente homogenizar la mezcla y colar en un tamiz de malla fina de 2 mm. Los resultados que obtuvieron en los helados fueron:

“La adición de prebióticos resultó en helados con mejor funcionalidad (mejor capacidad antioxidante, antihipertensiva y antidiabética y mejores índices de salud). El tipo de prebiótico utilizado fue de primordial importancia en la calidad de los productos ya que los helados adicionados con polidextrosa y oligofructosa se derretían más rápido, eran más firmes y tenían un ligero cambio de color, pero mayor funcionalidad (compuestos bioactivos), los helados con inulina larga, inulina de cadena larga presentaban menor consistencia, y los helados con inulina de cadena perfil volátil (aparición de 2 – butanona, 3 – metil, aroma afrutado).

Desde la posición de León Diana (2022), en cuanto a una extracción de antioxidantes no existe un solvente o estado que permita la mayor cantidad de estos compuestos de manera universal, pues es variable la cantidad y el rendimiento según la especie. La autora evaluó la capacidad antioxidante de dos especies de microalgas: *Nannochloropsis oculata* y posible *Hapaloshion sp*. Al obtener una biomasa de estas microalgas recurrió a una liofilización con un liofilizador FreeZone 2.5 de LABCONCO (Kansas, Estados Unidos), la muestra se congeló previamente 3 horas antes de introducirlo en el equipo en un Biofreezer Fisher Scientific R123A (Massachusetts Estados Unidos) a – 80° C, se rotó el tubo del liofilizador

cierto tiempo para conseguir una capa de biomasa homogénea en la pared, se liofilizó la muestra por 24 horas, posteriormente se almaceno a -20 ° C.

En el artículo “Influencia de fresa en polvo, goma guar, povidexrosa y maltodextrina en los parámetros de calidad de helados duros” Morales et al (2019), los autores efectuaron diversas formulaciones de helados con el uso de aditivos comunes en la industria heladera, mediante siete mezclas que posteriormente fueron evaluadas por triplicado, se combinó los aditivos con mediciones de tiempo de 30 a 40 minutos, donde consiguieron una formulación solo con fresa en polvo; la cual, permaneció intacta por más de 10 minutos. Los autores consumaron que la fresa en polvo ayudó a conseguir los mayores tiempos de derretimiento, si se aplica alto porcentaje de emulsificantes se consigue valores alto de PO (Porcentaje de Overrum); también, la interacción entre emulsificantes y fresa en polvo no es idónea para potenciar el TCPG (Tiempo Caída de Primera Gota), PO y reducir la VD (Velocidad de derretimiento).

En la opinión de Grefa Shirley (2019) los métodos de extracción para antioacioninas y elagitaninos más convenientes; son aquellos que, permiten recuperar cantidades considerables del compuesto de interés, métodos como ultrafiltración, liofilización, extracción asistida por ultrasonido consiguen rendimientos aceptables y superiores a los métodos convencionales e incluso son más amigables con el medio ambiente. También la autora menciona el uso de etanol como solvente para la extracción de antioacianinas y elagitaninos pues con el etanol los extractos obtenidos son aptos en la industria alimentaria; todo lo contrario, al usar metanol y acetona.

2.2 Marco Teórico:

Polifenoles

Son compuestos fitoquímicos que componen uno de los grupos químicos más numerosos y ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Márquez-López et al 2019), en las plantas estos metabolitos secundarios cumplen múltiples funciones como: atraer polinizadores, protección contra: contaminación viral, radiación ultravioleta y microbiana (Fraga et al 2019).

La característica común de los polifenoles es poseer más de un grupo fenol en su composición química. (Valencia-Avilés et al 2016). El contenido de estos compuestos en plantas y frutos presenta variaciones que dependen de la especie, grado de madurez, composición del suelo, genotipo, condiciones ambientales, ubicación geográfica y condiciones de almacenamiento (Haminiuk et al 2012).

Los compuestos fenólicos al mantener una estructura molecular análogas se pueden clasificar en dos grandes grupos: flavonoides y no flavonoides, y cada grupo presenta su propia división:

- **Flavonoides**

En este grupo se encuentran componentes diversos; por ejemplo, Flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas, dihidroflavonoles, atocianidinas y chalconas.

- **No flavonoides**

Por otra parte, este grupo se puede encontrar químicos como ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, polifenoles volátiles, estilbenos, lignanos, cumarinas (Gonçalves et al 2013).

Taninos

Son compuestos polifenólicos, la gran mayoría de ellos son solubles en agua, con una gran gama de estructuras; en donde, sus pesos moleculares tienden a ser altos (Zhang et al 2015), estos químicos poseen la particularidad de ser amargos, astringentes y además son capaces de precipitar proteínas. (Haminiuk et al 2012) Estos componentes también tienen su propia clasificación en relación con sus estructuras y funciones, los cuales son: taninos condensados e hidrolizables.

Taninos hidrolizables

Este subgrupo de los taninos son polímeros cuya peculiaridad es tener una parte central que consiste en un poliol comúnmente glucosa; y en donde, sus funciones hidroxilo están esterificadas con ácido gálico; de igual manera, estos taninos también tienen su propia clasificación:

- **Galotaninos:** Poseen derivados que se llaman galloilados, al momento de su hidrólisis estos compuestos liberan ácido gálico.
- **Elagitaninos:** A diferencia de los galotaninos estos componentes en su hidrólisis liberan más químicos; por ejemplo, ácido elágico, gálico, valónico, hexahidroxidifénico, grupos galoil, todos estos químicos están unidos mediante enlaces carbono – carbono (Stevanovic et al 2009).

Elagitaninos

Constituyen una de las principales clases de polifenoles polihidroxifenólicos, en su estructura química contienen una o más fracciones de hexahidroxidifenol (HHDP), esterificadas con un azúcar que suele ser d – glucopiranososa (Landete 2011) Los compuestos de elagitaninos presentan una gran variedad estructural; ya que, sus distintos enlaces con residuos de HHDP con fracciones de glucosa provocan esta variabilidad estructural; además, estos compuestos tienden a formar derivados diméricos y oligómeros.

Otra propiedad de los elagitaninos es que al momento de hidrolizarse *in vitro* liberan unidades de HHDP y glucosa, lo que ocasiona un proceso denominado lactonización espontánea; lo cual, a su vez provoca que se formen moléculas de ácido elágico (Olivas-Aguirre et al 2015).

Ácido elágico

Perteneciente a los compuestos fenólicos, este químico es un derivado dimérico del ácido gálico, en frutas y plantas lo podemos encontrar en forma libre, glicosilado,

hidrolizado o como elagitaninos simples o complejos (Olivas-Aguirre et al 2015); también, se destaca que el ácido elágico es una molécula muy estable; esto debido a, que su punto de fusión es de 362 ° C, por ser perteneciente al grupo de polifenoles tiende a reaccionar con otras moléculas tales como proteínas, polisacáridos o alcaloides dando como resultado químicos complejos.

Ruta bioquímica de los polifenoles

Los polifenoles son considerados compuestos no volátiles en la matriz de un alimento; dichos compuestos, se originan en vías metabólicas secundarias influenciadas por diversas enzimas como: de síntesis (sintasas) y enzimas de transformación (glucosiladas, isomerasas) (Wang et al 2024).

En la investigación de Wang et al (2024), los autores investigaron sobre la biosíntesis de los compuestos no volátiles en la fresa (*Fragaria x ananassa*) en 3 variedades Tokun (TK), Benihoppe (BH) y blancanieves (SW). En donde analizaron las rutas bioquímicas de los polifenoles; que surgen por, reacciones entre metabolitos y enzimas como se describe a continuación:

- 1) La D – glucosa – 1 – fosfato se transforma en beta – D – fructuosa facilitada por la enzima fosfoglucomutasa (PGM) y la glucosa 6 – fosfato isomerasa (GPI) generando D – eritrosa – 4- fosfato (E4P) y fosfoenolpiruvato (PEP) a través de la vía de las pentosas fosfato y la vía del glucolisis (EMP).
- 2) Una mayor abundancia de (PGM) Y (GPI) produjo más beta – D – fructuosa.
- 3) El (E4P) y (PEP) sirvieron como precursores del corismato, un intermediario clave en la biosíntesis de Trp, Phe y Tyr a través del metabolismo del shikimato.
- 4) La Phe fue el comienzo del metabolismo de los fenilpropanoides, que generaron flavonoides y derivados del ácido fenilacético.

A partir de la vía del shikimato se producen los ácidos fenólicos, de estos ácidos se sintetizan la mayoría de los flavonoides. Todo este complejo proceso bioquímico comienza en el citoplasma de la fresa y se desarrolla en el cloroplasto, este proceso explica la presencia de polifenoles en fresas, Wang et al (2024) resumen todo este proceso como se muestra en la figura 1

a altas temperaturas son factores que ayudan a minimizar la autooxidación de los alimentos ricos en polifenoles y aumentará la estabilidad de almacenamiento a largo plazo.

Factores que afectan la estabilidad de los polifenoles

- **pH**

El efecto del pH en los polifenoles es significativo; puesto a, que influye en su estabilidad y composición química en una matriz de un alimento. Estudios indican que al encontrarse polifenoles en condiciones de pH de 4 estos se encuentran estables; no obstante, al incrementar el pH hacia uno alcalino (superior a 6), estos principios activos pierden su estabilidad; así Huang et al (2012) demostró que en extracciones de *Galla chinensis* los taninos eran inestables en pH alcalinos o neutros.

- **Temperatura**

Este factor es uno de los más influyentes en polifenoles; a tal punto, de que su control afecta directamente en la estabilidad y disponibilidad de los polifenoles hablando específicamente en alimentos. de la Rosa et al (2019) indican que temperaturas altas son capaces de activar varios mecanismos de defensa; como, activación de enzimas antioxidantes, como: superóxido dismutasa, catalasa y ascorbato peroxidasa; también, se activan enzimas degradativas, afectando directamente el contenido de polifenoles disponibles en frutas. Para evitar esta pérdida de polifenoles es recomendable almacenar los alimentos a temperaturas de refrigeración (4° C) o de congelación (- 20 ° C o - 80° C). Los diferentes grupos de polifenoles (flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, estilbenos, etc.), suelen ser estables en rangos de temperaturas de 80 – 100 ° C, a temperaturas superiores pueden comenzar a degradarse.

- **Oxígeno disponible**

Uno de los fenómenos más comunes en alimentos es el pardeamiento enzimático, el cual empieza con la oxidación de fenoles en quinonas; así, mientras exista más presencia de oxígeno la oxidación de polifenoles ira incrementándose. En palabras de Sang et al (2005) para que se produzca dicha oxidación se requieren condiciones normales que rondan los 37 ° C y pH de 7,4. Las principales consecuencias de esta oxidación es la pérdida de polifenoles seguido de disminución de actividad antioxidante.

- **Luz**

Exponer muestras a luz continuamente acelera de manera significativa la degradación de polifenoles; esta afirmación, se demuestra con los trabajos de Maier et al (2009) que a exposición de luz de neón la reducción de antocianinas fue significativa a comparación de conservar las muestras en oscuridad. En sí es recomendable mantener las muestras en oscuridad ya que garantiza mantener los polifenoles sin que estos presenten cambios importantes en su composición, pues al degradarse pierden sus propiedades y efectividad al momento de aplicarlos.

Métodos de extracción modernos o alternativos

Los métodos modernos resultan de interés; porque, ofrecen mayor rendimiento en cuanto a los extractos obtenidos; además, son más amigables con el medio ambiente; porque, no se requiere de grandes cantidades de solventes que pueden contaminar aire, suelo y agua,

consumen menos energía y generan menos residuos. Los métodos más relevantes a considerar son:

- **Altas presiones**

Es un método que consiste en someter a una muestra a presiones altas, varios estudios reportan los efectos de este procedimiento en polifenoles, Marszałek et al (2015) mencionan que el contenido de antocianinas en muestras de pure de fresa, decrece considerablemente con este tratamiento; no obstante, el contenido de polifenoles no sufrió cambios significativos; por otra parte, García-Parra et al (2016), encontraron que el contenido de polifenoles y antocianinas incremento de manera importante a presiones de 200 Mega Pascales (MPa) en un lapso de 5 a 10 minutos. Con estos antecedentes se observa que el tratamiento de altas presiones no es el óptimo para la extracción de polifenoles, aun así, resulta un tratamiento mejor que los métodos térmicos.

- **Campos Eléctricos**

Los campos eléctricos son generados por fuerzas eléctricas que interactúan con un sistema determinado (Olivares Javier 2018), para aplicar este método se requiere de dos placas metálicas en paralelo conectadas a un generador. Existe dos campos eléctricos más empleados campos eléctricos pulsados (Pulse Electric Field PEF) y campos eléctrico-moderados (Moderate Electric Field MEF) (Cavada G 2017 citado por Celada V 2021) las frecuencias usuales para estos métodos varían desde las más altas 100 Hertzios (Hz) hasta más bajas como 60 Hz, aunque se prefiere frecuencias altas; ya que, a frecuencias bajas aumentan la velocidad de corrosión en electrodos y reacciones de electrolisis (Gavahian & Farahnaky, 2018; Hosahalli S. Ramaswamy & Marcotte Michele, 2014). En la industria alimenticia los campos eléctricos son capaces de inactivar microorganismos y extraer compuestos.

- **Extracción asistida por microondas**

Extracción asistida por microondas es considerado uno de los mejores métodos para la extracción de compuestos fenólicos. Su eficiencia se debe a la aplicación de microondas las cuales provocan un aumento localizado de temperatura en los tejidos de una muestra; como consecuencia, conduce a la ruptura del tejido y el traslado de los polifenoles a los alrededores de un disolvente.

Sus ventajas son: reducir el tiempo de extracción, conserva la actividad antioxidante, incrementa el rendimiento de extracción (Li et al 2012), un método a considerar si se desea obtener rendimientos altos de extracción.

Métodos de concentración de compuestos bioactivos

- **Encapsulación**

Es un proceso en donde los agentes activos son recubiertos con un material portador, de tal manera, que forman partículas o cápsulas a escalas micrométricas o nanométricas. Los materiales recubiertos (agente activo), también llamado núcleo o fase interna, los materiales de recubrimiento (material portador) se conocen como material de pared, capsula, matriz, etc (Devi et al 2017). Las ventajas del método de nanoencapsulación son: Gran superficie de área, protección de los compuestos bioactivos, mejorar la bioestabilidad de los metabolitos, mejora la captación intracelular (Shishir et al 2018).

- **Liofilización**

Es un tratamiento efectivo en conservar las propiedades de los polifenoles; mediante, el secado de las sustancias bioactivas, ayudando a reducir su degradación, también se puede aplicar como preparación de la muestra para optimizar un método de extracción. Zorić et al (2016) mencionan el incremento de propiedades nutritivas en alimentos almacenados previamente en temperaturas de 4 a 20 ° C, por un tiempo determinado.

A pesar de todos los beneficios que ofrecen estos métodos alternativos su principal limitante es el costo de los reactivos y equipos que se emplean, pues no todas las universidades o laboratorios cuentan con esta tecnología lo que limita considerablemente la aplicabilidad de los métodos mencionados.

Métodos convencionales o térmicos

Por otro lado, los métodos convencionales o también conocidos como tratamientos térmicos son ampliamente utilizados alrededor del mundo, no solo porque sus equipos y reactivos son más asequibles; también, al aplicar temperatura en el caso particular de alimentos garantizamos inocuidad en el producto; debido a, que la temperatura inactiva microorganismos y enzimas que suelen afectar la estabilidad del alimento.

Sin embargo, al analizar únicamente la extracción, los métodos convencionales al aplicar altas temperaturas reducen la cantidad y capacidad antioxidante de los polifenoles; también afectan directamente a la estabilidad de estos compuestos.

Aun así, pese a las claras limitantes de los métodos convencionales se pueden mejorar estos tratamientos; por ejemplo, Golda Meyer et al (2019) optimizaron el proceso de hidrodestilación con calentamiento Óhmico, con estos antecedentes se han considerado los siguientes métodos:

- **Maceración**

La maceración se ha presentado como un método muy aplicado a lo largo del mundo; no obstante, la existencia de técnicas más eficaces, lo han relegado en los últimos años. Este método consiste en un proceso simple de remojo de una muestra, generalmente pulverizada con un solvente seleccionado en un sistema cerrado, para conseguir buenos resultados se debe realizar agitación esporádica y conservar la muestra a temperatura ambiente (Olejar et al 2015).

Después del proceso de extracción se debe separar el solvente de la parte sólida; para ello, se puede recurrir a filtración, decantación o clarificación (Ćujić et al 2016a), se puede destacar que es un método sencillo; no obstante, sus desventajas es el tiempo que conlleva que puede ser de semanas, al igual de requerir volúmenes considerables de solvente (Alara et al 2018).

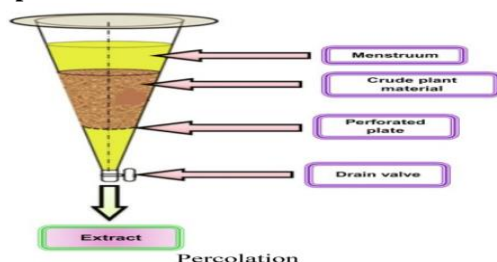
- **Percolación**

La percolación resulta similar a la maceración, pero, su diferencia radica en el uso de un equipo percolador, el cual es un dispositivo cónico, con una tapa circular para el paso del solvente, la velocidad de caída del líquido se controla con un cierre regulable en su parte

inferior (Giovani Tuco 2023). Unas de las ventajas al optar por una percolación, es que no se requiere de una filtración posterior; debido a, que el equipo percolador por su forma solo permite el paso del extracto.

A pesar de ello la percolación presenta varios inconvenientes como: solubilidad de los solventes, muestra, y la duración de la extracción que se puede prolongar demasiado; también, presenta los mismos problemas de la maceración que es la duración y los solventes que pueden aplicarse en exceso.

Figura 2
Equipo percolador



Nota. Tomado de Extraction of phenolic compounds: A review Oluwaseun Ruth Alara et al 2021 Current Research in Food Science 4 200 – 214

Los siguientes métodos son tratamientos térmicos; no obstante, no fueron aplicados en la investigación debido a que sus rendimientos no son óptimos para los extractos, pero pueden ser tomados en cuenta.

- **Decocción**

Este método tiene como fin hervir las muestras durante un período corto de tiempo (20 minutos), también en ese tiempo se puede verter agua hervida sobre las muestras. La ventaja de esta técnica es su factibilidad para muestras con fitoquímicos termoestables y solubles en agua (Alara et al 2021).

- **Digestión**

Este método es una variación de la maceración, donde se usa una temperatura controlada, de tal manera que la temperatura no afecta de manera considerable los principios activos. Esta técnica es más empleada para muestras de plantas que contengan compuestos polifenólicos o con materiales poco solubles. Pero hay que considerar que técnicas con uso de temperaturas no se puede prolongar por mucho tiempo la extracción; por causa, de los compuestos termolábiles (Alara et al 2021).

Preparación de la muestra

Este proceso resultó un punto crucial para la investigación, pues varias investigaciones indican mayor efectividad al momento de extraer compuestos, si la muestra ha sido tratada previamente.

Muñiz-Márquez et al (2021) mencionan que al secar, moler y posteriormente tamizar se obtiene mejores resultados en las extracciones; además, de mantener la muestra en zonas oscuras, de preferencia en cuartos fríos a temperaturas de - 20 ° C y almacenada en bolsas de polietileno con cierre hermético.

El helado y sus generalidades

La industria del helado en 2022 representó un mercado de 77,5 mil millones dólares americanos (USD), además de tener proyección de aumento y llegar a la cantidad de 99.7 mil millones USD en el lapso 2023 – 2028 (EMR Aclaight Enterprise 2022); de este modo, el helado es uno de los productos alimenticios de consumo masivo por sus características únicas, con la posibilidad de innovar en el uso de ingredientes y aditivos para conseguir propiedades organolépticas que resalten el producto.

El helado es una mezcla multifacética, que se compone habitualmente de productos lácteos, glóbulos grasos, cristales de hielo, burbujas de aire, espuma, y fases diferenciadas de proteínas, sales y azúcares (Biasutti et al 2013). Además de ser un alimento de fácil preparación, usual en la dieta de varias culturas en el mundo, con un sabor gratificante para el consumidor y a precios asequibles (Prasad et al 2018).

Debido a los cambios en hábitos de consumo de la población en general se busca alimentos que beneficien a la salud; en donde, se consideren la población intolerante a la lactosa o vegana, esta tendencia a nivel mundial también puede ocasionarse por la poca disponibilidad de leche en ciertas regiones, altos costos de materias primas; o a su vez, alimentos con patógenos como *Salmonella spp* o *Escherichia coli* (Paul et al 2020).

A pesar de que el helado es un producto apetecible para el consumidor, su problema primordial es su derretimiento, a causa de, exponerlo al entorno a temperatura ambiente por un tiempo, en el derretimiento acontece fenómenos como: la fusión del hielo y el colapso de la estructura de la espuma. Hay que comprender que, aunque los cristales de hielo se derritan aún el helado técnicamente no se derrite; sino, hasta que la espuma colapsa, causando la pérdida de forma y volumen del producto (Morales - Juri et al 2019), por esa razón es vital el uso de EE en formulaciones de helado.

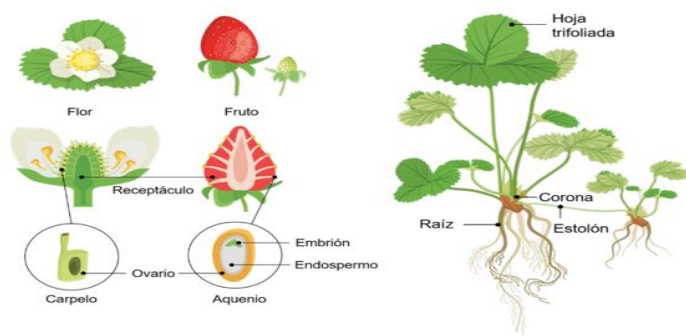
Un parámetro que se puede medir en un helado es el (TD) permite medir el tiempo en que el helado se derrite, esta variable fue vital en la investigación porque evidencia cómo afectaron los extractos al derretimiento del helado.

Generalidades de la fresa

La fresa pertenece al género *Fragaria* de la familia *Rosaceae*, donde, se incluye más de 20 especies las cuales son cultivadas alrededor del mundo (Salas-Arias et al., 2022).

Como se puede apreciar en la figura 3, se denota las diferentes estructuras de la fresa, desde la flor, el fruto, sus raíces y hojas.

Figura 3
Componentes de la fresa



Nota. Tomado del trabajo de Liu et al 2020 y Demchak 2013

Como ya se mencionó, existen alrededor de 20 variedades de fresa, la más comercial en la actualidad es del tipo *Fragaria x ananassa*; por, su adaptabilidad a múltiples condiciones agrícolas y climáticas; aunque, este fruto se produce de manera idónea en climas templados y subtropicales con temperaturas que oscilan los 22 a 25 ° C (Nanhe Lal Saroj, 2021). En Ecuador las variedades más cultivadas son: Oso grande, Monterrey y Albión, la fresa se cultiva en zonas que fluctúan los 1300 y 3600 metros sobre el nivel del mar (msnm) y con temperaturas de 15 ° C (Pérez Laura 2018).

Se debe recalcar que el contenido de compuestos fenólicos en la fresa, varía en relación a su especie, cultivo, tratamiento postcosecha, almacenamiento, factores que alteran el contenido de compuestos bioactivos; pero, de manera general la fresa contiene alto contenido en compuestos antioxidantes como la vitamina C (El-Hawary et al 2021), además de ello, la fresa después de la mora y frambuesa es una de las principales fuentes de ácido elálgico (da Silva Pinto et al 2008; Michalska et al 2017).

En recientes investigaciones han reportado mayor contenido de polifenoles bioactivos en hojas de fresa que el mismo fruto; por ejemplo, El-Hawary et al (2021) en sus resultados reportaron 62,37 microgramos/miligramos de equivalente de ácido gálico (ug/EAG mg) de polifenoles totales en hojas de fresa variedad Festival a relación de 20 ug de polifenoles totales en el fruto. En una relación numérica, es tres veces superior a la cantidad de polifenoles totales presentes en la hoja que del fruto el cual fue considerablemente inferior.

Entre los compuestos más abundantes encontrados en hojas de fresa se puede encontrar kaempferol, quercetina, ácido clorogénico, ácido cafeico y elagitaninos (El-Hawary et al 2021), aunque, el contenido de estos metabolitos secundarios varía según el manejo del fruto durante la cosecha y post cosecha.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue cuantitativa; porque, como menciona (Hernández Sampieri et al 2014) el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, se usa la recolección de datos para probar una hipótesis en una medición numérica en conjunto con un análisis estadístico. Además de ello dentro de los tipos de investigaciones cuantitativas, el tipo al que pertenece este proyecto fue correlacional; dado que, estas investigaciones asocian conceptos o variables, lo que permitió elaborar predicciones y cuantificar relaciones entre las variables.

3.2 Diseño de Investigación

Como explican Hernández Sampieri et al (2014) el diseño de investigación es un plan que se desarrolla para obtener información que se necesita en una investigación y para obtener las conclusiones de la misma. De los tipos de diseño de investigación se aplicó de tipo experimental; dado que, un experimento es una situación de control donde se manipula de manera intencional varias variables para analizar las consecuencias de dichas manipulaciones. Se aplicó un diseño completo al azar para evaluar de manera adecuada las variables independientes como dependientes; en este caso, la variable independiente hace referencia a los métodos de extracción de polifenoles; por otra parte, la variable dependiente fue el tiempo de derretimiento. Se aplicaron 3 métodos de extracción, para posteriormente analizar su contenido total de polifenoles.

- **Materiales, reactivos, equipos y materia prima**

En la tabla 1 se muestran todos los materiales, reactivos, equipos y materia prima empleados para la correcta ejecución del trabajo de investigación con sus respectivas especificaciones:

Tabla 1
Materiales, reactivos, equipos y materia prima

Materiales	Reactivos	Equipos	Materia prima
Bolsas de polietileno con cierre hermético	Etanol al 96 %	Espectrofotómetro UV MKLAB MK 1000 SV Spectrophotometer	Helados (Formulación de la empresa Fabianos)
Condensador Glassco Boro 33 300 mm NS 24/40	Agua destilada	Liofilizador Modelo No: TFD 5503 Serie OD 1275 IIShinBioBase Corea.	Fresas (<i>Fragaria x ananassa</i>) variedad Albión
Adaptador de termómetro de vidrio 24/40	Patrón primario ácido gálico	Balanza analítica electrónica MKLAB. Balanza analítica RADWAG WLC 10 / AZ	
Decantador	Reactivo de Folin Ciocalteu	Balanza Camry 110 lb x 80 OZ 50 Kg x 200 g Balanza Gran Colombiana Modelo M40 Serie 6 C 601	
Botellas color ámbar 1 litro	Hidróxido de sodio al 0,1 N	Plancha análoga	
	Carbonato de sodio	pH metro Hach Sension 3 Estufa Memmert Mufla Thermo Scientific Desecador Licuadora Osterizer modelo BLSTB 645B – 013 Bomba de filtración a vacío VIOT VACUM PUMP HW 1100 A2 Deshidratador Inova Termohigrometro Eltech BT -3	

- **Análisis de parámetros de calidad en la fresa:**

Las normas e investigaciones que se tomaron de guía para la ejecución de la parte experimental están detallados en la tabla 3.

Toma de muestras:

Para llevar a cabo los análisis de parámetros de calidad de la fresa, se adquirieron 3 libras del fruto en el mercado mayorista de la ciudad de Riobamba, el lunes 13 de noviembre a las 11H00, las muestras fueron empacadas en fundas de polietileno con precaución para evitar daños físicos. Todas las muestras recolectadas se colocaron en refrigeración hasta su análisis en el laboratorio de Calidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Determinación de humedad:

Para la determinación de humedad se tararon los crisoles, para ello se colocaron con pinzas de metal en una estufa a 105 ° C por 24 horas para eliminar toda la humedad presente; posteriormente, se dejaron enfriar en el desecador hasta que alcancen la temperatura

ambiente (aproximadamente 30 minutos), transcurrido el tiempo se pesaron en una balanza analítica, el proceso se repitió hasta obtener peso constante.

Por otra parte, se pesaron 4 gramos de fresa en una balanza analítica, el proceso se lo realizó por triplicado. Se colocaron las muestras en los crisoles previamente tarados y codificados adecuadamente con lápiz, se secaron las muestras en la estufa a una temperatura de 105 ° C durante 5 horas, con el objetivo de eliminar la humedad restante.

Al transcurrir las 5 horas se retiraron los crisoles para colocarlos en el desecador hasta que alcanzaron la temperatura ambiente en un aproximado de 30 minutos.

Una vez que las muestras secas se enfriaron; se procedió, a pesarlas en una balanza analítica, se anotaron los pesos, y con los pesos de los crisoles vacíos y los crisoles con las muestras se procedió con los respectivos cálculos.

Como último paso se colocaron las muestras de fresas en fundas de polietileno con cierre hermético, correctamente etiquetadas para la determinación de cenizas.

Determinación del contenido de cenizas:

Para esta determinación se codificaron los crisoles con lápiz y se tararon los crisoles en una estufa a 105 ° C por 24 horas para eliminar la humedad.

Los crisoles se traspasaron al desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente (aproximadamente 30 minutos), luego se pesaron los crisoles, se repitió el procedimiento hasta obtener peso constante.

Con las muestras deshidratadas las mismas que se emplearon en la determinación de humedad se depositaron en una plancha de calentamiento de una hornilla; esto con el fin, de eliminar el contenido orgánico de las muestras, el proceso continuó hasta que se presenció que la muestra ya no emita humo.

Con pinzas se traspasaron los crisoles con las muestras calcinadas en una mufla a una temperatura de 550 ° C por 24 horas. Transcurrido el tiempo se dejó enfriar la mufla orgánicamente, se sacaron los crisoles y se colocaron en el desecador por 2 horas. Una vez los crisoles alcanzaron la temperatura ambiente se pesaron en la balanza analítica, los datos se anotaron en una libreta, con los datos de los crisoles vacíos y con las muestras se procedieron con los cálculos. Las muestras calcinadas se descartaron.

Determinación de la acidez titulable

En primer lugar, se pesaron 25 gramos de muestra de fresa en una balanza analítica, las muestras se licuaron; posteriormente, con una espátula se transfirieron a un matraz Erlenmeyer de 100 mL, se añadieron 50 mL de agua destilada, con una varilla de agitación se homogenizó agitando vigorosamente hasta observar un aspecto uniforme.

Antes de empezar con la determinación se calibró el pH metro con soluciones buffer, al comprobar que la lectura del equipo fue la correcta se prosiguió con el procedimiento.

Para la preparación de la solución del titulante se pesó 0,45 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) en una balanza analítica, se disolvió el reactivo en un balón aforado con 100 mL de agua destilada, se enrasó y homogenizó en el mismo balón de aforo, con una pipeta se trasvasó la solución hasta completar la capacidad de la bureta de 25 mL.

En un matraz Erlenmeyer se trasvasó 25 mL de la solución previamente preparada, se sumergió el electrodo en la muestra, se añadió 10 mL de solución de NaOH al 0,1 N agitando el matraz hasta conseguir un pH de 6, se procedió añadiendo lentamente la solución de NaOH al 0,1 N, hasta obtener un pH de 7; posteriormente, se siguió añadiendo la solución del titulante ahora en cuatro gotas por vez, se registró el volumen de la misma y el pH obtenido después de cada adición, hasta obtener un pH de 8,3.

Para conocer el porcentaje de ácido cítrico se aplicó la siguiente fórmula de la norma NTE INEN 381:

$$A = \frac{V1 N1 M}{V2}$$

En donde:

A = g de ácido por 100 g de producto

V1 = ml de NaOH usados para la titulación de la alícuota

N1 = normalidad de la solución de NaOH

M = peso equivalente del ácido considerado como referencia

V2 = volumen de la alícuota tomada para el análisis

Determinación de grados brix

Para la preparación de la muestra se cortaron en trozos pequeños, se licuaron y se pesaron en un vaso de precipitación tarado 10 gramos de muestra, se disolvió la muestra con 100 mL de agua destilada, el vaso de precipitación se colocó en una parrilla de calentamiento; esto con el fin, de conseguir una solución homogénea, se dejó reposar por 20 minutos la solución, se volvió a pesar, se filtró en un recipiente seco, reservando el filtrado para la determinación.

Antes de utilizar el refractómetro se calibró el mismo; para ello, se tomó de 2 a 3 gotas de agua destilada, los cuales se depositaron en el prisma del refractómetro, al observar que la escala indicara cero se corroboró que el instrumento este calibrado. Con un gotero se colocó de 2 a 3 gotas de la muestra en el prisma del refractómetro, se leyó el valor del índice de refracción que indicó el instrumento, se anotó el resultado en una libreta y se repitió el proceso por triplicado.

Determinación de pH

Primeramente, se preparó la muestra para ello se realizó un extracto acuoso; para ello, se pesaron 5 gramos de muestra los cuales se licuaron, con una espátula se depositó la muestra licuada en un vaso de precipitación de 100 mL, se trasvaso 50 mL de agua destilada para obtener una relación de 1:10 en la solución. La solución se homogenizó con una varilla agitando vigorosamente.

Antes de utilizar el pH metro se calibró el equipo; para ello, se realizaron mediciones con soluciones buffer de pH de 4,7 y 10. Se enjuagó el bulbo medidor del pH metro con agua destilada entre medición y medición, se secó suavemente con un paño evitando tocar el bulbo. Una vez culminadas las mediciones se colocó y verificó que el bulbo este en contacto con la solución de almacenamiento cloruro de potasio (KCl).

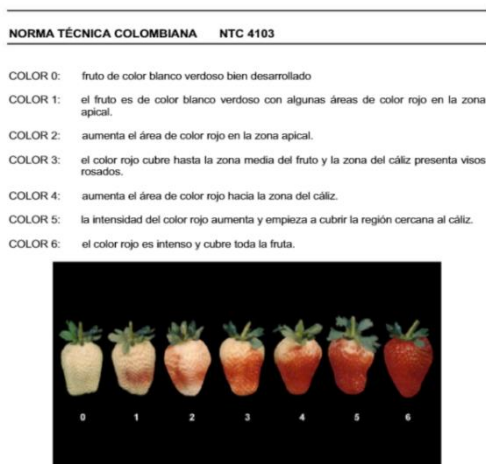
Determinación del peso individual del fruto

Para conocer el peso de la fresa, se tararon los crisoles en una estufa a 105 ° C durante 6 horas, posteriormente se colocaron en un desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente por 30 minutos, se pesaron los crisoles en una balanza analítica hasta obtener un peso constante, las muestras de fresa se depositaron en los crisoles con una espátula, se anotó el peso que marcó la balanza analítica, las repeticiones se realizaron por triplicado, al obtener los datos se consiguió el peso del fruto restando el peso del crisol vacío y del crisol con la muestra, se anotaron los resultados en una libreta.

Determinación del color del fruto

Esta determinación se realizó por inspección visual; para ello, se consideró como guía a la escala de color proporcionada por la norma NTC 4103 de la fresa; en donde, 0 representa al fruto verde y 6 al fruto maduro, como indica la figura 4 se visualizó de manera detallada las muestras de fresa, a criterio del analista se anotó el número correspondiente y se apuntó los resultados en una libreta.

Figura 4
Escala de color NTC 4103



Determinación de índice de madurez

Para conocer este parámetro se aplicó la fórmula que indica la NTC 4103 que es una relación entre los grados brix sobre la acidez titulable de la muestra; esta relación se debe a que mientras el fruto madura, los sólidos solubles incrementan; por otro lado, la acidez disminuye; de esta manera, se observa que existe una relación inversamente proporcional.

También se debe considerar la escala de color (figura 4); en donde se puede diferenciar mejor en qué estado de madurez se encuentra el fruto, por ejemplo, si el índice de madurez es inferior o igual a 5,7 su escala correspondiente sería 0; mientras que, si este índice es superior o igual a 8,9 su escala sería 6.

• Preparación de la muestra (deshidratación de la fresa)

Se adquirieron 15 kilogramos de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión en el mercado mayorista de la ciudad de Riobamba a las 10H00 el lunes 8 de enero del 2024; gracias a, que las fresas se encontraban embaladas en sus cajas fue sencillo su transporte al laboratorio de procesos agroindustriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo, al desempacar las fresas se lavaron y cortaron las hojas; las cuales, se reservaron en una bolsa de polietileno con cierre hermético. Se cortaron las fresas en rodajas finas; de esta manera, se consiguió una deshidratación homogénea y más rápida. Las fresas cortadas se esparcieron en bandejas uniformemente y se procedió a colocarlas en el deshidratador a 50 ° C durante 14 horas.

Una vez finalizada la deshidratación de las fresas se lavaron las bandejas y se colocó las hojas de fresas cortadas con anterioridad; de igual manera, se posicionaron las bandejas con muestras de hoja de fresa y se deshidrató a 50 ° C durante 14 horas.

Mientras tanto las fresas deshidratadas se trituraron en una licuadora, este proceso se repitió las veces que fueron necesarias hasta obtener una muestra pulverizada. Las muestras de fresas deshidratadas y pulverizadas se almacenaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, las bolsas evitaron alteraciones de la muestra por humedad del ambiente, las muestras se almacenaron en un lugar oscuro y seco.

Las hojas de fresas deshidratadas también se trituraron y reservaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, se almacenaron en un lugar oscuro y seco. La preparación de la muestra fue relevante para la investigación; teniendo en cuenta, que las muestras deshidratadas de fresa se utilizaron para la aplicación de los métodos de extracción y la cuantificación de polifenoles, deshidratar las muestras permitió una mejor extracción de los compuestos de interés.

- **Cuantificación del contenido de polifenoles en fresa y hojas por el método de Folin Cicalteu:**

Para ejecutar la cuantificación se optó por seguir la metodología descrita por (Gavilanes Irene del Carmen et al 2023), en primera instancia se pulverizó por completo una alícuota de la muestra de fresa y hojas de fresa, con un mortero de porcelana; una vez, culminado el proceso se pesaron en una balanza analítica 2,0168 gramos de fresa en polvo y 2,0031 gramos de hojas de fresa, con una espátula de metal se colocó la muestra pesada en un tubo de centrífuga de plástico de 50 mL; por otro lado, con una probeta de 50 mL se midió 40 ml de agua destilada y se trasvasó al tubo de centrífuga, después se agitó vigorosamente.

En un agitador se colocó la muestra de fresa y hojas de fresa por un período de 2 horas, para garantizar la homogeneidad de la solución. Una vez culminada la agitación se colocaron las muestras en una centrífuga a 2500 RPM en un lapso de 5 minutos.

Se filtró las muestras con un Kitosato y una bomba de vacío Rocker 410 y se colocó en las botellas de centrífuga descartando el sólido que quedó después de la agitación. Se reservó las muestras hasta el momento de la cuantificación.

Posteriormente se preparó una solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3), para ello con una balanza analítica se pesó 20 gramos del reactivo en un vaso de precipitación de 250 mL; mientras tanto, con una probeta de 50 mL se midió 70 mL de agua destilada, se trasvasó hacia el vaso y se agitó vigorosamente con una varilla de vidrio, el Na_2CO_3 es un reactivo que no se disolvió instantáneamente, por lo tanto, en una parrilla de una hornilla se calentó hasta que el reactivo se disolvió completamente.

Para la preparación de los estándares se pesó 0,50 gramos del reactivo ácido gálico al 99.9 % en un vaso de precipitación de 250 mL, con la espátula de metal se traspasó el reactivo hacia el vaso de precipitación y se disolvió con 100 mL de agua destilada, medidos con anterioridad en una probeta de 50 mL. Se trasvasó la solución a un balón aforado de 500 mL, se enrasó, homogenizó y reservó. La solución de ácido gálico se trasvasó a un vaso de precipitación de 1000 mL para mayor comodidad al momento de realizar los estándares, con una pipeta automática se tomaron las siguientes medidas que se indican en la tabla 2:

Tabla2
Volúmenes para elaborar una curva de calibración

	C1	V1	C2	V2	Observación
<i>Nivel</i>	Concetración inicial (ppm)	Valor a tomar de la concetración inicial (mL)	Concetración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a aforar (mL)	Nota I: se deberá utilizar agua ultrapura (Tipo I) Nota II: el mismo tratamiento que le da a las muestras se le debe dar a los estándares
<i>STOCK</i>	1000	0,5	5	100	
<i>1</i>	5	2	0,2	50	
<i>2</i>	5	4	0,4	50	
<i>3</i>	5	8	0,8	50	
<i>4</i>	5	10	1	50	
<i>5</i>	5	15	1,5	50	

Nota. Tomado del trabajo Técnicas de Análisis de laboratorio para caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos por (Gavilanes Irene del Carmen et al 2023)

Los balones que se utilizaron para aforar fueron de 50 mL, con una pipeta automática de 1 - 10 mL se tomó 2,5 mL del reactivo de Folin Cicalteu, se agitó vigorosamente y de manera inmediata se tomó 5 mL de Na₂CO₃ y se volvió agitar, se presenció un cambio de color en los estándares con ello se armó una curva de calibración.

En este caso al tratarse de muestras sólidas se tomó una alícuota de 0,25 mL, tanto de la muestra de fresa y hojas de fresa; las cuales, se trasvasaron a un vaso de centrifuga de 50 mL, se añadió con una pipeta automática 2,5 mL de reactivo de Folin Cicalteu, se esperó 3 minutos, transcurrido el lapso se procedió añadir 5 mL de Na₂CO₃, se agitó hasta notar un cambio de color, se completó la capacidad máxima del balón de aforo con agua destilada.

Para la medición se colocaron las muestras en celdas espectrofotométricas en un espectrofotómetro UV MKLAB MK 1000SV Spectrophotometer, se leyeron las muestras con una longitud de onda de 725 nanómetros (nm), los datos fueron visualizados en la interfaz gráfica del programa Iemvay 73 Series, posteriormente se transfirieron los datos a una hoja de cálculo de Excel para conocer la concentración de las muestras mediante regresión lineal.

- **Aplicación de métodos de extracción:**

Maceración

Las condiciones de la maceración se basaron en el trabajo de (Chua et al 2023a), para ejecutar la maceración se siguió la siguiente metodología.

Se realizó una disolución de etanol a una concentración de 50 % volumen/volumen (v/v), para ello se midió 520 mL de etanol que se colocaron con cuidado en un vaso de precipitación de 100 mL de vidrio; a su vez, se midió 480 mL de agua destilada con una pipeta de 25 mL, se completó la solución hasta los 1000 mL.

Con una varilla de vidrio se homogenizó la solución, se agitó aproximadamente durante tres minutos. Posteriormente se pesó 100 gramos de muestra de fresa deshidratada en una balanza analítica para tomar la muestra se usó una espátula.

Con la misma espátula se colocó los 100 gramos de muestra en una botella color ámbar de 1 litro, posteriormente con un embudo de vidrio de diámetro de 100 milímetros (mm) se trasvasó el contenido de la solución de etanol en la botella, y se agitó vigorosamente por 5 minutos.

En un lapso de 7 días la muestra se dejó en suspensión con la solución de etanol, en un lugar oscuro, agitando la solución cada 3 días. Transcurrido el tiempo establecido se filtró el extracto obtenido mediante una filtración al vacío. Para ejecutar la filtración se requirió de un kitosato y una bomba de vacío Viot y un embudo de porcelana, en el embudo se colocó algodón y luego papel filtro, el extracto se trasvasó a un vaso de precipitación de 1000 mL consiguiendo un extracto de 700 mL.

De a poco se trasvasó el extracto hacia el embudo y se realizó la filtración, se repitió el proceso hasta observar que el extracto no presentaba residuos de fresa como semillas u hojas. Con el extracto filtrado se trasvasó a un equipo de destilación que constaba de las siguientes partes: un balón de destilación de 500 mL, un condensador, una T de vidrio y un adaptador para medir temperatura y una parrilla de una hornilla.

Se optó por la destilación como un método de purificación del extracto y obtener mayor concentración de polifenoles. Para ejecutar la destilación se trasvasó una alícuota de 200 mL del extracto, se colocó encima de la hornilla y se armó los componentes del equipo de destilación, una vez ensamblado el equipo de destilación se accionó la parrilla y se colocó el termómetro para controlar la temperatura, esto con el objetivo, de evitar que la temperatura sobrepase los 80 ° C, pues en rangos de temperatura de 80 a 100 ° C los polifenoles pierden sus propiedades. El proceso de destilación tuvo una duración de 8 horas debido a la temperatura aplicada.

Culminada la destilación se recuperó 150 mL de etanol los cuales se reservaron en una botella de vidrio. El extracto purificado de 50 mL se reservó en una botella color ámbar de 1 litro a 4 ° C hasta su posterior aplicación.

Liofilización

En primera instancia se pesó 100 gramos de muestra de fresa deshidratada en una balanza analítica, con un crisol de vidrio y una espátula, se taró la balanza previamente para obtener una lectura correcta.

La muestra se colocó en un envase de plástico previamente etiquetado y se almacenó en un ultra congelador a $- 80^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, este paso fue importante; porque, la eficiencia del método depende si la muestra se encuentra correctamente congelada.

El liofilizador se prendió con antelación, programando sus condiciones hasta llegar a condiciones de 100 mTorr en presión al vacío, a una temperatura de $- 50^{\circ}\text{C}$, el cilindro se abrió y con guantes quirúrgicos se agarró la muestra de fresa contenida en el envase de plástico.

Se depositó la muestra lo más rápido posible; ya que, en el caso que las muestras pierdan temperatura de congelación, el método sería más tardío. El rendimiento del equipo es 1 L de agua por cada 24 horas, de esta manera y con las consideraciones de la literatura consultada, la liofilización tuvo una duración de 24 horas.

Transcurrido el tiempo se seleccionó la opción purgar; de esta manera, se liberó la presión al vacío; inmediatamente, se manipuló el cilindro que contenía la muestra, se retiró rápidamente el frasco de plástico con la muestra con guantes quirúrgicos y se colocó a una temperatura de 4°C hasta su posterior uso.

Decantación

Para comenzar con el método de extracción se preparó una solución acuosa de etanol al 50 % en un vaso de precipitación de 1000 mL, con una varilla de vidrio se agitó vigorosamente hasta conseguir una solución homogénea.

Culminado la preparación de la solución se pesaron 100 gramos de fresa deshidratada en una balanza analítica, con una espátula se procedió a introducir la muestra en el vaso de precipitación con la solución previamente preparada.

Se recubrió con papel aluminio y se mantuvo por 3 horas antes de colocar al decantador. La solución se colocó en dos decantadores de 500 mL cada uno, los cuales se armaron con anterioridad con sus respectivas bases de fierro. Con sumo cuidado se trasvasó la solución hacia el decantador, con un tamiz se recogió la muestra de fresa deshidratada que posteriormente se descartó.

El proceso de decantación duró 24 horas; en ese lapso, los decantadores se colocaron resguardados de fuentes de luz. Transcurrido el tiempo se dejó caer de a poco la solución en un vaso de precipitación de 500 mL, quedando al final una solución de 450 mL; de esta manera, los residuos de la fresa como semillas quedaron atrapados en el decantador.

Para concentrar más la muestra y asegurar la presencia de polifenoles, en el mismo vaso de precipitación se colocó en el deshidratador a 50 ° C por 7 horas, estas condiciones se consideraron por la estabilidad de los polifenoles.

Después de 7 horas en el deshidratador, el volumen final fue de 200 mL, los cuales se filtraron nuevamente con un Kitosato para eliminar sedimentos e impurezas. Con un embudo de vidrio de diámetro de 100 mm se colocó en una botella color ámbar el extracto, el mismo fue almacenado en refrigeración a 4 ° C recubierto de papel aluminio hasta su aplicación.

- **Cuantificación de polifenoles en extractos por el método de Folin Cicalteu:**

Para comenzar con el método de cuantificación se filtraron las muestras con un Kitosato y una bomba de vacío Rocker 410 colocándolas en tubos de centrifuga con capacidad de 50 mL. Se reservaron las muestras hasta el momento de la cuantificación. Con una pipeta se tomó una alícuota de 10 mL de los extractos líquidos, mientras, se midió 40 mL de agua destilada en una probeta, se diluyó la muestra en un tubo de centrifuga agitando vigorosamente.

Se utilizó la solución de Na_2CO_3 previamente preparada en la cuantificación de polifenoles en muestras de fresas y sus hojas.

Para la preparación de los estándares se pesó 0,50 gramos del reactivo ácido gálico al 99,9 % en un vaso de precipitación de 250 mL, con la espátula de metal se traspasó el reactivo hacia el vaso de precipitación y se disolvió con 100 mL de agua destilada, medidos con anterioridad en una probeta de 50 mL. Se trasvasó la solución a un balón aforado de 500 mL, se enrasó, homogenizó y reservó.

La solución de ácido gálico se trasvasó a un vaso de precipitación de 1000 mL, con una pipeta automática se tomaron las medidas descritas en la tabla 2.

Los balones que se utilizó para aforar fueron de 50 mL, con una pipeta automática de 1 - 10 mL se tomó 2,5 mL del reactivo de Folin Cicalteu, se agito vigorosamente, se tomó 5 mL de Na_2CO_3 y se volvió agitar, se presenció un cambio de color en los estándares con ello se armó la curva de calibración.

Se tomó una alícuota de 1 mL con una pipeta automática de 0,1 – 1mL; las cuales, se trasvasaron a un vaso de centrifuga de 50 mL, se añadió con una pipeta automática 2,5 mL de reactivo de Folin Cicalteu, se esperó 3 minutos, transcurrido el tiempo se procedió añadir 5 mL de Na_2CO_3 , se agitó hasta notar un cambio de color, a continuación, se aforó el tubo de centrifuga con agua destilada hasta su capacidad máxima (50 mL).

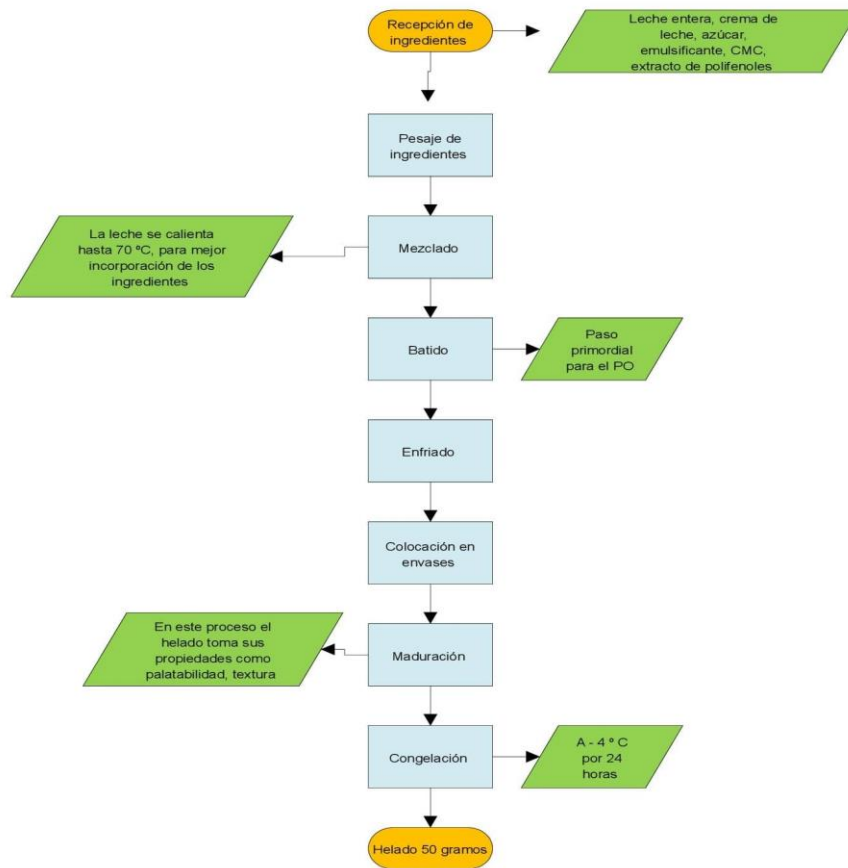
Para la medición se colocaron las muestras en celdas espectrofotométricas en un espectrofotómetro UV MKLAB MK 1000SV Spectrophotometer, se leyeron las muestras con una longitud de onda de 725 nm, los datos fueron proporcionados por el programa Iemvay

73 Series, posteriormente se traspasaron los datos a una hoja de cálculo de Excel para conocer la concentración de las muestras mediante regresión lineal.

- **Elaboración de helados:**

En la figura 5 se describió el diagrama de flujo para la elaboración de helados a base de productos lácteos (leche entera, crema de leche), los ingredientes utilizados se encuentran descritos en la tabla 29 en el apartado de anexos.

Figura 5
Diagrama de flujo elaboración de helado



Para la elaboración de los helados, con cada extracto obtenido, se elaboraron 9 helados con el objetivo de evaluar por triplicado el tiempo de derretimiento a distintas temperaturas (20,5; 23,15 y 35 ° C). Se preparó un total de 36 helados en una presentación de 50 gramos cada uno, para esto se ejecutaron los pasos del diagrama de flujo mostrado anteriormente.

Para la correcta medición de las variables en los helados se ejecutaron 4 tratamientos identificados de la siguiente manera:

- A. Helado base
- B. Helado con extracto a partir de maceración
- C. Helado con extracto liofilización

D. Helado con extracto decantación

- **Recepción de ingredientes**

Se adquirió en una casa comercial 2,5 litros de leche en presentación de fundas; de igual manera, se compró 1 kilo de azúcar refinada y 1 litro de crema de leche pasteurizada, la Celulosa Maxtril Destrosa (CMC) se adquirió en una casa comercial química, por último, el emulsificante fue concedido por la empresa “Fabianos”.

- **Pesaje de ingredientes**

Se pesaron 2,5 L de leche entera, 250 gramos de azúcar refinada, 100 mL de crema de leche y 15 gramos de fresa liofilizada en una balanza analítica.

- **Mezclado**

Se colocaron todos los ingredientes en una olla a fuego bajo, meciendo con una cuchara de madera, con un termómetro de cocina se comprobó que la temperatura llegue a 70 ° C para una correcta incorporación de los ingredientes, una vez integrados todos los ingredientes se dejó en reposo.

- **Batido**

Con una batidora de mano se batió levemente la mezcla, el batido tiene el fin de incorporar aire a la mezcla del helado, después de 5 minutos se dejó en reposo la mezcla.

- **Enfriado**

Con un termómetro de cocina se midió la mezcla hasta que está llegara a tener la temperatura ambiente (22,4 ° C), en el momento de elaborar los helados.

- **Colocación en envases**

Una vez la mezcla llegó a temperatura ambiente con un cucharón se pesó 50 gramos de mezcla en vasos de plástico. Uno por uno se situaron palos de madera en cada helado. Se etiquetó con un marcador cada helado; en donde, se indicó temperatura a la cual sería sometido el helado y que extracto se utilizó. Para medir la cantidad exacta de los extractos líquidos se utilizó una pipeta donde se midió 5 mL de extractos por cada helado.

- **Maduración**

Se dejaron los helados en una refrigeradora por 24 horas, con este paso los helados adquirieron sus propiedades organolépticas requeridas como palatabilidad, textura, color.

- **Congelación**

Una vez madurada la muestra se volvió a dejar los helados en un congelador LG GT57 BPSX por 24 horas a una temperatura de - 4° C.

gEvaluación tiempo de derretimiento

En el análisis del tiempo de derretimiento de los helados, se llevaron en un cooler y fundas para conservar el frío para evitar su derretimiento y que conserven sus propiedades intactas.

Con un higrómetro Elitech BT – 3 se midió la temperatura ambiente a las 9H00 (20 ° C - 22 ° C). Se colocaron 12 helados a someterse a esta temperatura. 3 helados correspondían a cada formulación con un extracto diferente, con un cronometro se midió el tiempo transcurrido. Los resultados se registraron en un cuaderno de apuntes.

Con el mismo higrómetro el cual indicó temperaturas de (23° C – 24 ° C) correspondiente a la temperatura ambiente a las 12H00. Se dispusieron 12 helados a someterse a esta temperatura, con el cronometro se anotaron los resultados.

Por último, en un deshidratador a una temperatura constante de 35 ° C, se colocaron los últimos 12 helados, con un cronometro se midió el tiempo. Los resultados se anotaron en el cuaderno de apuntes.

3.3 Técnicas de recolección de Datos, Población de estudio y tamaño de muestra,

En la tabla 3 se muestra las variables de investigación y todos los análisis al igual de su respectiva técnica, indicador y su instrumento para la correcta recolección de datos.

Tabla 3
Variables de investigación

Variables	Muestra	Análisis	Técnica	Indicador	Instrumentos (Norma / trabajo de investigación)		
Materia prima	Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) variedad Albión	Humedad	Secado por estufa	Porcentaje (%)	Técnicas de Análisis de laboratorio para caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos (Gavilanes Irene del Carmen et al., 2023)		
		Cenizas	Calcinación por mufla	Porcentaje (%)			
		pH	Potenciometría	pH			
		Acidez titulable	Volumetría acida	% Ácido cítrico		NTE INEN 381	
		Grados Brix	Reflectometría	° Brix		NTE INEN 380	
		Peso individual	Gravimetría	Gramos (g)		NTC 4103	
Métodos de extracción	Extractos Maceración Decantación Baño de agua Liofilización	Cuantificación polifenoles	Folin Cicalteu	Color	Escalas	Numérico	NTC 4103
				Índice madurez	Aplicación fórmulas	°Brix/acidez titulable	NTC 4103
						mg/ 100 ml	Técnicas de Análisis de laboratorio para caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos (Gavilanes Irene del Carmen et al., 2023)
						mg/ 100 ml	
		mg/ 100 ml					
		mg/ 100 g					
Concentración de polifenoles	Helados (50 g)	Concentración	Formulación	Porcentaje (%)	Empresa Fabianos		
Tiempo de derretimiento		Tiempo de derretimiento	Cronometría	Minutos y segundos			

En la tabla 4 se muestra las variables independientes más relevantes de la investigación

Tabla 4
VARIABLES PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tipo variable	Dominio	Tipo
Variables independientes	Materia prima	Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) variedad Albión
	Métodos de extracción (Tipo de solvente empleado)	Maceración
		Decantación
		Liofilización

En la tabla 5 se visualiza las variables dependientes e independientes de la parte experimental

Tabla 5
VARIABLES DE EXPERIMENTACIÓN

Tipo variable	Dominio	Indicador
Variables independientes	Temperaturas experimentación	20,5 °C
		23,15 °C
		35 °C
Variable dependiente	Concentración de polifenoles en helados	10 % del helado
	Tiempo de derretimiento del helado	Minutos y segundos

Población de estudio y tamaño de muestra:

- **Unidad estadística:** Extractos
- **Población:** Formulaciones de helados
- **Muestra:** Formulación de helados proporcionada por la empresa Fabianos

3.4 Hipótesis:

Hipótesis nula:

Los extractos obtenidos a partir de muestras de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión no influyeron en el tiempo de derretimiento de las formulaciones de helado.

Hipótesis alternativa:

Los extractos obtenidos a partir de muestras de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión influyeron en el tiempo de derretimiento de las formulaciones de helado.

3.5 Métodos de análisis, y procesamiento de datos.

Para el método de análisis se aplicó un análisis ANOVA; con el cual, se comprobó la hipótesis alternativa; también, se realizó un análisis exploratorio de datos, con el cual se pudo conocer otros ámbitos estadísticos como el coeficiente de correlación, nivel de significancia, posteriormente los datos obtenidos se procesaron en los softwares estadísticos utilizados para el procesamiento de datos.

Procesamiento de datos:

El procesamiento de datos se efectuó en 3 softwares estadísticos IBM SPSS Stattics 25, Info Stat 2021 y Microsoft Office Excel 2023.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 6 muestra los resultados obtenidos de los parámetros de calidad de las fresas analizadas.

Tabla 6
Resultados calidad de fresa

<i>Parámetro</i>	<i>Repetición 1</i>	<i>Repetición 2</i>	<i>Repetición 3</i>	<i>Promedio</i>	<i>CV</i>
<i>Humedad (%)</i>	86,25	87,75	86,67	86,89 ± 0,77	0,89
<i>Cenizas (%)</i>	0,30	0,30	0,31	0,30 ± 0,00	0,44
<i>pH</i>	3,28	3,26	3,28	3,28 ± 0,01	0,35
<i>Acidez (% ácido cítrico)</i>	0,99	0,99	0,99	0,99 ± 0,01	0,60
<i>Grados Brix</i>	8	8	8	8 ± 0,00	0
<i>Peso individual (g)</i>	27,34	25,54	24,05	25,65 ± 1,65	6,44
<i>Color^a</i>	6	5	6	5,66 ± 0,58	10,19
<i>Índice de madurez (° Brix/ % ácido cítrico)</i>	8,07	8,02	8,11	8,07 ± 0,05	0,50

Nota. ^aCorrespondiente a la escala de color establecida en la NTC 4103 de la fresa

4.1 Análisis y discusión de resultados de calidad en fresa

Como se evidenció en la tabla 6 las variables de: humedad, cenizas, pH, grados brix, acidez e índice de madurez muestran una correcta homogeneidad en sus datos; también, se observó en sus valores de desviación estándar y coeficiente de variación.

Por otra parte, las variables peso individual y color indicaron valores superiores a 5 %, este error de los datos; se debió a, que en el caso de peso individual las fresas analizadas a pesar de ser de un tamaño similar, la propia naturaleza del fruto provocó variación de su peso, dado que, en la fresa el contenido de: sólidos solubles, agua, minerales, puede variar, lo que afecta su peso final. Mientras que en el parámetro de color al ser un análisis visual que se basó en una escala de color (figura 4) proporcionada por (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)), 2014) ;en donde, con la escala se asignó un numero correspondiente. No todas las fresas analizadas mostraron un color homogéneo razón por la cual se presentó mayor desviación estándar y por consiguiente más coeficiente de variación.

En la tabla 7 se consideraron los parámetros más importantes que dictan las distintas normas de calidad de la fresa al igual que varios trabajos de investigación, se compararon los resultados para corroborar que las fresas analizadas se encuentren en rangos establecidos.

Tabla 7
Comparación resultados calidad de fresa

<i>Parámetro</i>	<i>Promedio resultados obtenidos variedad Albión</i>	<i>(Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)), 2014) Variedad Chandler</i>	<i>(Kirshbaum 2022) (Variedad albion)</i>	<i>(Guerrero & Tarapués 2022) Especie Fragarlinae</i>	<i>(Josefa Chicaiza, 2015) variedad oso grande</i>	<i>(Escobar López, 2014) Fragaria vasca variedad Albión</i>	<i>(Akter et al., 2023)</i>
<i>Humedad (%)</i>	86,89	-	-	-	85,54	87,74	82
<i>Cenizas (%)</i>	0,30	-	-	-	0,49	0,21	0,5
<i>pH</i>	3,27	-	-	-	3,79	3,62	2,57
<i>Acidez (% ácido cítrico)</i>	0,99	0,89	0,96	1,38	0,85	-	1,38
<i>Grados Brix</i>	8	8,5	8,11	8,98	11,7	9,05	-
<i>Peso individual (g)</i>	25,64	21,8	20,1	8,18	21,32	17,47	-
<i>Color ^a</i>	5,66	6	6	6	-	-	-
<i>Índice de madurez (° Brix/ % ácido cítrico)</i>	8,06	8,9	8,43	6,50	9,5	-	-

Al comparar los resultados con los parámetros de la norma NTC (Normativa Técnica Colombiana) se observó que la acidez que reportó la fresa fue superior a la indicada por la norma; esto a consecuencia, del estado de madurez de la fresa encontrándose en un rango de color de 5 en la escala de color de la NTC (figura 4); indicando, que la acidez del fruto va disminuyendo; mientras que los sólidos solubles de la fresa aumentan, los grados brix fueron menores a los requeridos por la norma; aun así, se encontraron en rangos normales, el peso del fruto fue superior al establecido por la norma; su causa, es la variedad con la que se indicó en la norma la cual fue variedad Chandler. El color se encontró en un rango normal (0 a 6), según la escala de la NTC 4103 como se indica en la figura 4, el cual indicó que el grado de madurez se encontró en valores óptimos, por último, el índice de madurez también se encontró dentro de los rangos de madurez que establece la norma. La norma no consideró los parámetros de humedad cenizas y pH.

Al analizar los resultados del autor Kirshbaum (2022), se observó; que estos resultados eran los más parecidos con los obtenidos experimentalmente; esto debido a, que también el autor analizó la variedad Albión, la acidez fue bastante similar con diferencias de decimales entre resultados, el autor obtuvo valores ligeramente superiores de grados brix, el peso fue similar; aunque, el de la fresa analizada fue superior por una diferencia de 5 gramos, el color fue superior al reportado; esto indicó que el autor analizó muestras de fresa en su máximo estado de madurez. Por último, el índice de madurez fue superior al obtenido lo que corroboró los resultados de color. El autor tampoco consideró análisis de humedad, cenizas y pH.

Los autores (Guerrero & Tarapués 2022) en su trabajo reportaron una acidez de (1,38 % ácido cítrico) superior al obtenido (0,99 % ácido cítrico); de igual manera, los grados brix (8,98) fueron superiores a los obtenidos (8), el peso del fruto (8,18 gramos) que reportaron los autores fue significativamente menor al obtenido (25,64 gramos) con una diferencia de 17,46 gramos, el color reportado fue similar (6), y el índice de madurez que reportaron los autores (6,50 ° Brix/% acidez titulable) fue inferior al obtenido (8,06 ° Brix/%

acidez titulable). Los resultados son diferentes por la especie que analizaron los autores (*Fragarlinae*); mientras que, la especie de fresa analizada en esta investigación fue la (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión. Los autores tampoco tomaron en cuenta análisis de humedad, cenizas y pH.

El trabajo de Josefa Chicaiza (2015) consideró múltiples parámetros de calidad en fresas, la humedad es muy similar a la obtenida con una diferencia de 1 %, las cenizas fueron superiores a las obtenidos; lo que indicó, mayor presencia de minerales en sus muestras, el pH también fue superior al obtenido, la acidez fue menor a la obtenida experimentalmente; esto indicó que, la autora analizó muestras en un estado de madurez superior, los grados brix que reportó también fueron superiores, el peso individual fue menor al obtenido con 4 gramos de diferencia, la autora no reportó color, y el índice de madurez fue superior al obtenido, se destacó también que al autora analizó muestras de fresas variedad oso grande, esta variedad también pertenece al género (*Fragaria x ananassa*).

Al analizar los resultados de Escobar López (2014) se visualizó que la humedad conseguida fue menor a la reportada por la autora; aunque, fue por 1 %, la autora presentó resultados de cenizas inferiores a los obtenidos, el pH fue superior al obtenido, la autora no reportó acidez, los grados brix obtenidos fueron inferiores a los reportados por la autora, el peso individual reportado por la autora fue inferior al obtenido, tanto en color como índice de madurez no fueron tomados en cuenta por la autora. Las diferencias en los resultados se deben a que la autora analizó fresas *Fragaria Vasca*.

En la investigación de Akter et al (2023) presentaron un resultado de humedad inferior al obtenido experimentalmente con una diferencia de 4 %, las cenizas que reportaron los autores fueron superiores a las reportadas, el pH que presentaron los autores fue inferior al conseguido y la acidez obtenida de los autores fue superior a la conseguida, estos parámetros indicaron que las muestras de fresa que analizaron estaban en un punto de madurez inferior a las muestras analizadas en esta investigación.

4.2 Evaluación de diferentes métodos para extracción de polifenoles:

La tabla 8 muestra los resultados de la cuantificación de polifenoles mediante el método de Folin Cicalteu, las mediciones se realizaron por duplicado, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla8
Contenido de polifenoles

Muestras	Contenido de polifenoles (mg GAE/100 ml)		Promedio (mg GAE/100 ml)	CV
	Repetición 1	Repetición 2		
B. Maceración de Chua et al	30,21	30,64	30,43 ± 0,30	1,00
C. Decantación	44,87	45,19	45,03 ± 0,23	0,50
D. Liofilización*	179,80	180,23	180,02 ± 0,30	1,00
B. E. Muestra de Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) variedad Albión *	112,56	113,42	112,99 ± 0,61	0,54
C. F. Muestra de hojas de fresa variedad Albión*	323,01	321,31	322,16 ± 1,20	0,37

Nota. * mg GAE (equivalentes de ácido gálico) / 100 g de muestra de fresa deshidratada.

En los resultados obtenidos se evidenció que la muestra con más contenido de polifenoles fue la obtenida a partir de las hojas de fresa, así se comprobó la afirmación de (El-Hawary et al 2021) que existe el triple de contenido de polifenoles en comparación con el fruto, destacando polifenoles como: kaempferol, quercetina, elagitaninos. El método de extracción que presentó más contenido de polifenoles fue la liofilización, este método al sublimar el agua tanto ligada como libre de la fresa, permitió extraer más fácilmente los polifenoles, además, de preservar su capacidad antioxidante, al aplicar temperaturas que no afectan a la estabilidad de estos compuestos; así, se logró un concentrado en polifenoles con sus propiedades intactas. Por otro lado, la maceración, al no ser un método capaz de aislar de manera efectiva los polifenoles como la liofilización extrajo una parte de todo el contenido de polifenoles en la muestra seca; además, posterior a la maceración la muestra se sometió a una destilación a 80 ° C para eliminar parte del etanol en el extracto, lo que comprometió la estabilidad de los polifenoles.

Por último se reportó un contenido considerable de polifenoles totales obtenidos mediante la decantación, este método destacó porque no requirió de materiales costosos; al momento de obtener el extracto acuoso se concentró dicho extracto mediante un secado lento en un deshidratador a 50 ° C durante 7 horas; a diferencia, de la destilación, al aplicarse una temperatura donde no se comprometía la estabilidad de los polifenoles se garantizó mayor presencia de estos compuestos, explica porque este método reporto más contenido que la maceración.

- **Discusión resultados métodos de extracción**

Para conocer la efectividad de los métodos empleados se comparó con cinco autores como se indica en la tabla 9

Tabla 9
Comparación de resultados de métodos de extracción

Autor	Resultados Bibliografía (mg GAE/100 g)	Resultados métodos de extracción empleados (mg GAE/100 g)
(Pulicharla et al., 2016)	164	B. 30,43 C. 45,03 D. 180,02
(Ćujić et al., 2016a) *	27,8	B. 30,43 C. 45,03 D. 180,02
(Chua et al., 2023) *	31,98	B. 30,43 C. 45,03 D. 180,02
(Quirós et al., 2019)	1313,6	B. 30,43 C. 45,03 D. 180,02
(Kavela et al., 2023)	759	B. 30,43 C. 45,03 D. 180,02

Nota. * mg GAE/ g

La liofilización tal como mencionaban en la literatura fue el método que presentó mejor rendimiento y mayor cantidad de polifenoles, este método superó a la cantidad de polifenoles reportada por Pulicharla et al (2016); debido a que no someterse a grandes temperaturas no se degradan los polifenoles y se consigue extraer mayor cantidad, para conseguir ese resultado los autores Pulicharla et al (2016) aplicaron una solución de acetona al 70 % para posteriormente someter su muestra a una liofilización, en consideración que aplicaron a muestras de fresas, la variación se debe al tipo de fresa y solventes utilizados, con los otros resultados el método de liofilización presentó menor cantidad de polifenoles, de esta manera, se denoto una gran diferencia en cantidad de polifenoles en muestras de fresas en relación con otros frutos.

El valor que reportaron Ćujić et al (2016a), fue superior a todos los métodos aplicados; esto se explica, porque los autores realizaron la extracción con muestras de zarzamora, además de haber realizado un pretratamiento antes de la extracción que optimizó su rendimiento.

La maceración bajo las condiciones de Chua et al (2023) presentó un contenido considerablemente menor al que obtuvieron los autores, los otros métodos tampoco superaron el resultado obtenido por (Chua et al 2023), considerando que los autores realizaron la maceración con muestras de jабoticaba, además, de realizar un pretratamiento ultrasónico con el cual obtuvieron mejores resultados.

El resultado que reportaron Quirós et al (2019) es considerablemente superior a todos los métodos aplicados; esto se explica, porque los autores realizaron su extracción con muestra de subproducto de la mora, este fruto contiene mayor cantidad de polifenoles que la fresa, su método de extracción lo ejecutaron mediante una concentración de vacío térmico, con este método consiguieron un polvo altamente concentrado de polifenoles.

Los resultados de los métodos aplicados presentaron valores inferiores a comparación con los datos reportados por Kavela et al (2023), los autores realizaron la extracción con muestra de arándano en polvo con solución de glicerol más ácido fórmico al 50 %, con un pretratamiento ultrasónico, los diferentes solventes, el pretratamiento, y la muestra utilizada explica la gran diferencia de cantidad de polifenoles totales.

- **Rendimientos**

En la tabla 10 se indica los respectivos porcentajes de rendimientos de todos los métodos de extracción aplicados.

Tabla 10
Rendimientos métodos de extracción

Método de extracción	Rendimiento
B. Maceración de Chua et al	26,84 %
C. Decantación	39,86 %
D. Liofilización	41,28 %

El método que presentó menor rendimiento fue la maceración con las condiciones de los autores Chua et al. El rendimiento del método de decantación mostró el segundo mejor porcentaje de rendimiento; así, la liofilización reportó el mayor rendimiento entre todos los métodos. El rendimiento es directamente proporcional a la cantidad de polifenoles; de esta manera, se explica porque la liofilización obtuvo mejor rendimiento en comparación con los otros métodos.

- **Resultados estadísticos descriptivos cuantificación de polifenoles y rendimientos**

Se ejecutó un análisis estadístico descriptivo en la cantidad de polifenoles de los métodos aplicados; así como, en los rendimientos para conocer más a fondo sobre los resultados obtenidos como se muestra en la tabla 11

Tabla 11
Análisis descriptivo cantidad de polifenoles y rendimientos

	Rendimiento	Cantidad de polifenoles
N	6	6
Rango	14,52	150,02
Mínimo	26,83	30,21
Máximo	41,35	180,23
Media	36,1100	85,1567
Desv.	7,06274	73,76700
Desviación		
Varianza	49,882	5441,570

- **Discusión resultados de contenido de polifenoles en muestra de fresa y hojas de fresa**

En la tabla 12 se comparó la cantidad de polifenoles de la muestra deshidratada; al igual, que los de hojas de fresa.

Tabla 12
Resultados cuantificación de polifenoles en muestra de fresa y hojas de fresa

Resultados obtenidos en este estudio	F. Fresa variedad Albión	Resultados de la bibliografía					
		Variedad Segal	Variedad Majarol	Variedad Sophie	Variedad Vega	Variedad Fenella	
(mg GAE/100 g)							
E. Hojas de fresa variedad Albión	322,16	112,99	115,22	117,83	120,98	66,51	66,23

Nota. Los datos que se compararon con los resultados obtenidos provienen del trabajo de (Nowicka et al., 2019), donde evaluaron 90 especies de fresa (*Fragaria x ananassa*)

Se debe considerar que los polifenoles que puede presentar las muestras de fresa son: flavonoides (antocianinas, flavonoles); ácidos fenólicos (ácido elágico, ácido clorogénico); taninos (elagitaninos).

En base al trabajo de Nowicka et al (2019) se comparó el contenido de polifenoles en la variedad de fresa analizada con 5 variedades que mencionan los autores (Tabla 12). La variedad Albión es del tipo de fresa más cultivada en Ecuador; a consecuencia, de su adaptabilidad a distintos climas, su contenido de polifenoles como lo mostro la tabla es similar a las variedades Segal y Majarol, la variedad Albión presentó menor contenido en relación con la variedad Sophie, esta última, es la que contiene mayor cantidad de polifenoles de todas las muestras. Las variedades Vega y Fenella presentaron un contenido inferior a la variedad Albión.

Con este resultado y en consideración que no se dispone de la información de: cultivo, tipo de suelo, abonos empleados, manejo postcosecha, factores que afectan directamente al contenido de polifenoles, y comparándolos con frutos que fueron cultivados en condiciones controladas, se presentó un contenido muy deseable en la variedad Albión cultivada en la región Sierra; por otra parte, el contenido total de polifenoles en hojas de fresa variedad Albión es muy superior a todas las fresas tanto las analizadas como las variedades consultadas en la literatura; así, las hojas de fresa se pueden tomar en cuenta para futuras investigaciones en extracción de polifenoles.

4.3 Influencia de los extractos en formulación de helados

Para conocer si se rechaza o acepta la hipótesis nula se aplicó un análisis ANOVA cuyo resultado se obtuvo mediante el programa estadístico IBM SPSS Statitic 25; la tabla 13 indica los valores estadísticos de interés en la variable TD:

Tabla 13
Análisis Anova TD a una temperatura de 20,5 ° C

ANOVA					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	282196,917	3	94065,639	12974,57	,000
Dentro de grupos	58,000	8	7,250		
Total	282254,917	11			

Nota. Sig es equivalente al valor P

La tabla 14 presenta los datos estadísticos más relevantes en el análisis ANOVA a una temperatura de 23,15 ° C en la variable TD:

Tabla 14
Análisis Anova TD a una temperatura de 23,15 ° C

ANOVA					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	1509832,917	3	503277,639	67857,66	,000
Dentro de grupos	59,333	8	7,417		
Total	1509892,250	11			

La tabla 15 reporta los siguientes datos para el análisis ANOVA a una temperatura de 35 ° C en la variable TD

Tabla 15
Análisis Anova TD a una temperatura de 35 ° C

ANOVA					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	269136,667	3	89712,222	9443,39	,000
Dentro de grupos	76,000	8	9,500		
Total	269212,667	11			

Como se visualizó en las tablas presentadas en todas las temperaturas de experimentación tras haber ejecutado el análisis ANOVA el valor p obtenido fue 0, el nivel de significancia con el que se trabajó fue de 0,05; de esta manera, se afirma que:

$$0 < 0,05$$

Con esta afirmación existe evidencia suficiente para no aceptar la Hipótesis nula; existen diferencias significativas en las medias de las muestras; en otras palabras, los extractos si influyeron en las formulaciones de helados.

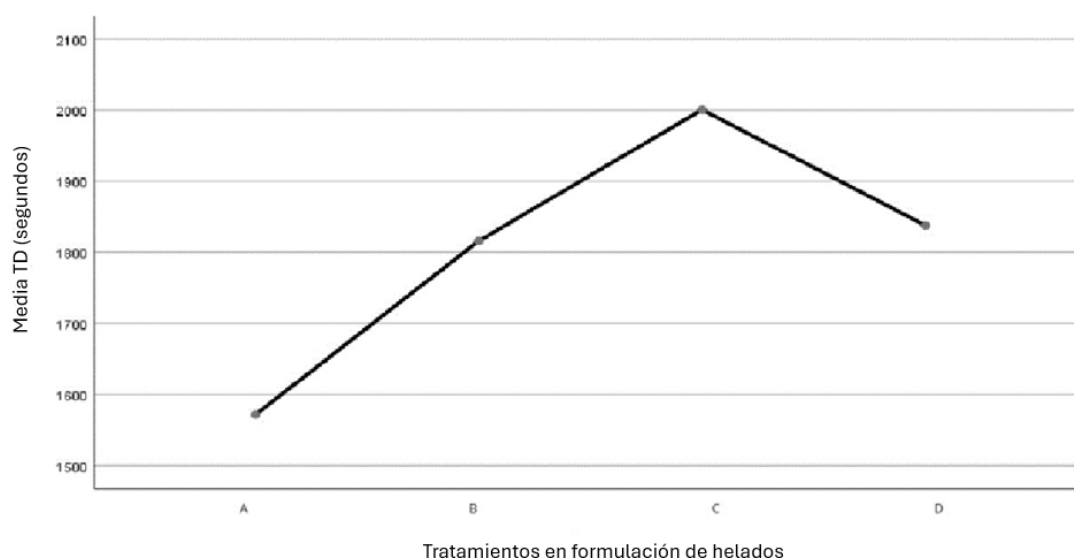
Tiempo de derretimiento (TD):

En la tabla 16 se presenta un resumen de los datos más importantes del análisis de la variable dependiente TD a una temperatura de 20,5 ° C; en donde, tras ejecutar una prueba Tukey b se encontró hasta 4 grupos estadísticos:

T = 20,5 ° C	N	Media (segundos)
A	3	1571,33 a
B	3	1816 b
C	3	2000,67 c
D	3	1837,67 d
F-ANOVA		12974,57

En la figura 6 se observa de mejor manera lo que indica la tabla 16 sobre los tratamientos aplicados y su influencia en el TD a una temperatura de 20,5 ° C

Figura 6
TD vs tratamientos a 20,5 ° C



En la figura 6 se visualizó que el tratamiento C (liofilización) reportó el mejor resultado de TD de 2000,67 segundos o su equivalente de 33 minutos con 23 segundos este resultado; fue a causa de, mayor cantidad de polifenoles presentes en la muestra liofilizada,

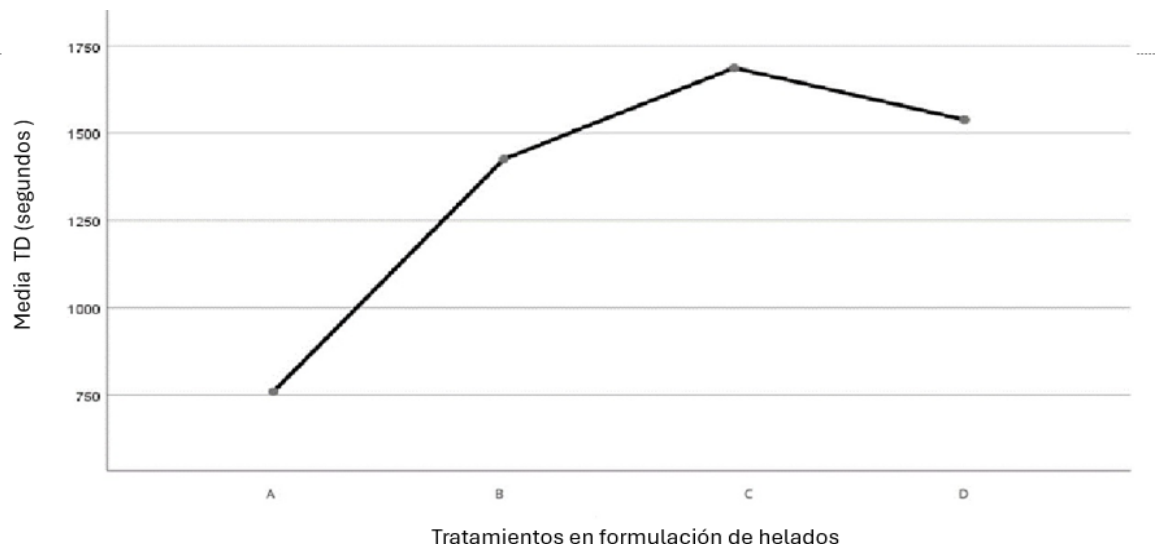
este método fue capaz de eliminar el agua y concentrar de mejor manera los compuestos bioactivos, los cuales al interactuar con la matriz del helado optimizaron su TD frente a la temperatura ambiente; por otro lado, el que obtuvo el menor TD fue el tratamiento A (formulación base) con 1571,33 segundos o 26 minutos con 11 segundos; esto a consecuencia de, no poseer polifenoles en su matriz; aunque, su TD se puede considerar deseable para los parámetros de consumo de los consumidores debido a los EE presentes en su matriz, que ayudaron a mejorar la resistencia al derretimiento. El tratamiento B (maceración) mostró un resultado de 1816 segundos o de 30 minutos; ya que, la cantidad de polifenoles presentes en el extracto era el menor de todos los métodos, se puede destacar que al concentrar el extracto mediante destilación; es posible que, parte del contenido de polifenoles se perdió por aplicar una temperatura de 80 °C; en donde, los polifenoles también pueden perder sus propiedades, lo que causaría la disminución del TD en la formulación del helado. Por último, el tratamiento D (decantación) obtuvo 1837,67 segundos o 30 minutos con 40 segundos, siendo el segundo tratamiento con mejor resultado, una de las causas de este resultado es mayor presencia de polifenoles en el extracto, al no aplicar temperaturas que comprometan las funcionalidades y cantidad de polifenoles explicaría porque presentó mejor TD con respecto al extracto obtenido mediante maceración. Otro aspecto relevante en este extracto fue la manera de concretar el extracto, al aplicar una temperatura de 50 °C, se aseguró más presencia de polifenoles y que conserven sus propiedades antioxidantes y que tengan más eficacia al momento de resistir al derretimiento.

En la tabla 17 se resume los datos estadísticos relevantes en el análisis ANOVA para la variable dependiente TD a una temperatura de 23,15 °C, con la prueba Tukey b se observó hasta 4 grupos estadísticos diferentes

Tabla 16
Resultados TD de 6 tratamientos a 23,15 °C

	T = 23,15 °C	N	Media (segundos)
A		3	759,67 a
B		3	1426 b
C		3	1687 c
D		3	1538,33 d
F-ANOVA			67857,66

Figura 7
TD vs tratamientos a 23,15 °C



En la figura 7 se observó que el tratamiento C (liofilización) reportó el mejor resultado de TD de 1687 segundos o su equivalente de 28 minutos con 7 segundos; por otra parte, el que obtuvo el menor TD fue el tratamiento A (formulación base) con 759,67 segundos o 12 minutos con 40 segundos. El tratamiento D (maceración) reportó 1426 segundos o 23 minutos con 46 segundos; por último, el tratamiento E (decantación) obtuvo 1538,33 segundos o 25 minutos, siendo el segundo tratamiento con mejor resultado. Como se explicó anteriormente el método de extracción afecta al resultado con respecto al TD, al aplicar mayor temperatura se observó como la liofilización resistió mejor el derretimiento, porque la fresa liofilizada contiene mayor cantidad de polifenoles, el tratamiento A al contar con solo EE fue el que menos resistió a una temperatura mayor, esto también indica, que los polifenoles son más eficientes como estabilizantes que los EE comerciales. La maceración y decantación presentaron resultados similares pero la decantación presentó mayor resistencia al derretimiento porque posee más cantidad de polifenoles.

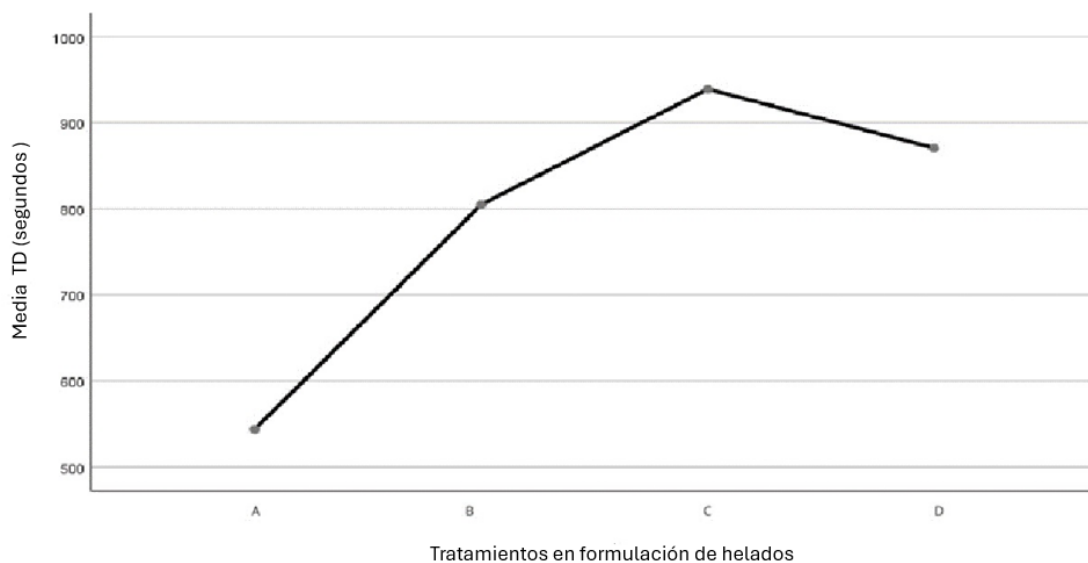
En la tabla 18 se visualiza un resumen de los datos estadísticos más relevantes del análisis estadístico de la variable dependiente TD a una temperatura de 35 °C, al ejecutar la prueba Tukey b se comprobó la existencia de 5 grupos estadísticos diferentes de sí.

Tabla 17
Resultados TD de 6 tratamientos a 35 °C

	T= 35 °C	N	Media (segundos)
A		3	543,67 a
B		3	805 b
C		3	939,33 c
D		3	870,67 d
F-ANOVA			9443,39

Figura 8

TD vs tratamientos a 35 ° C



En la figura 7 se determinó que el tratamiento C (liofilización) reportó el mejor resultado de TD de 939,33 segundos o su equivalente de 15 minutos; por otra parte, el que obtuvo el menor TD fue el tratamiento A (formulación base) con 543,67 segundos o 9 minutos con 4 segundos. El tratamiento B (maceración) presentó 805 segundos o 13 minutos con 28 segundos; por último, el tratamiento D (decantación) obtuvo 870,67 segundos o 14 minutos con 35 segundos, siendo nuevamente el segundo tratamiento con mejor resultado. Estos resultados indicaron la influencia de una temperatura mayor sobre un helado, la emulsión no resiste por mucho tiempo la temperatura de 35 ° C, se observó que el tratamiento C soportó mejor al derretimiento, confirmando la eficacia de los polifenoles al aportar mayor resistencia a la emulsión, el tratamiento A presentó un tiempo muy bajo a comparación con el tratamiento C, demostrando que los EE comerciales no pueden aumentar la resistencia al derretimiento del helado a una temperatura de 35 ° C, ya que los EE suelen ser lectinas, polisorbatos que tras analizar sus resultados con extractos con polifenoles, se mostró su bajo TD en una formulación de helado. El tratamiento B resistió mucho más que el tratamiento A por la presencia de polifenoles, pero inferior al tratamiento D; esto se explica, por la cantidad de los polifenoles que presenta el método de decantación con respecto a la maceración, sobre todo por cómo se concentró la maceración mediante destilación y la decantación mediante secado.

Tras el análisis de las tres figuras se observó también la influencia de la temperatura sobre el TD de los helados, al aumentar la temperatura los TD fueron en disminución; por ende, la temperatura y el TD mantienen una relación matemática inversamente proporcional, mientras el uno aumenta el otro disminuye, esto se comprueba al comparar los tiempos del tratamiento ganador el cual fue la liofilización, la cual reportó a 20,5 ° C un tiempo de 33 minutos con 21 segundos; mientras que, a 35 ° C presentó 15 minutos con 39 segundos, así se pudo comprobar que existió una diferencia de 18 minutos con 18 segundos; de esta manera, la temperatura es una variable a considerar.

- **Discusión resultados en formulaciones de helados:**

En la tabla 19 se reportó el resultado del tratamiento ganador (C) con cinco autores distintos al aplicar distintos aditivos a una formulación de helado:

Tabla 18
Discusión con otros autores

		TD	Autores
Resultado obtenido	0:33:21	0:45:00	(Campos et al., 2016)
		0:30:08	(da Silva et al., 2020)
		0:30:00	(Morales et al., 2019)
		1:01:09	(Guerrero & Tarapués, 2022)
		1:31:36	(Gaspar Katia, 2017)

Nota. La formulación de helado que se comparó con los otros autores fue la ganadora (lío-filización) a una temperatura de 20,5 ° C

En el trabajo de Campos et al (2016) aplicaron a una formulación de helado varias concentraciones con extracto de semillas de chía, la concentración con mejores resultados fue de 2g/100 g; en donde, reportaron el TD en 45 minutos; en este caso, el TD fue superior al obtenido experimentalmente; porque, el aditivo de semillas de chía presentó un mejor producto fundido en 90 minutos, también el extracto de semilla de chía mejoró las propiedades del helado como: mejor incorporación de aire, cristales de hielo más resistentes, lo que explico su resistencia al derretimiento.

Da silva et al (2020) reportaron en una formulación de helado con prebióticos (Polidextrosa y oligofruetosa) y subproducto de arroz un TD de 30 minutos, el TD obtenido por los autores fue inferior al conseguido experimentalmente en esta investigación 3 minutos y 13 segundos. Para conseguir el resultado de TD, los autores aplicaron una concentración de 5 g/100g de un subproducto de arroz cuya materia prima para el subproducto fue un arroz blanco pulido variedad Agulhinha, a diferentes formulaciones de helado añadieron diferentes prebióticos. Su TD se explica a consecuencia de los prebióticos; los cuales, aumentaron la resistencia al derretimiento a comparación a un helado base; ya que, los prebióticos aumentan las interacciones intermoleculares de la matriz de un producto con los prebióticos están interacciones causan más dureza, rigidez y consistencia (Balthazar et al., 2017), estos parámetros favorecen a la resistencia al derretimiento en helados.

En la investigación de Morales et al (2019), aplicaron diversas formulaciones con emulsificantes, estabilizantes y fresa en polvo; el mejor tratamiento, para el TD fue solo la formulación con fresa en polvo, los autores reportaron 30 minutos, similar al obtenido por Da silva et al, el resultado en TD de los autores se explica por las interacciones de polifenoles presentes en la fresa en polvo con la matriz del helado.

En su tesis Guerrero & Tarapués (2022) en sus pruebas aplicaron una formulación de helado con el extracto lixiviado de fresa en una concentración de 0,3 %, la duración de la forma de su helado fue superior al obtenido, se puede explicar por el tipo de fresa (*Fragarlinae*); de la cual, extrajeron los polifenoles, al existir mayor cantidad de estos compuestos explica la mayor duración de la emulsión del helado. Los autores también explican la influencia directa que tiene la temperatura sobre el TD, a 20 ° C, temperatura experimental que sometieron la muestra los autores, los cristales de hielo se rompen con mayor facilidad; lo que, a exposición constante causa la ruptura de la emulsión.

Como se observó en la tabla 19 , el resultado con mayor diferencia fue con la autora Gaspar Katia (2017) con una diferencia de tiempo de 1:02:15. Para obtener estos resultados la autora ejecutó una sustitución parcial de la crema de leche en el helado por oleína de palma (OP) y grasa de almendra de mango (GAM); esta sustitución, la realizó en helados de vainilla, su mejor tratamiento fue con sustitución de crema de leche al 40 % por 10 % de OP y 30 % de GAM, su TD se justificó por la grasa vegetal contenida en la formulación del helado; como indica (Chacón-Villalobos et al 2015) evaluaron el TD de una mezcla de helado que contenía en su formulación 6 % de grasa vegetal, con valores de TD entre 49 y 55 minutos. También el aire ocluido en la matriz del helado actúa como barrera aislante ante la transmisión de calor desde el exterior.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- Se evaluaron 3 métodos de extracción de polifenoles (maceración, liofilización, decantación); en alusión a, su contenido y rendimiento, la liofilización fue el mejor método, seguido de la decantación, la maceración obtuvo el menor contenido y rendimiento. Al ejecutar la parte experimental se observó como los extractos mejoraron el TD en relación con una formulación base.
- Se analizaron los parámetros de calidad de la fresa (humedad, cenizas, pH, peso, color, acidez, índice de madurez), se demostró que la fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Albión cumple con las normas exigidas y se encuentran en valores normales en comparación con resultados de otros autores.
- Se cuantificaron los polifenoles de los extractos obtenidos, muestras de fresa y hojas de fresa, con la liofilización con el mayor contenido de todos los métodos, las muestras de fresas presentaron un contenido considerable (112,99 mg GAE/100g muestra de fresa deshidratada) en comparación con sus otras variedades reportadas por la literatura; además, se observó que las hojas de fresa contienen el triple de contenido de polifenoles (322,16 mg GAE/100g muestra hojas de fresas), comparándolo con el fruto.
- Se determinó que el método de liofilización fue el que presentó mayor cantidad de polifenoles (180,02 mg GAE/100g), y el mejor rendimiento (41,28%), otro método a destacar fue la decantación por su contenido de compuestos fenólicos (45,03 mg GAE/100g) y su rendimiento (39,86 %), el cual fue el segundo mejor de los métodos de extracción.
- Se concluyó que los extractos influyeron en el TD en una formulación de helado. El método con mayor influencia fue la liofilización; la cual, reportó a una temperatura de 20,5 ° C mayor resistencia al derretimiento (33 minutos: 21 segundos).

5.2 Recomendaciones:

- Optar por métodos de extracción modernos como: liofilización, asistencia con microondas, campos eléctricos, enzimáticos, microencapsulación, etc. Debido a que, a diferencia de métodos tradicionales, como: maceración, decantación, decocción, los métodos modernos ofrecen mayor efectividad de extracción, como se corroboró con el método de liofilización; el cual, fue el más efectivo en extraer polifenoles.
- Como materia prima para la extracción de polifenoles se recomienda trabajar con frutos como: mora, frambuesa, granada, zarzamora, arándanos, jaborcabe, rambután, pues la literatura consultada indicó que estos frutos tienen igual o superior cantidad de polifenoles que la fresa; en caso de, considerar la fresa (*Fragaria x ananassa*) como alternativa se recomienda utilizar variedades como: Segal, Mazarol, Selrik, Senga Gigana, Sophie; ya que, estas variedades mostraron una cantidad considerable de polifenoles.

- En cuanto a la preparación de la muestra si se trata de muestras de frutas, es altamente recomendable deshidratar y pulverizar las muestras, un pretratamiento ultrasónico antes de la extracción mejora el rendimiento de extracción, la muestra pulverizada se recomienda guardar en bolsas de polietileno con cierre hermético y almacenar en lugares oscuros, para preservar la cantidad de polifenoles.
- Debido a la inexistencia de normas en Ecuador sobre aditivos de polifenoles en formulaciones de helado, se recomienda aplicar rangos de concentración de 0,2 – 0,3 % (masa/volumen), o 5 gramos por cada 100 gramos de producto, los trabajos de (da Silva et al 2020), (Campos et al 2016) y (Guerrero & Tarapués 2022) sirven de guía para aplicar correctas proporciones de aditivos en helados.
- Es recomendable realizar pruebas sensoriales y de calidad en helados con aditivos naturales, no se realizó en este estudio; porque, el enfoque fue indagar métodos efectivos para extracción de polifenoles. Realizar degustaciones del producto garantiza la aceptación de los consumidores del producto; de igual manera, las pruebas de calidad de helados permiten conocer el cumplimiento de los requisitos exigidos por normas.

BIBLIOGRAFÍA

- ABC. (2017, octubre 13). *El helado que no se derrite llega a Japón* .
https://www.abc.es/recreo/abci-helado-no-derrite-llega-japon-201708070958_noticia.html.
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2020, diciembre 10). *Real Decreto 142/2002, de 1 de Febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización* . Legislación consolidada .
- Akdeniz, V., & Akalın, A. S. (2019). New approach for yoghurt and ice cream production: High-intensity ultrasound. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 392–398.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.046>
- Akter, N., Reza, Md. S. Al, Esrafil, Md., Amin, Md. Al, Akter, S., Reza, N. M., Nasim, Md. N. H., & Dina, P. R. (2023). Nutritional, Textural, Sensory Properties and Storage Stability Evaluation of Newly Formulated Strawberry Bar. *Food and Nutrition Sciences*, 14(04), 287–299. <https://doi.org/10.4236/fns.2023.144019>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2018). Soxhlet extraction of phenolic compounds from Vernonia cinerea leaves and its antioxidant activity. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 11, 12–17.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.07.003>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200–214.
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Baenas, N., Abellán, Á., Rivera, S., Moreno, D. A., García-Viguera, C., & Domínguez-Perles, R. (2018). Foods and supplements. En *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 327–362). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813572-3.00010-5>
- Bahramparvar, M., & Mazaheri Tehrani, M. (2011). Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream. *Food Reviews International*, 27(4), 389–407.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563399>
- Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Cappato, L. P., Abud, Y. K. D., Moraes, J., Andrade, M. M., Freitas, M. Q., Sant’Anna, C., Raices, R. S. L., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2017). Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*, 35, 564–573. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.004>
- Biasutti, M., Venir, E., Marino, M., Maifreni, M., & Innocente, N. (2013a). Effects of high pressure homogenisation of ice cream mix on the physical and structural properties of ice cream. *International Dairy Journal*, 32(1), 40–45.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.03.007>
- Biasutti, M., Venir, E., Marino, M., Maifreni, M., & Innocente, N. (2013b). Effects of high pressure homogenisation of ice cream mix on the physical and structural properties of ice cream. *International Dairy Journal*, 32(1), 40–45.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.03.007>

- Campos, B. E., Dias Ruivo, T., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S., & de C. Bergamasco, R. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 874–883. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.021>
- Cavada G. (2017). *Estudio de la aplicación de campos eléctricos moderados como proceso de aceleración en el salado de salmón atlántico*. Universidad Técnica Federico Santa María .
- Celada Virginia. (2021). *Estudio de la extracción de oleuropeína con aplicación de campos eléctricos moderados (MEF)*. Universitat Politècnica de Valencia .
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M. L., & Jiménez-Goebel, C. (2015). Características fisicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 19. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21875>
- Chua, L. S., Abd Wahab, N. S., & Soo, J. (2023). Water soluble phenolics, flavonoids and anthocyanins extracted from jaboticaba berries using maceration with ultrasonic pretreatment. *Food Chemistry Advances*, 3, 100387. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100387>
- Ćujić, N., Šavikin, K., Janković, T., Pljevljakušić, D., Zdunić, G., & Ibrić, S. (2016a). Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chemistry*, 194, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.008>
- Ćujić, N., Šavikin, K., Janković, T., Pljevljakušić, D., Zdunić, G., & Ibrić, S. (2016b). Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chemistry*, 194, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.008>
- da Silva, J. M., Klososki, S. J., Silva, R., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Freitas, M. Q., Barão, C. E., & Pimentel, T. C. (2020). Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components? *LWT*, 128, 109472. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109472>
- da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2008). Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chemistry*, 107(4), 1629–1635. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.038>
- de la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). Phenolic Compounds. En *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* (pp. 253–271). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00012-9>
- Deng, J., Yang, H., Capanoglu, E., Cao, H., & Xiao, J. (2018). Technological aspects and stability of polyphenols. En *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 295–323). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813572-3.00009-9>
- Devi, N., Sarmah, M., Khatun, B., & Maji, T. K. (2017). Encapsulation of active ingredients in polysaccharide–protein complex coacervates. *Advances in Colloid and Interface Science*, 239, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2016.05.009>
- El universo. (2021, febrero 14). *El negocio de helados innova y busca recuperar consumo de ecuatorianos*. Economía .

- El-Hawary, S. S., Mohammed, R., El-Din, M. E., Hassan, H. M., Ali, Z. Y., Rateb, M. E., Bellah El Naggar, E. M., Othman, E. M., & Abdelmohsen, U. R. (2021). Comparative phytochemical analysis of five Egyptian strawberry cultivars (*Fragaria × ananassa* Duch.) and antidiabetic potential of Festival and Red Merlin cultivars. *RSC Advances*, *11*(27), 16755–16767. <https://doi.org/10.1039/D0RA10748D>
- EMR Aclaight Enterprise. (2022). *Análisis del Mercado de Helados*. Informes .
- Escobar Lopez Rubí Magnolia. (2014). “*LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE LA ASOCIACIÓN FLORES Y FRUTAS DE HUACHI GRANDE Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE FRESAS (Fragaria vesca) VARIEDAD ALBIÓN* [MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL]. Universidad Técnica de Ambato .
- Fraga, C. G., Croft, K. D., Kennedy, D. O., & Tomás-Barberán, F. A. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & Function*, *10*(2), 514–528. <https://doi.org/10.1039/C8FO01997E>
- García-Parra, J., González-Cebrino, F., Delgado, J., Cava, R., & Ramírez, R. (2016). High pressure assisted thermal processing of pumpkin purée: Effect on microbial counts, color, bioactive compounds and polyphenoloxidase enzyme. *Food and Bioprocess Processing*, *98*, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.01.006>
- Gaspar Katia. (2017). *Efecto de la sustitución parcial de la crema de leche por oleína de palma (Elaeis guineensis) y grasa de almendra de mango (Mangifera indica L.), sobre la viscosidad aparente, overrun, tiempo de derretimiento y aceptabilidad general en helado de vainilla* [Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniera en industrias alimentarias]. Universidad Privada Antenor Orrego .
- Gavahian, M., & Farahnaky, A. (2018). Ohmic-assisted hydrodistillation technology: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *72*, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.014>
- Gavilanes Irene del Carmen, Chuquín Cristian, & Valverde Víctor. (2023). *Técnicas de Análisis de Laboratorio para Caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos* (Santillan Juan Carlos, Caichug Daniela, & Caputo Maricel, Eds.; Primera Edición, Vol. 1). Puerto Madero Editorial Académica .
- Giovani Tuco. (2023). *Uso de los extractos vegetales como agentes estabilizantes para la síntesis verde de nanopartículas de plata con actividad antimicrobiana* . Universidad Católica de Santa María .
- Gomez Jose. (2021, enero 27). *Polifenoles: Clasificación. Estructura y Función* . <https://www.youtube.com/watch?v=b9egevN26Qg>.
- Gonçalves, J., Silva, C. L., Castilho, P. C., & Câmara, J. S. (2013). An attractive, sensitive and high-throughput strategy based on microextraction by packed sorbent followed by UHPLC-PDA analysis for quantification of hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acids in wines. *Microchemical Journal*, *106*, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.05.037>
- Grefa Shirley. (2019). *Shirley Fernanda Grefa Zurita 2022 Analisis de la recuperacion de compuestos bioactivos a partir de subproductos de la mora*.
- Guerrero Jhon, & Tarapués Lorena. (2022). *Evaluación del rendimiento de polifenoles totales en mora (Rubus glaucus benth) y fresa (Fragarlinae) y su aplicación como*

- aditivo emulgente en helados de crema*) [Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingenieros en Alimentos]. Universidad Politécnica Estatal del Carchi .
- Haminiuk, C. W. I., Maciel, G. M., Plata-Oviedo, M. S. V., & Peralta, R. M. (2012). Phenolic compounds in fruits – an overview. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(10), 2023–2044. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x>
- Hosahalli S. Ramaswamy, & Marcotte Michele. (2014). *Ohmic Heating in Food Processing* (H. S. Ramaswamy, M. Marcotte, S. Sastry, & K. Abdelrahim, Eds.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16605>
- Huang, X., Cheng, L., Exterkate, R. A. M., Liu, M., Zhou, X., Li, J., & ten Cate, J. M. (2012). Effect of pH on *Galla chinensis* extract's stability and anti-caries properties in vitro. *Archives of Oral Biology*, 57(8), 1093–1099. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2012.04.007>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)). (2014). *Norma Técnica Colombiana Frutas Frescas Fresa Variedad Chandler, Especificaciones* (14237; I.C.S 67.080.010).
- Josefa Chicaiza. (2015). *Determinación de los parámetros físico - químicos y microbiológicos de la fresa (Fragaria vesca) variedad oso grande como base para establecimiento de la norma de requisitos*) [Tesis previo a la obtención del título de: Bioquímico Farmacéutico]. Universidad Regional Autónoma de los Andes “UNIANDES”.
- Kavela, E. T. A., Szalóki-Dorkó, L., & Máté, M. (2023). The Efficiency of Selected Green Solvents and Parameters for Polyphenol Extraction from Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx)) Pomace. *Foods*, 12(19), 3639. <https://doi.org/10.3390/foods12193639>
- Kirshbaum Daniel S. (2022). *Cultivo, Poscosecha, Procesado y Comercio de Berries* (S.L. 601 p-, Vol. SPE3). Namesny, A.; Conesa, C.; Olmos, L. M.; Papasseit, P. .
- Landete, J. M. (2011). Ellagitannins, ellagic acid and their derived metabolites: A review about source, metabolism, functions and health. *Food Research International*, 44(5), 1150–1160. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.027>
- León Domínguez Patricia Diana. (2022). *“Análisis de la capacidad antioxidante de los extractos de microalgas Nannochloropsis oculata y posible Hapalosiphon sp. obtenidos de biomasa fresca vs liofilizada”*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bioquímica Farmacéutica]. Universidad de Cuenca .
- Li, H., Deng, Z., Wu, T., Liu, R., Loewen, S., & Tsao, R. (2012). Microwave-assisted extraction of phenolics with maximal antioxidant activities in tomatoes. *Food Chemistry*, 130(4), 928–936. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.019>
- Maier, T., Fromm, M., Schieber, A., Kammerer, D. R., & Carle, R. (2009). Process and storage stability of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics in pectin and gelatin gels enriched with grape pomace extracts. *European Food Research and Technology*, 229(6), 949–960. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1134-9>
- Márquez-López, A., Chávez-Parga, , Del Carmen A Y Hernández-González, M., & Carlos, J. (2019). *A spectos generales sobre los elagitaninos y su conversión a ácido elágico*.

- Marszałek, K., Mitek, M., & Skąpska, S. (2015). The effect of thermal pasteurization and high pressure processing at cold and mild temperatures on the chemical composition, microbial and enzyme activity in strawberry purée. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 27, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.10.009>
- Meyer Torres, G., Sarmiento, O. I., Ramírez, R. I., & Guevara, O. (2018). Estimación del contenido de fenoles totales en aceite esencial de Caléndula (*Calendula officinalis* L) obtenido mediante OAHD. *Revista ION*, 31(1), 7–12. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018001>
- Michalska, A., Carlen, C., Heritier, J., & Andlauer, W. (2017). Profiles of bioactive compounds in fruits and leaves of strawberry cultivars. *Journal of Berry Research*, 7(2), 71–84. <https://doi.org/10.3233/JBR-160146>
- Morales - Juri Gisselle, Escobar Paula, Ramírez Juan Sebastián, & Ayala Alfredo. (2019). Influencia de fresa en polvo, goma guar, polidextrosa y maltodextrina en los parametros de calidad helados duros. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(2), 30–37.
- Muñiz-Márquez, D. B., Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Sepúlveda, L., Buenrostro-Figueroa, J., Ascacio-Valdés, J. A., & Aguilar, C. N. (2021a). Effect of ultrasound on the extraction of ellagic acid and hydrolysis of ellagitannins from pomegranate husk. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 102063. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102063>
- Muñiz-Márquez, D. B., Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Sepúlveda, L., Buenrostro-Figueroa, J., Ascacio-Valdés, J. A., & Aguilar, C. N. (2021b). Effect of ultrasound on the extraction of ellagic acid and hydrolysis of ellagitannins from pomegranate husk. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 102063. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102063>
- Nanhe Lal Saroj, S. S. S. Y. (2021). Strawberry: A wonder crop suitable for Hydroponics. *Journal of Horticulture*, 08(2).
- Nowicka, A., Kucharska, A. Z., Sokół-Łętowska, A., & Fecka, I. (2019). Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria × ananassa* Duch. *Food Chemistry*, 270, 32–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.015>
- Olejar, K. J., Fedrizzi, B., & Kilmartin, P. A. (2015). Influence of harvesting technique and maceration process on aroma and phenolic attributes of Sauvignon blanc wine. *Food Chemistry*, 183, 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.040>
- Olivares Javier. (2018). *Aplicación de campos electricos moderados y microperforación Láser CO2 para la aceleración del proceso de salado de salmon atlántico (Salmo Salar)*. Universidad Técnica Federico Santa María .
- Olivas-Aguirre, F. J., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G. A., López-Díaz, J. A., Álvarez-Parrilla, E., De La Rosa, L. A., & Ramos-Jimenez, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. En *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 31, Número 1, pp. 55–66). Grupo Aula Medica S.A. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical*

- Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005–3023.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Pérez Laura. (2018). *Inducción de la floración en fresa (Fragaria x ananassa) variedad albión, mediante la aplicación de extracto de sauce (Salix humboldtiana) y agua de coco (Cocos nucifera L.)*. Universidad Técnica de Ambato .
- Prasad, V. S. S., Hymavathi, A., Babu, V. R., & Longvah, T. (2018). Nutritional composition in relation to glycemic potential of popular Indian rice varieties. *Food Chemistry*, 238, 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.138>
- Pulicharla, R., Marques, C., Das, R. K., Rouissi, T., & Brar, S. K. (2016). Encapsulation and release studies of strawberry polyphenols in biodegradable chitosan nanoformulation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.03.036>
- Quirós, A. M., Acosta, O. G., Thompson, E., & Soto, M. (2019). Effect of ethanolic extraction, thermal vacuum concentration, ultrafiltration, and spray drying on polyphenolic compounds of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichos* Schltld.) by-product. *Journal of Food Process Engineering*, 42(4). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13051>
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández, & María del Pilar Baptista. (2014). *Metodología de la investigación* (6 edición). Mc Graw Hill .
- Rubiano-Vargas, A. G., Rengifo-Velásquez, C. J., & Ramírez-Navas, J. S. (2022). Evaluación del efecto de la concentración de dos emulsionantes-estabilizantes comerciales sobre los parámetros de calidad de un helado de vainilla. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 23(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:1929
- Salas-Arias, K. M., Salas-Morgan, B., & Calvo-Castro, L. A. (2022). Potencial bioactivo de los residuos del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) en Costa Rica. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(2), 55–68. <https://doi.org/10.23850/24220582.4875>
- Sang, S., Lee, M.-J., Hou, Z., Ho, C.-T., & Yang, C. S. (2005). Stability of Tea Polyphenol (–)-Epigallocatechin-3-gallate and Formation of Dimers and Epimers under Common Experimental Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(24), 9478–9484. <https://doi.org/10.1021/jf0519055>
- Serdar Akin, M., Goncu, B., & B. Akin, M. (2019). Designing an industrial protocol to develop a new fat-reduced- ice cream formulation by replacing stabilizers with microbial transglutaminase enzyme. *Mljekarstvo*, 69(3), 162–171. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2019.0302>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN:2013 Segunda revisión Helados. Requisitos. En *Norma Técnica Ecuatoriana : Vol. Segunda revisión* (Número Norma, pp. 3–4). Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- Shishir, M. R. I., Xie, L., Sun, C., Zheng, X., & Chen, W. (2018). Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 34–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.018>
- Stefania Hidalgo. (2023). *Obtención de Goma de Guarango (Caesalpinia spinosa) para su aplicación como espesante en la elaboración de helados*.

- Stevanovic, T., Diouf, P. N., & Garcia-Perez, M. E. (2009). Bioactive Polyphenols from Healthy Diets and Forest Biomass. En *Current Nutrition & Food Science* (Vol. 5).
- Torgbo, S., Sukatta, U., Kamonpatana, P., & Sukyai, P. (2022). Ohmic heating extraction and characterization of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel extract with enhanced antioxidant and antifungal activity as a bioactive and functional ingredient in white bread preparation. *Food Chemistry*, 382, 132332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132332>
- Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Carmen Bartolomé-Camacho, M., Martínez-Flores, H.-E., & García-Pérez, M.-E. (2016). *Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas Polyphenols: antioxidant and toxicological properties*.
- Wang, J., Cheng, Y., Ma, C., Ni, Y., Yu, J., Gao, H., & Sheng, L. (2024). Integrate analysis of metabolome and transcriptome of three *Fragaria* × *ananassa* cultivars to establish the non-volatile compounds of strawberry flavor. *LWT*, 198, 116043. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116043>
- Zhang, B., Cai, J., Duan, C.-Q., Reeves, M., & He, F. (2015). A Review of Polyphenolics in Oak Woods. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), 6978–7014. <https://doi.org/10.3390/ijms16046978>
- Zorić, Z., Pedisić, S., Kovačević, D. B., Ježek, D., & Dragović-Uzelac, V. (2016). Impact of packaging material and storage conditions on polyphenol stability, colour and sensory characteristics of freeze-dried sour cherry (*prunus cerasus* var. Marasca). *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1247–1258. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2097-4>

ANEXOS

7.1 ANEXO 1 RESULTADOS TD:

En la tabla 20 se presenta el tiempo de derretimiento que presentaron los helados con los diferentes extractos, a una temperatura de 20,5 °C:

Tabla 19
TD en 4 tratamientos a 20,5 ° C

Helados	M1	M2	M3	Promedio	Desviación	Rango
H.Base	0:26:08	0:26:11	0:26:15	0:26:11	0:00:04	0:26:04 - 0:26:18
H. Chua et al	0:30:14	0:30:16	0:30:18	0:30:16	0:00:02	0:30:12 - 0:30:20
H.Decantación	0:30:35	0:30:38	0:30:40	0:30:38	0:00:03	0:30:33 - 0:30:43
H. Liofilizado	0:33:18	0:33:21	0:33:23	0:33:21	0:00:03	0:33:16 - 0:33:26

Nota. Los resultados de esta tabla se reportaron en minutos a diferencia del análisis estadístico cuyos resultados se reportaron en segundos.

En la tabla 21 se muestra el tiempo de derretimiento en los helados con los diferentes extractos, a una temperatura de 23,15 °C:

Tabla 20
TD en 4 tratamientos a 23,15 ° C

Helados	M1	M2	M3	Promedio	Desviación	Rango
H.Base	0:12:38	0:12:39	0:12:42	0:12:40	0:00:02	0:12:36 - 0:12:44
H. Chua et al	0:23:44	0:23:46	0:23:48	0:23:46	0:00:02	0:23:42 - 0:23:50
H. Decantación	0:25:35	0:25:38	0:25:42	0:25:38	0:00:04	0:25:31 - 0:25:45
H. Liofilizado	0:28:04	0:28:07	0:28:10	0:28:07	0:00:03	0:28:01 - 0:28:13

En la tabla 22 se expone el tiempo de derretimiento que mostraron los helados con los diferentes extractos, a una temperatura de 35 °C:

Tabla 21
TD en 4 tratamientos a 35 ° C

Helados	M1	M2	M3	Promedio	Desviación	Rango
H.Base	0:09:01	0:09:04	0:09:06	0:09:04	0:00:03	0:08:59 - 0:09:09
H. Chua et al	0:13:22	0:13:25	0:13:28	0:13:25	0:00:03	0:13:19 - 0:13:31
H. Decantación	0:14:27	0:14:30	0:14:35	0:14:31	0:00:04	0:14:23 - 0:14:39
H. Liofilizado	0:15:37	0:15:39	0:15:42	0:15:39	0:00:03	0:15:34 - 0:15:44

7.2 ANEXO 4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- **Pruebas post hoc TD:**

En la tabla 23 se muestra las diferencias mínimas significativas de todos los tratamientos a una temperatura de 20,5 ° C

Tabla 22
Pruebas post hoc a 20,5 ° C

Comparaciones múltiples						Intervalo de confianza al 95%	
	(I) Trat	(J) Trat	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
DMS	A	B	-244,667*	2,198	,000	-249,74	-239,60
		C	-429,333*	2,198	,000	-434,40	-424,26
		D	-266,333*	2,198	,000	-271,40	-261,26
	B	A	244,667*	2,198	,000	239,60	249,74
		C	-184,667*	2,198	,000	-189,74	-179,60
		D	-21,667*	2,198	,000	-26,74	-16,60
	C	A	429,333*	2,198	,000	424,26	434,40
		B	184,667*	2,198	,000	179,60	189,74
		D	163,000*	2,198	,000	157,93	168,07
	D	A	266,333*	2,198	,000	261,26	271,40
		B	21,667*	2,198	,000	16,60	26,74
		C	-163,000*	2,198	,000	-168,07	-157,93

Nota. * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla 24 se presencia los subconjuntos homogéneos de las muestras a una temperatura de 20,5 ° C, con los subconjuntos podemos observar de mejor manera las diferencias que existen en las medias de las muestras.

Tabla 23
Prueba tukey b a 20,5 ° C

Desviación	Trat	N	Sub conjuntos estadísticos
3,512	A	3	1571,33 a
2,000	B	3	1816,00 b
2,517	D	3	1837,67 d
2,517	C	3	2000,67 c

Nota. Se destacó que el grupo a representa el menor resultado, mientras que el grupo c represento el resultado mayor.

En la tabla 25 se indica las diferencias mínimas significativas de todos los tratamientos a una temperatura de 23,15 ° C

Tabla 24
Pruebas post hoc a 23,15 ° C

Comparaciones múltiples							
	(I) Trat	(J) Trat	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DMS	A	B	-666,333*	2,224	,000	-671,46	-661,21
		C	-927,333*	2,224	,000	-932,46	-922,21
		D	-778,667*	2,224	,000	-783,79	-773,54
	B	A	666,333*	2,224	,000	661,21	671,46
		C	-261,000*	2,224	,000	-266,13	-255,87
		D	-112,333*	2,224	,000	-117,46	-107,21
	C	A	927,333*	2,224	,000	922,21	932,46
		B	261,000*	2,224	,000	255,87	266,13
		D	148,667*	2,224	,000	143,54	153,79
	D	A	778,667*	2,224	,000	773,54	783,79
		B	112,333*	2,224	,000	107,21	117,46
		C	-148,667*	2,224	,000	-153,79	-143,54

En la tabla 26 se muestra los subconjuntos homogéneos de las muestras a una temperatura de 23,15 ° C

Tabla 25
Prueba tukey b a 23,15 ° C

Desviación	Trat	N	Sub conjuntos estadísticos
2,082	A	3	759,67 a
2	B	3	1426,00 b
3,512	D	3	1538,33 d
3	C	3	1687,00 c

En la tabla 27 se identifica las diferencias mínimas significativas de todos los tratamientos a una temperatura de 35 ° C

Tabla 26
Prueba post hoc a 35 ° C

Comparaciones múltiples							
	(I) Trat	(J) Trat	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DMS	A	B	-261,333*	2,517	,000	-267,14	-255,53
		C	-395,667*	2,517	,000	-401,47	-389,86
		D	-327,000*	2,517	,000	-332,80	-321,20
	B	A	261,333*	2,517	,000	255,53	267,14
		C	-134,333*	2,517	,000	-140,14	-128,53
		D	-65,667*	2,517	,000	-71,47	-59,86
	C	A	395,667*	2,517	,000	389,86	401,47
		B	134,333*	2,517	,000	128,53	140,14
		D	68,667*	2,517	,000	62,86	74,47
	D	A	327,000*	2,517	,000	321,20	332,80
		B	65,667*	2,517	,000	59,86	71,47
		C	-68,667*	2,517	,000	-74,47	-62,86

En la tabla 28 se muestra los subconjuntos homogéneos de las muestras a una temperatura de 35 ° C

Tabla 27
Prueba tukey b a 35 ° C

Desviación	Trat	N	Sub conjuntos estadísticos
2,517	A	3	543,67 a
2,517	B	3	835,33 b
4,041	D	3	870,67 d
2,517	C	3	939,33 c

7.3 ANEXO 5 FORMULACIONES DE HELADOS

En la tabla 29 se presenta la formulación de la cual se partió para elaborar los helados con sus respectivas cantidades

Tabla 28
Formulación de helado

Cantidad	Medida	Producto
37	ml	Leche
4	gr	Azúcar
3,8	ml	Crema leche
0,025	gr	CMC
5	ml ó gr	Extracto
	Gramos	
50	totales	Helado

En la tabla 30 se representa la formulación de helado con sus respectivos porcentajes lo que permitió conocer el porcentaje exacto de cada ingrediente y cuanto representó el extracto en el helado

Tabla 29
Formulación de helado en porcentaje

Cantidad	Producto	Porcentaje
37	Leche	74,04 %
4	Azúcar	8,00 %
	Crema de	
3,8	leche	7,60 %
0,025	CMC	0,050 %
5	Extracto	10,0 %
Total	50,0	100,00 %

7.4 ANEXO 6 EJECUCIÓN PARTE EXPERIMENTAL

Figura 9

Pesaje de fresas



Figura 10

Preparación de muestras para deshidratación



Figura 11

Deshidratación de muestras de fresas



Figura 12

Muestras de fresa deshidratadas



Figura 13

Materiales para determinación de parámetros de calidad en fresa



Figura 14

Pesaje de crisoles



Figura 15

Determinación de humedad mediante estufa



Figura 16

Crisoles en desecador



Figura 17

Determinación de cenizas



Figura 18

Muestras de fresas calcinadas

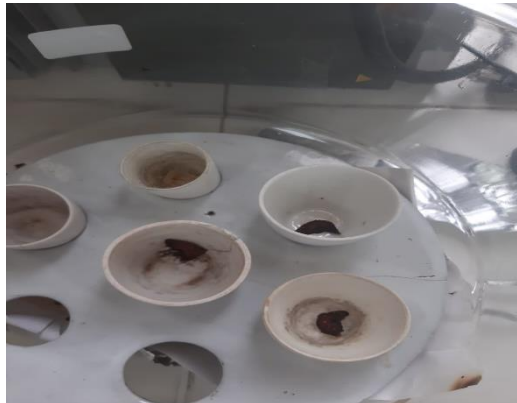


Figura 19

Determinación de pH



Figura 20

Determinación de grados brix



Figura 21

Determinación de color



Figura 22

Pesaje de muestra de fresa

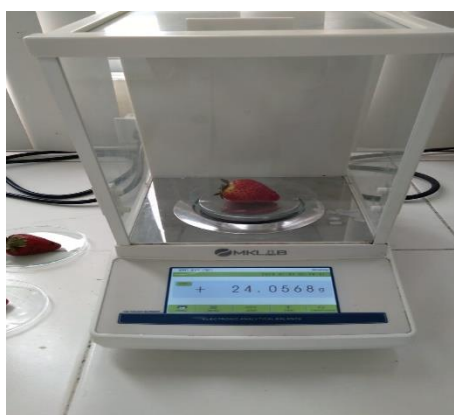


Figura 23

Determinación de acidez titulable



Figura 24

Muestras de fresa deshidratadas y trituradas



Figura 25

Pesaje de fresa deshidratada



Figura 26

Materiales para métodos de extracción



Figura 27

Solución hidroalcohólica



Figura 28

Solución hidroalcohólica en botellas ámbar



Figura 29

Concetración de extracto mediante destilación



Figura 30

Filtración de extracto mediante vacío



Figura 31

Ultracongelador del grupo Proanín



Figura 32

Muestra de fresa congelada

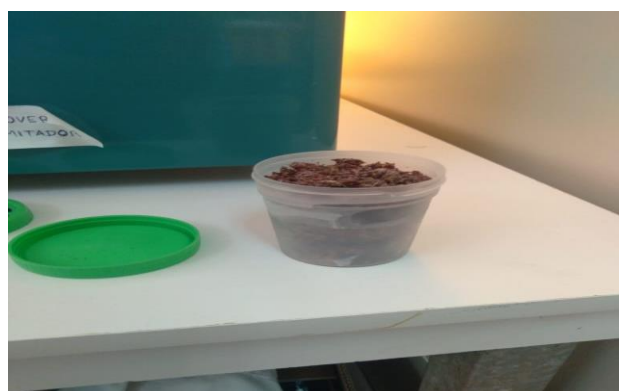


Figura 33

Equipo liofilizador



Figura 34

Pesaje de carbonato de sodio



Figura 35

Solución madre para curva de calibración



Figura 36

Muestras para cuantificación de polifenoles



Figura 37

Curva de calibración



Figura 38

Espectrofotómetro UV – visible



Figura 39

Pesaje de leche para elaboración de helados



Figura 40

Pesaje de CMC

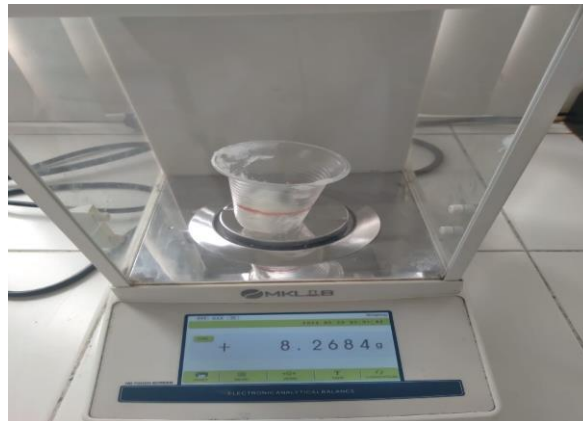


Figura 41

Pesaje de emulsificante

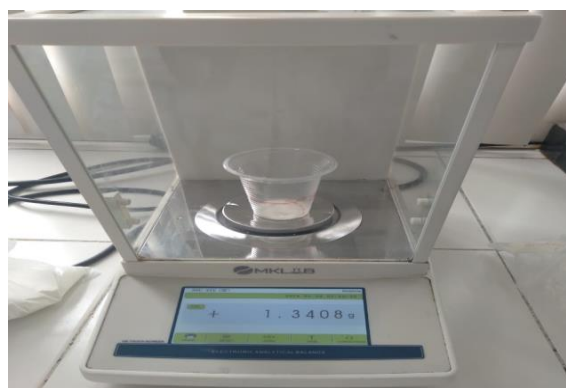


Figura 42

Elaboración de helados



Figura 43

Almacenamiento de helados



Figura 44

Evaluación de tratamientos en formulación de helados



Figura 45

Comparación tratamiento C con tratamiento A



Figura 46

Evaluación de tratamientos en formulación de helados a 35 °C

