



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustria

Tema:

“APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE LIMÓN MANDARINA (*Citrus × limonia*) EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y OBTENCIÓN DE HARINA PARA SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL”

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.

Autores:

Farinango Pineida Evelyn Jhoana
Ramos Moreno Jehison Dario

Tutora:

Dra. Herminia Sanaguano PhD

Guaranda – Ecuador

2024

APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE LIMÓN MANDARINA (*Citrus ×
limonia*) EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y OBTENCIÓN DE
HARINA PARA SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL

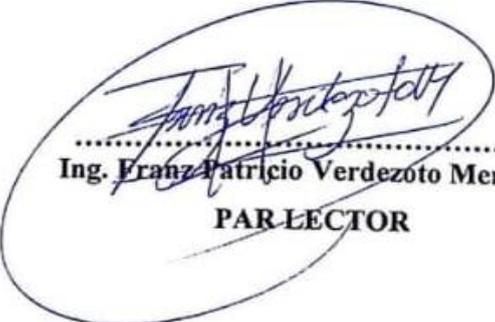
REVISADO Y APROBADO POR



.....

Ing. Herminia Sanaguano PhD.

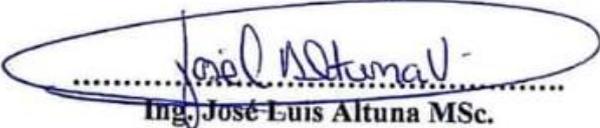
TUTORA



.....

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza

PAR LECTOR



.....

Ing. José Luis Altuna MSc.

PAR LECTOR

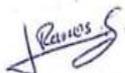
CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Nosotros, Farinango Pineida Evelyn Jhoana con CI: 172476045-7 y Ramos Moreno Jehison Dario con CI: 210081976-8 declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

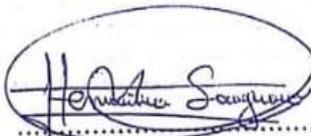
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



.....
Farinango Pineida Evelyn Jhoana
CI: 172476045-7



.....
Ramos Moreno Jehison Dario
CI: 210081976-8



.....
Dra. Herminia Sanaguano PhD.
CI:0601587280



DRA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

Hoja de la Notaría

ESCRITURA N° 20240201004P00269

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

EVELYN JHOANA FARINANGO PINEDA Y

JEHISON DARIO RAMOS MORENO

CUANTÍA: INDETERMINADA

DI 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy lunes a los quince días del mes de abril del año dos mil veinticuatro, ante mi DOCTORA MS. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, la señorita EVELYN JHOANA FARINANGO PINEDA, de estado civil soltera y JEHISON DARIO RAMOS MORENO, de estado civil soltero, ambas partes por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliada la primera en comparecer en la parroquia Tabacundo, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha y de paso por este cantón de Guaranda, con número celular cero nueve nueve tres cero cero ocho dos seis dos; y, con correo electrónico jhoafarinango29@gmail.com; y, el segundo, en comparecer domiciliado en la parroquia Lago Agrío, cantón Nueva Loja, provincia Sucumbios y de paso por este cantón de Guaranda, con número celular cero nueve nueve cero ocho siete nueve siete siete nueve; y, con correo electrónico jehisondario@gmail.com; hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agregó a esta escritura, a petición de la compareciente se adjunta sus documentos personales como es la cedula y de votación, como documentos habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: EVELYN JHOANA FARINANGO PINEDA, de estado civil soltera y JEHISON DARIO RAMOS MORENO, de estado civil soltero, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: APROVECHAMIENTO DE LA CASCARA DE LIMÓN MANDARINA (Citrus x limonia) EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y OBTENCIÓN DE HARINA PARA SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL. Previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere y leída que les fue íntegramente a los comparecientes por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----

SRTA. EVELYN JHOANA FARINANGO PINEDA.
C.C. 724760452

SR. JEHISON DARIO RAMOS MORENO.
C.C. 2100819768

DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



NOMBRE DEL TRABAJO

AUTOR

**APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE
E LIMÓN MANDARINA (Citrus × limonia)
EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL
Y OBTENCIÓN DE HARINA PARA SU APLICACIÓN
AGROINDUSTRIAL**

Jhoana Farinango - Jehison Ramos

RECuento DE PALABRAS

RECuento DE CARACTERES

22630 Words

118792 Characters

RECuento DE PÁGINAS

TAMAÑO DEL ARCHIVO

127 Pages

17.3MB

FECHA DE ENTREGA

FECHA DEL INFORME

Apr 12, 2024 5:24 PM GMT-5

Apr 12, 2024 5:27 PM GMT-5

● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente


Dra. Herminia Sanaguano PhD.
TUTORA

DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación la dedico al ser supremo que me ha permitido estar aquí, a ti mi Dios, por ser quien me dio la vida para en ella ser una persona con metas y anhelaciones.

Dedico mi trabajo a dos personas esenciales para la culminación de esta etapa profesional, Rafaela Ramos y Holguer Farinango.

Rafaela, por ser la persona que llegó en el momento exacto de mi vida para darme la fuerza y fortaleza para continuar en momentos que declinaba.

Holguer, por ser un ser de luz que ha sido el ejemplo claro de superación, por todo el amor y respeto que me has demostrado hasta el día de hoy

Jhoana Farinango

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación se la dedico a Dios, por haberme guiado durante el transcurso de esta vida con su sabiduría, fuerza y fortaleza para culminar mi etapa universitaria.

A Mi abuelita Marianita de Jesús Paredes, por ser una mujer luchadora que me ha forjado por el camino de la superación.

A Mis padres y hermanos que siempre están ahí cuando los necesito.

Jehison Ramos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis primeros padres, Dios y la Virgencita María por haberme dado la fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar con mi carrera universitaria.

Mi profundo agradecimiento para Rafael Farinango y Olga Pineida, mi pilar fundamental quienes me apoyan con su ejemplo, su amor infinito y sus consejos.

Gracias a mis hermanos por sus palabras y momentos de felicidad que me han mostrado siempre.

A mi compañero de tesis y compañero de vida: Ramos Darío, que mediante la comunicación y el amor hemos culminado con una de las metas más anheladas, nuestra titulación.

Mi gratitud para la Universidad Estatal de Bolívar, por haberme acogido y formarme profesionalmente, a sus docentes, en especial a mi Tutora: Dra. Herminia Sanaguano PhD. por sus directrices durante la elaboración de la Tesis, a mis pares lectores Ingenieros Luis Altuna y Franz Verdezoto por sus consejos y recomendaciones mismas que aportaron al mejoramiento de esta investigación, al Dr. Juan Gaïbor por ser un docente ejemplar y del cual me llevo sus conocimientos.

Finalmente agradecer a mis amigos de otra madre (Alex, Vicente, Mirian) por compartir conmigo momentos de alegría, tristeza y todas las experiencias vividas. En general a todos mis compañeros quienes iniciamos la carrera, los que se fueron y los que fui conociendo durante mi vida universitaria, gracias por sus locuras (Cinthia A, Nandito, Jefferson A. Josselyn S, Jessica S, Shirley C, Cristian V, Alexis L, Jesús L, Stuar O, Antony A, Andrés D, etc.)

Jhoana Farinango

AGRADECIMIENTO

Primero, ¡Agradezco a Dios!, por haberme dado fuerzas y la perseverancia para vencer todos los obstáculos al iniciar y terminar mi carrera de preparación universitaria.

A Mi Abuelita Mariana de Jesús Paredes, por estar siempre presente, apoyando, brindándome el ánimo necesario para no decaer en los momentos más difíciles.

A Mis Padres Tito y Janeth, Quienes me apoyan y aconsejan a lo largo de mi vida.

A Mis hermanos que siempre me ayudan.

A Mis amigos Mesías y su esposa donde residí durante mis estudios por siempre tener confianza en mí para este logro alcanzado.

A la Dra. Herminia Sanaguano PhD. por la excelente colaboración para el desarrollo y culminación de la tesis.

A todos los profesionales de la carrera de Ingeniería en Agroindustrias de la UEB por transmitir sus conocimientos.

A Mi querida compañera de vida Evelyn Farinango por siempre estar con su amor y ayuda de manera bondadosa e incondicional

A las Familias, Ramos Paredes, Moreno Celi, a mis tíos, tías, primos y primas, por ayudarme siempre de forma desinteresada.

A mis amigos del barrio y de la universidad por brindarme su amistad y compartir buenos momentos en la tierra de los eternos carnavales, Guaranda.

Jehison Ramos

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
RESUMEN.....	XVII
SUMMARY	XVIII
CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA	3
1.2.1 Planteamiento del problema	3
1.2.2 Situación del problema.....	3
1.2.3 Formulación del problema	4
1.2.4 Sistematización del problema.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.1 Objetivos Específicos.....	5
1.4 HIPÓTESIS	6
1.4.1 Hipótesis Nula (H_0)	6
1.4.2 Hipótesis Alternativa (H_a).....	6
CAPITULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Limón mandarina (<i>Citrus x limonia</i>).....	7
2.1.1 Origen.....	7
2.1.2 Generalidades	7
2.1.3 Taxonomía del limón mandarina.....	8
2.1.4 Características morfológicas del limón	8
2.2 Cáscara del limón mandarina	10
2.2.1 Aspectos generales	10
2.2.2 Composición físico-química de la cáscara de limón.....	11

2.2.3 Beneficios y aplicaciones de la cáscara de limón.....	11
2.3 Aceite esencial (AE).....	13
2.3.1 Propiedades organolépticas y físicas del AE de limón.....	13
2.3.2 Propiedades químicas del aceite esencial de limón.....	14
2.3.3 Aplicaciones del aceite esencial de la cáscara de limón	14
2.4 Métodos de Extracción del AE.....	15
2.4.1 Extracción por Hidrodestilación.....	15
2.4.2 Extracción por Soxhlet	16
2.4.3 Extracción por Destilación Fraccionada.....	16
2.4.4 Extracción con Fluidos Supercríticos (FSC).....	16
2.5 Fluidos Supercríticos.....	17
2.5.1 Generalidades de los FSC	17
2.5.2 Condicionamientos de los FSC	17
2.6 Harina no convencional (HNC).....	19
2.6.1 Tipos de harina no convencional.....	19
2.6.2 Aplicación de la harina no convencional	19
2.7 Infusiones	20
2.7.1 Requisitos para hierbas aromáticas	21
2.8 Metodología de superficie de respuesta (MSR)	22
CAPITULO III	23
3. MARCO METODOLÓGICO	23
3.1. Ubicación de la investigación.....	23
3.1.1 Localización de la investigación	23
3.1.2 Situación geográfica y climática de la localidad	23
3.1.3 Zona de vida	24
3.2 Materiales	24
3.2.1 Material experimental.....	24
3.2.3 Material de laboratorio	24
3.3 Equipos.....	25
3.4 Reactivos	25
3.5 Métodos	25
3.5.1 Factores del estudio.....	25

3.5.2 Tratamientos.....	26
3.5.3 Características del experimento.....	27
3.5.4 Diseño experimental.....	27
3.5.5 Modelo de análisis de varianza (ANOVA)	28
3.5.6 Pruebas de rangos múltiples	29
3.6 Metodología experimental.....	29
3.6.1 Caracterización físico-química y elemental del limón.....	29
3.6.2 Parámetros de operación	34
3.6.3 Obtención de harina no convencional	36
3.6.4 Análisis del aceite esencial de la cáscara de limón mandarina ...	39
3.6.5 Análisis bromatológico de la harina no convencional.....	40
3.6.6 Análisis microbiológico de la harina no convencional	42
3.7 Proceso para la elaboración de té aromático	44
3.7.1 Diagrama de flujo para la elaboración de Té	44
3.7.2 Análisis sensorial del té verde con HNC de cáscara de LM.	45
CAPÍTULO IV	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 Caracterización físico-química y elemental del limón mandarina	46
4.1.1 Propiedades físico-químicas del limón mandarina.....	46
4.1.2 Análisis químico de la cáscara de limón mandarina	47
4.1.3 Análisis elemental de la cáscara de limón mandarina.....	48
4.2 Resultado de la optimización de la extracción de AE con FSC	49
4.2.1 Obtención del residuo resultante tras la extracción.....	50
4.2.2 Cinética de rendimiento del aceite esencial y residuo.....	51
4.2.3 ANOVA de rendimiento en la optimización de extracción	53
4.2.4 Optimización de respuesta para el rendimiento	58
4.2.5 Calidad del aceite esencial de cáscara de limón mandarina	59
4.3 Análisis bromatológico y microbiológico de HNC.....	63
4.4 Resultados del análisis sensorial de Té verde con HNC de cáscara de LM	64
4.5 Presentación del producto terminado Té con adición de limón	75
4.6 Comprobación de Hipótesis	75

CAPÍTULO V	77
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1.1 Conclusiones	77
5.1.2 Recomendaciones.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Descripción	Pág.
1.	Clasificación taxonómica del limón mandarina.....	8
2.	Composición físico-química de la cáscara del limón.....	11
3.	Características organolépticas y físicas del AE de cáscara de limón.....	13
4.	Características químicas del AE de la cáscara de limón	14
5.	Propiedades de los fluidos supercríticos	18
6.	Productores nacionales de infusiones naturales y medicinales.....	20
7.	Requisitos físicos- químicos	21
8.	Requisitos microbiológicos.....	21
9.	Contenido máximo de contaminantes	21
10.	Localización de la investigación	23
11.	Aspectos generales del territorio.....	23
12.	Equipos de laboratorio	25
13.	Factores de estudio para extracción con FSC de aceite esencial	26
14.	Combinación de los tratamientos	26
15.	Criterios de la experimentación	27
16.	Modelo de análisis de varianza (ANOVA), para MSR.....	28
17.	Parámetros de operación empleados para el proceso de extracción	35
18.	Requisitos bromatológicos para harinas especiales	40
19.	Requisitos microbiológicos.....	42
20.	Propiedades físico-químicas de LM proveniente del Cantón Shushufindi	46
21.	Propiedades químicas de la cáscara de limón mandarina	47
22.	Análisis elemental de la cáscara de limón mandarina.....	48
23.	Aceite esencial y residuo obtenido con la extracción por FSC.....	49
24.	Rendimientos de aceite esencial y residuo de la cáscara de LM.....	51
25.	ANOVA para rendimiento en la extracción de aceite esencial.....	53
26.	Optimización en la maximización del proceso de extracción con FSC	58
27.	Compuestos volátiles del AE de LM mediante cromatografía de gases.	62
28.	Resultado del análisis bromatológico de la HNC de la cáscara de LM	63
29.	Resultado del análisis microbiológico de la HNC de cáscara de LM	64

30. Resultado de 5 puntos de los jueces para la formulación 1.....	65
31. Resultado de 5 puntos de los jueces para la formulación 2.....	65
32. Resultado de 5 puntos de los jueces para la formulación 3.....	66
33. Análisis de varianza para el atributo Olor.....	67
34. Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Olor por Formulaciones.....	68
35. Análisis de varianza para el atributo Color.....	69
36. Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Color por Formulaciones.....	69
37. Análisis de varianza para el atributo Sabor.....	70
38. Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Sabor por Formulaciones.....	71
39. Análisis de varianza para el atributo Aroma.....	72
40. Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Aroma por Formulaciones.....	72
41. Análisis de varianza para el atributo Aceptabilidad.....	73
42. Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Aceptabilidad por Formulaciones	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
1.	Limón Mandarina (Citrus x limonia)	7
2.	Partes del fruto de limón mandarina.	10
3.	Estructura de la cáscara de limón.....	10
4.	Subproductos de la cáscara del limón mandarina	12
5.	Diagrama tridimensional de presión, volumen y temperatura para FSC ...	18
6.	Región de operabilidad y experimental en MSR	22
7.	Diagrama de flujo para harina no convencional	38
8.	Diagrama de proceso para elaboración de un té	44
9.	Cinética de rendimiento para extracción de aceite esencial por FSC	52
10.	Cinética de rendimiento para el residuo en el proceso de extracción	52
11.	Diagrama de Pareto para el rendimiento en el proceso de extracción	54
12.	Gráfica de probabilidad normal para rendimiento	56
13.	Gráfica del contorno de la superficie de respuesta estimada	56
14.	Gráfica de superficie de respuesta	57
15.	Identificación de área y tiempo de retención de los compuestos volátiles	60
16.	Identificación de picos altos y bajos de los compuestos volátiles	60
17.	Perfil sensorial del té verde con HNC de cáscara de LM	66
18.	Gráfica de medias para el atributo Olor	68
19.	Gráfica de medias para el atributo Color	70
20.	Gráfica de medias para el atributo Sabor	71
21.	Gráfica de medias para el atributo Aroma	73
22.	Gráfica de medias para el atributo Aceptabilidad	74
23.	Etiqueta del producto final	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	Descripción
1.	Localización de la investigación
2.	Caracterización de las propiedades físico-químicas del LM
3.	Análisis químico y proximal de la cáscara de LM
4.	Resultados de las propiedades físico-químicas de LM proveniente del Cantón Shushufindi
5.	Cinética de extracción de aceite esencial de limón mandarina por FSC
6.	Obtención de aceite esencial por FSC y recuperación de residuo
7.	Análisis de los indicadores de calidad en aceite esencial
8.	Análisis bromatológico y microbiológico de la harina no convencional
9.	Análisis sensorial del té verde con HNC de cáscara de LM
10.	Ficha de evaluación sensorial
11.	Resultados de laboratorio
12.	Glosario

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue el aprovechamiento de la cáscara de limón mandarina (*Citrus limonia*) proveniente del Cantón Shushufindi - Ecuador en la extracción de aceite esencial y obtención de un tipo de harina no convencional para su aplicación en un nuevo producto agroindustrial. Se realizó análisis físico – químico y proximal de la materia prima y posteriormente se extrajo su aceite esencial mediante el método de fluido supercrítico utilizando CO₂ como solvente. Para obtener un óptimo rendimiento en el proceso de extracción se evaluó los parámetros de operación aplicando la Metodología de Superficie de Respuesta con diseño Box-Behnken en sus tres niveles alto, medio y bajo estableciendo tres factores para su análisis estadístico; Factor A (presión) 25:35:45 MPa, Factor B (temperatura) 50:57.5:65 °C y Factor C (tamaño de partícula) 0.25: 0.88: 1.5 mm, logrando maximizar el rendimiento a 0.89 %. Aplicando los parámetros, Presión 45 MPa, Temperatura 55°C y Tamaño de partícula 0.55mm, posterior se analizó mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas los componentes volátiles presente en el aceite esencial extraído, obteniendo 7 picos altos predominando el componente D- Limoneno con tiempo de retención 6.006 min. Finalmente se recuperó 96 % del residuo retenido en el vessel de extracción que fueron reprocesados para la obtención de un tipo de harina no convencional, misma que se analizó bromatológicamente y microbiológicamente presentando resultados que cumplen con requisitos de calidad e inocuidad alimentaria según NTE INEN 616. La harina no convencional se empleó en la formulación de un té aromático, al aplicar un análisis sensorial obtuvo mayor porcentaje de aceptabilidad para la formulación N°2: Té verde 90% con harina no convencional de cáscara de limón mandarina 10%. En conclusión, la extracción mediante FSC contribuye a un máximo aprovechamiento de residuos (cáscara del limón) obteniendo subproductos de calidad.

Palabras clave: Cáscara, Fluido supercrítico, Harina no convencional, Limón mandarina

SUMMARY

The objective of this research was the use of mandarin lemon peel (*Citrus limonia*) from the Shushufindi Canton - Ecuador in the extraction of essential oil and obtaining a type of non-conventional flour for application in a new agro-industrial product. A physical-chemical and proximal analysis of the raw material was carried out and its essential oil was subsequently extracted using the supercritical fluid method using CO₂ as a solvent. To obtain optimal performance in the extraction process, the operating parameters were evaluated by applying the Response Surface Methodology with Box-Behnken design in its three high, medium and low levels, establishing three factors for statistical analysis; Factor A (pressure) 25:35:45 MPa, Factor B (temperature) 50:57.5:65 °C and Factor C (particle size) 0.25: 0.88: 1.5 mm, maximizing performance at 0.89 %. Applying the parameters, Pressure 45 MPa, Temperature 55°C and Particle size 0.55mm, the volatile components present in the extracted essential oil were subsequently analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry, obtaining 7 high peaks predominating the D-component. Limonene with retention time 6,006 min. Finally, 96% of the residue retained in the extraction vessel was recovered and reprocessed to obtain a type of non-conventional flour, which was analyzed bromatologically and microbiologically, presenting results that are within the quality and food safety requirements. The non-conventional flour was used in the formulation of an aromatic tea which, when applying a sensory analysis, obtained a higher percentage of acceptability for formulation No. 2: Green tea 90% with mandarin lemon peel flour 10%. In conclusion, FSC extraction contributes to maximum use of waste (lemon peel) obtaining quality by-products.

Keywords: Peel, Supercritical fluid, Unconventional flour, Tangerine lemon

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El limón mandarina (*Citrus limonia*) es un fruto cítrico, producto nativo de las zonas costeras, tropicales y subtropicales, es un híbrido entre la mandarina (*Citrus reticulata*) y el limón (*Citrus limon*), si bien es cierto es un cultivo de producción silvestre que se encuentran en la mayoría de las provincias del Ecuador. Para Macías & Moreira (2019) de acuerdo al MAG se producen 5247 hectáreas de limón sutil y amarillo (limones comerciales), según ESPAC (2022) no se encuentra información de la productividad del limón mandarina, esto, debido a que es considerado como producto alternativo de uso estacionario en las épocas de verano cuando la cosecha del resto de variedades de limón es baja. Una producción significativa del limón mandarina se encuentra en las regiones Amazónica y Costa, concentrada en los meses diciembre y marzo lo que representa el 60% de la producción nacional el resto se cosecha en verano.

El consumo del limón mandarina lo realizan las familias que habitan en las zonas donde crece de manera natural, comúnmente es utilizado para jugos caseros, curtir alimentos, alimentación animal y en el peor de los casos se descomponen en las matas debido a sus dos preocupantes limitaciones, su característico zumo es más agrio (meyer) que el resto de las variedades de limones y su corta vida útil, por lo que resulta de gran interés ofrecer al mercado nuevas formas de consumir esta fruta, cumpliendo con las expectativas de calidad y que sean asequibles para la población.

De la obtención del zumo para los jugos naturales, se genera desperdicio como son la cáscara, semillas y pulpa. Estudios realizados por Medina (2022) indican que en la cáscara se encuentran sustancias medicinales muy importantes tales como la vitamina C, el ácido cítrico, ácido fórmico, ácido málico, flavonoides polifenólicos, citronela, felandreno, aceite esencial entre otras. Los residuos del limón mandarina al igual que el de otros tipos de materias primas generados tras la obtención de productos de primer orden representan un problema medioambiental cuando no son aprovechados de manera racional, éstas además del producto deseado generan subproductos, residuos y desechos fuera de norma (Vargas, Figueroa, Tamayo, &

Toledo, 2019). Actualmente a nivel mundial existe un crecimiento innovador en la utilización de estos desechos, para ser valorados en la reutilización dentro de toda la línea de producción. La disponibilidad de este cítrico logra que se genere un gran volumen que pueden transformarse en nuevos ingredientes comestibles, principalmente destinados para la obtención de pectinas, polvos alimenticios, harinas con alto porcentaje en fibra y otros compuestos valiosos como el aceite esencial (Lucio & Vásconez, 2022).

El aceite esencial representa la fracción líquida – volátil presente en el epicarpio de los cítricos, siendo las sustancias responsables del olor y sabor de algunos productos farmacéuticos o alimenticios. En particular la cáscara del limón constituye el 15 % de su peso total, es una fuente constituida de compuestos volátiles, el limoneno 65%, β -Pinenos 20%, γ -Terpineno 8% entre otros (Morocho, Pacheco, Verdugo, Domínguez, & Echavarría, 2021). La aplicación de equipos tecnológicos en los últimos tiempos ha contribuido a la optimización de los recursos medioambientales y económicos como es el caso de la Extracción por Fluidos Supercríticos (FSC), es decir que para esta operación se utiliza comúnmente Dióxido de Carbono (CO_2) que actúa como disolvente, lo que aporta a que los productos obtenidos mantengan sus propiedades.

Los residuos generados durante la extracción del aceite esencial obtenido de la cáscara de limón mandarina también representan un problema al final de la cadena alimentaria por lo que nuestro proyecto de investigación se enfoca en lograr una producción más limpia, es decir aprovechar dichos residuos como ingredientes alternativos.

1.2 PROBLEMA

1.2.1 Planteamiento del problema

En el Cantón Shushufindi el limón mandarina es considerado un fruto nativo, su alta productividad se atribuye a las condiciones climáticas y edáficas que mantiene la región amazónica. Según últimos datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), existen 4 377 ha.; distribuidas en Manabí (32%), Cotopaxi (21%), Guayas (13%), Loja (9%), El Oro (9%), Imbabura (4%) y en otras provincias subtropicales (12%), calculando que se producen unas 23 805 toneladas al año y el rendimiento llega a 4 720 kilogramos por hectárea (Mero, 2020). Estos datos establecen una sobreproducción de la fruta en diferentes épocas del año, lo que al no ser aprovechadas adecuadamente incrementa la generación de residuos sólidos que conllevan a la contaminación ambiental.

La bibliografía referida a los usos del fruto es escasa y, en general, se confunden con los limones amarillos (limón comercial). Este híbrido al igual que el resto de cítricos puede utilizarse como materia prima de varios productos de primer orden como el caso de los jugos naturales y su desecho (cáscaras, semillas, hojas) como alternativas para nuevos subproductos, es decir, obtención de pectinas, aceite esencial, polvos alimenticios etc. (Guerra, Baños, Luna, González, & Jimenez, 2020)

Sin embargo, la calidad de los diferentes subproductos puede verse afectada hasta un cierto punto por la aplicación de ciertos métodos y solventes que se utilizan para la extracción de aceites esenciales, así como los procedimientos para la preparación de polvos alimenticios y harina no convencional, en la transformación de esta materia prima.

1.2.2 Situación del problema

Con este contexto la extracción de aceites esenciales resulta ser una alternativa de aplicación de tecnología limpia que brinda la posibilidad de aprovechar hasta un 90% los desechos generados en el proceso, contribuyendo a la conservación del medio ambiente (Rosales & Velasquez, 2019). Aunque existe revisión científica acerca de la utilización del subproducto generado del limón mandarina mediante la

extracción con FSC como solvente usando CO_2 , se identifica desconocimiento de los parámetros de operación en el funcionamiento de esta tecnología para la optimización del proceso de extracción, y los estudios de los desperdicios aprovechados como harinas no convencionales.

1.2.3 Formulación del problema

En base a lo expuesto se formula nuestra pregunta general de investigación:

¿Cómo se puede aprovechar la cáscara del limón mandarina en la extracción de aceite esencial y el residuo sólido en la obtención de una harina no convencional para su aplicación agroindustrial?

1.2.4 Sistematización del problema

Para brindar cumplimiento a la pregunta general se planteó las siguientes preguntas específicas de la investigación:

¿Cuál es la composición físico - química de la materia prima a estudiar (Cáscara de limón mandarina) proveniente del Cantón Shushufindi- Ecuador?

¿Cuáles son los parámetros de operación para un óptimo rendimiento en la extracción de aceite esencial mediante FSC?

¿Cuál es la calidad de aceite esencial obtenido utilizando la extracción con FSC?

¿Cuál es la composición del residuo obtenido (harina no convencional de cáscara de limón mandarina) después de la extracción de aceite esencial utilizando CO_2 como solvente?

¿En qué producto agroindustrial se puede incorporar el residuo tipo harina no convencional de cáscara de limón mandarina?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Aprovechar la cáscara del limón mandarina (*Citrus × limonia*) en la extracción de aceite esencial y obtención de harina para su aplicación agroindustrial.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar mediante análisis físico-químico y elemental el limón mandarina proveniente del Cantón Shushufindi.
- Determinar experimentalmente el efecto de las variables de operación para un óptimo rendimiento en la extracción de aceite esencial utilizando CO_2 en condiciones supercríticas.
- Realizar análisis bromatológico y microbiológico del residuo obtenido tras la extracción (harina no convencional de cáscara de limón mandarina)
- Emplear la harina no convencional de cáscara de limón mandarina en la obtención de un nuevo producto agroindustrial.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis Nula (H_0)

El aceite esencial y la harina no convencional obtenida tras el proceso de extracción mediante FSC no cumplen con los requisitos de calidad e inocuidad para aplicar en la obtención de un nuevo producto agroindustrial.

1.4.2 Hipótesis Alternativa (H_a)

El aceite esencial y la harina no convencional obtenida tras el proceso de extracción mediante FSC cumplen con los requisitos de calidad e inocuidad para aplicar en la obtención de un nuevo producto agroindustrial.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Limón mandarina (*Citrus x limonia*)

2.1.1 Origen

Es originario de la India, el área comúnmente asociada a su origen se encuentra ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia este de Filipinas y desde el Himalaya al sur hasta Indonesia, siendo introducido en América específicamente EEUU por medio de semillas a fines del siglo XIX (Alcivar, 2022).

2.1.2 Generalidades

Limón mandarina es un cítrico híbrido resultado de la unión entre el limón (*Citrus × limon*) y la mandarina (*Citrus reticulata*) considerada dentro de la familia de las rutáceae (Aucatoma & Santillan, 2023). Es un fruto con sabor característico muy agrio, su pulpa es de color anaranjada, su cáscara tiene color naranja y verde de acuerdo con su estado de madurez, de tamaño regularmente pequeño y mediado que oscila los 3 y 4 cm, de forma redonda achatada en uno de sus extremos con apariencia rugosa (Sornoza 2022)

Figura 1

Limón Mandarina (Citrus x limonia)



Nota: Forma ilustrativa del limón mandarina (Aucatoma & Santillan, 2023).

Es un cítrico de producción nativa de las zonas tropicales, comúnmente se lo encuentra en huertos familiares formando parte de los ornamentales de dichas familias (Granda, 2021). Si bien es cierto es muy apreciado por las amas de casa debido a la adaptabilidad al clima que se encuentra entre los 18°C – 30°C su buena producción en épocas de verano y la cantidad de zumo que se puede obtener.

2.1.3 Taxonomía del limón mandarina

Tabla 1

Clasificación taxonómica del limón mandarina

Limón Mandarina (<i>Citrus x limonia</i>.)	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Tracheobionta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Aurantioideae
Tribu	Citreae
Género	<i>Citrus</i>
Especie	<i>Citrus x limonia</i>
Nombre común	Limón mandarina

Nota. Descripción de la taxonomía del limón mandarina (Aucatoma & Santillan, 2023).

2.1.4 Características morfológicas del limón

A continuación, se describe la composición estructural en función de sus órganos.

Árbol

Generalmente es un árbol frondoso de tamaño variando entre 2,5 a 7 m. es preferible mantenerlo podando para una mejor producción, es erecto, su copa es redonda, irregular y asimétrica (Mora, 2022).

Tallo

Es pequeño y sus ramas se encorvan en dirección al suelo, las ramas que van creciendo lo hacen de manera vertical, pero durante su desarrollo por el hecho de servir como sostén del fruto éstas se van doblando levemente hasta llegar a una forma horizontal y otras encorvadas (García & Granja, 2020). En las partes inferiores de las ramas presentan espinos, algunas ramas un poco tiernas pueden carecer de espinas o ser pequeñas algo gruesas de hasta 7 mm de tamaño. Presenta numerosas ramificaciones delgadas de donde generalmente se desarrollan el resto de sus órganos como hojas, flores y frutos (Sornoza, 2022).

Hojas

Son de forma elíptica, color verde las hojas tiernas y de acuerdo a su madurez van tornando a verde oscuro, su limbo es variado y va desde 7.6 a 12 cm de largo (Flores, 2022).

Inflorescencias

Se les considera de tal manera a aquellas florecillas que no producen, también se les denomina flores solitarias, son axilares y se van formando en pequeños grupos (Quirumbay, 2021).

Flores

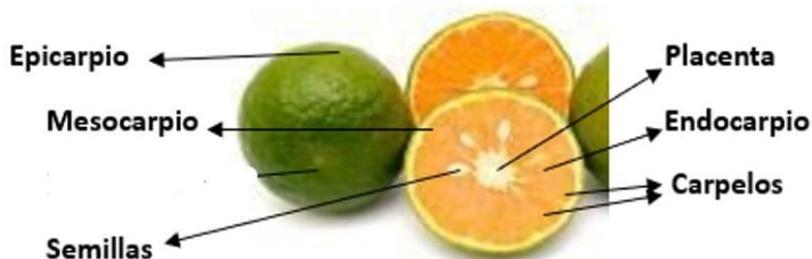
Normalmente son de color blanco que se tiñen de un morado tipo púrpura, son hermafroditas, su cáliz contiene 5 lóbulos y su corola tiene 5 pétalos libres entre sí. Contiene una glándula nectarífera en su base y sus estambres van unidos en grupos de tres (Santana, 2020).

Fruto

De tipo cítrico, es carnosos de hasta 12.5 cm, ovoide con algunos achatamientos en sus lados, característico rugoso color verde y naranja de piel gruesa en donde se marcan incrustaciones de color café sobre ella (Vera, 2023).

Figura 2

Partes del fruto de limón mandarina.



Nota. Identificación de la estructura del limón mandarina (Farinango & Ramos, 2024)

2.2 Cáscara del limón mandarina

2.2.1 Aspectos generales

La cáscara de los cítricos representa casi la mitad del peso del fruto (40-50%), lo que genera miles de toneladas de residuos sólidos durante su procesamiento para la obtención de zumos. (Urrunaga, Del Carpio, Gutierrez, & Tomaylla, 2022).

Figura 3

Estructura de la cáscara de limón



Nota. Cáscara de los cítricos con sus partes. Obtenido de (Córdova & Velasquez, 2021)

El epicarpio llamado flavedo, presenta pigmentación por los carotenoides de color naranja, hacia el interior, el mesocarpio, carnoso de color blanco llamado albedo. Hacia el centro siguen los carpelos llamados gajos que están conformados por vesículas jugosas de las que se extrae el zumo (Córdova & Velasquez, 2021)

Las cáscaras son una fuente importante de componentes bioactivos como los compuestos fenólicos, aceite esencial, carotenoides y ácido ascórbico. Es un subproducto agroindustrial con fuente de fibra dietética, cantidades suficientes de fibra dietética soluble e insoluble, con capacidad de absorción de agua, y un efecto positivo en el crecimiento de las bacterias benéficas, pero negativo en el de las patógenas (EEAOC, 2023).

2.2.2 Composición físico-química de la cáscara de limón

Tabla 2

Composición físico-química de la cáscara del limón

Nutriente	Cantidad
Fibra	11 g
Proteína	1.5 g
Calcio	134 mg
Vitamina C	129 mg
Piridoxina	0,17 mg
Riboflavina	0.08 mg
Ácido Pantoténico	0.32 mg
Flavonoides, Pectinas (Sustancias vegetales secundarias)	Muchos

Nota. Composición físico-química presente en cáscara de limón. Obtenido de (Córdova & Velasquez, 2021).

2.2.3 Beneficios y aplicaciones de la cáscara de limón

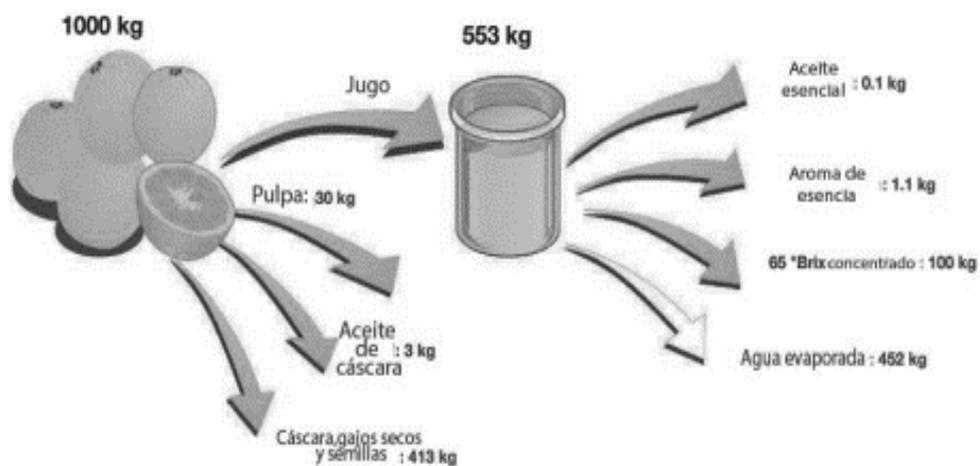
Según Albuja (2023) las cáscara de cítricos ayuda a eliminar las toxinas del organismo, favorece la digestión, combate la hinchazón abdominal, fortalece las defensas y el sistema inmunológico con alto contenido en Vitamina C, ayuda a controlar la presión arterial, su poder antibacteriano y antiviral permite inhibir y ayudar en la industria agrícola como insecticida natural.

Los cítricos son importantes por su aporte en vitamina C; asimismo, los polifenoles muestran interés por sus efectos benéficos hacia la salud (Ordoñez, Reategui, & Villanueva, 2018)

Por otro lado, para Ambriz et al., (2020) la biomasa residual de la cáscara de limón es beneficiosa para analizar su potencial uso como fuente de biogás su trabajo proporcionó una base para la exploración del potencial uso energético de los residuos generados por la industria del limón.

Figura 4

Subproductos de la cáscara del limón mandarina



Nota. Subproductos derivados de los cítricos. Obtenido de (Cerna & Torres, 2020)

Las cáscaras de la mayoría de cítricos tienen su destino principalmente en la producción de pectinas, aceites esenciales, infusiones, compost, alimentación animal y gasificación.

Las pectinas son polímeros de las unidades de ácido D-galacturónico (AGA) conexos por uniones glucosídicos α -1,4, que se encuentra parcialmente esterificado el grupo carboxilo con metanol, así pues, se le denomina Homogalacturonano (HG) (Rubiano, Montaña, & Da Silva, 2022). Las pectinas son polisacáridos que las industrias alimentarias los utilizan como aditivos, generalmente son añadidas en la elaboración de gelatinas, jaleas, mermeladas (Franco, 2019). En las agroindustrias la obtención de nuevos productos como las pectinas son apreciadas por sus propiedades estabilizantes, espesantes, gelificantes, emulsificantes que son obtenidas a partir de cáscaras (Del Puerto & Maldonado, 2022).

2.3 Aceite esencial (AE)

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter, aceites vegetales y minerales (Vaca, 2023). El aceite esencial a partir de la cáscara de los cítricos es uno de los más valorizados debido a su intensidad de aroma, puesto que sus compuestos volátiles son muy estudiados y analizados dentro de la industrias, farmacéutica, alimentaria y medicina natural (Espinel, 2020).

2.3.1 Propiedades organolépticas y físicas del AE de limón.

De acuerdo a Pinto (2020) las propiedades organolépticas son aquellas que podemos percibir con los sentidos sin utilizar ningún instrumento de estudio, siendo los primeros datos para nuestro estudio, aunque estos pueden variarse según el origen o tiempo.

Tabla 3

Características organolépticas y físicas del AE de cáscara de limón

Características organolépticas	Resultados
Color	Ligeramente verde y anaranjado
Olor	Cítrico, fresco, intenso
Sabor	No picante
Aspecto	Líquido fluido
Propiedades fisicoquímicas	
pH	4,7 ± 0,01
Densidad (20°C)	0,844 g/mL ± 0,02
Índice de refracción (20°C)	1,472 ± 0,01

Nota. Características organolépticas físicas del AE de la cáscara de limón (Urrunaga et al., 2022)

Cuando hablamos de las propiedades físicas de los AE se puede mencionar que se encuentran en estado fase líquida en temperatura ambiente (18°C), con una densidad inferior al agua y son solubles en alcoholes (Urrunaga et al., 2022).

2.3.2 Propiedades químicas del aceite esencial de limón

Tabla 4

Características químicas del AE de la cáscara de limón

Pico	IR Calc	Componente	Peso molecular (g/mol)	Tipo	Porcentaje %
1	989	α -pineno	136,24	MH	1,5
2	1009	β -pineno	136,24	MH	25,1
3	1020	Mirceno	136,24	MH	3,2
4	1034	α -terpineno	136,24	MH	0,8
5	1042	Limoneno	136,24	MH	37,7
6	1051	Z- β -ocimeno	136,24	MH	1,2
7	1058	E- β -ocimeno	136,24	MH	5,6
8	1064	γ -terpineno	136,24	MH	1,4
9	1101	Linalool	154,25	MO	4,1
10	1148	Citronelal	154,25	MO	4,9
11	1166	Terpinen-4-ol	154,25	MO	1,9
12	1234	Neral	152,23	MO	1
13	1266	Geranial	152,23	MO	1,2
14	1356	Acetato	198,3	MO	0,7
15	1368	Eugenol	164,2	MO	1,2

Nota. *Obtenido de (Urrunaga et al., 2022)*

2.3.3 Aplicaciones del aceite esencial de la cáscara de limón

Los aceites esenciales tienen una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos industriales y científicos.

Medicina

Dentro de los usos importantes del aceite esencial de cítricos se destaca su actividad antimicrobiana contra microorganismos; *Listeria monocytogens* y *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* (Pérez, 2019).

Odontología

Estudios por Sin et al., (2021) muestran que se han desarrollado algunos productos odontológicos como pastas y colutorios que llevan en su composición aceites esenciales de cítricos y que han sido utilizados para eliminar la halitosis, de manera de suplantar los productos químicos utilizados con fines mecánicos para la desorganización y remoción del biofilm dental.

Industria de productos de limpieza

Castillo, (2020) indica en su investigación la extracción de aceites esenciales de los residuos de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis L.*), mandarina (*Citrus reticulata*) y limón (*Citrus aurantifolia Swingle*) para su uso como aditivo en la elaboración de un jabón artesanal, donde son los responsables de dar fragancias.

Industria de alimentos y derivados

Se han utilizado como potenciadores del sabor para todo tipo de bebidas, galletas, helados, golosinas, productos lácteos, entre otros. También al ser antimicrobiano y antioxidante se usa como conservantes naturales, por su gran potencial, pueden actuar contra los microorganismos patógenos que causan enfermedades en los consumidores (Ceballos & Londoño, 2022).

Industria cosmética y farmacéutica

Vélez et al. (2019), indican que sus principios activos tienen una importancia económica en la elaboración de lociones anti estresantes, splash, gel reductor, capsulas con altas capacidades antioxidantes.

2.4 Métodos de Extracción del AE

2.4.1 Extracción por Hidrodestilación

Debido a la Ley de Dalton, si uno de los líquidos es agua (destilación por arrastre con vapor de agua) y si se trabaja a la presión atmosférica, se podrá separar un

componente de mayor punto de ebullición que el agua a una temperatura inferior a 100°C (Vaca, 2023). Por lo mencionado, se llama hidrodestilación a la destilación de las diferentes matrices por medio de vapor de agua, lo que se produce en este método es que el vapor de agua arrastra el aceite que contiene las materias primas, dichos aceites esenciales tienen un punto ebullición más alto al del agua sin embargo al estar combinado con el agua muestra un punto de ebullición más bajo y es por eso que se logra destilar (Luna, 2023).

2.4.2 Extracción por Soxhlet

Este método consiste en la extracción de los bioactivos que contienen las diferentes partes de la planta mediante la adición de un solvente para obtener el producto deseado. Toapanta, Delgado, Santamaría, García, & Delgado (2022) mencionan que la Extracción por Soxhlet es un procedimiento donde la muestra sólida pulverizada es colocada en un cartucho de material poroso situado en la cámara del extractor soxhlet, se calienta el disolvente extractante, al condensar sus vapores caen gota a gota sobre el cartucho que contiene la muestra, extrayendo los analitos solubles. Lo que hace el extractor Soxhlet es realizar un sin fin de extracciones de manera automática, con el mismo solvente que se evapora y condensa llegando siempre de manera pura al material (Viera & Morales, 2020)

2.4.3 Extracción por Destilación Fraccionada

La destilación fraccionada consiste en la separación de los componentes según las diferencias de volatilidad (Cordero, 2021). Este método se utiliza para la separación de mezclas homogéneas con diferentes puntos de ebullición, como ejemplo se puede tomar a los líquidos miscibles (propiedad de ciertos líquidos para mezclarse y formar una nueva disolución (Barragán, 2022). El montaje del equipo de destilación se añade una columna de rectificación sea, columna de relleno, columna vigreux, etc. dependiendo el experimento (Avilés & Días, 2021).

2.4.4 Extracción con Fluidos Supercríticos (FSC)

Su característica principal es el uso del tipo de disolvente que trabaja en condiciones super críticas en este sentido el CO₂ al calentarse actúa como tal logrando que las

matrices sólidas en estudio puedan disolverse y así extraer los componentes deseados de las muestras (Cornejo & Huaranga, 2022).

Para (Vera & Quiroz, 2021) una precipitación total del soluto consiste en que el solvente en su estado supercrítico se caliente por encima de la temperatura de saturación para lograr su fase gaseosa, seguidamente el material extraído o soluto es recolectado en un separador mientras el solvente que se encuentra en estado gaseoso deja el recipiente de separación por la parte superior y recircula hacia el envase de extracción. Generalmente para este tipo de extracciones se usan matrices en estado sólidos previamente sometidas a secado o deshidratación para ser molidas y minimizar los tamaños de partícula. El Objetivo de un extractor por FSC es trabajar sin presencia de disolventes tóxicos.

2.5 Fluidos Supercríticos

2.5.1 Generalidades de los FSC

El fluido supercrítico es considerado todo tipo de sustancia que se encuentra a una temperatura y presión por encima del punto crítico termodinámico, una de sus propiedades principales es de difundirse a través de los sólidos como gas, mediante el cual se disuelven los materiales como un líquido. El estado termodinámico de un componente puro está determinado por tres variables: la presión P , el volumen V y la temperatura T . Según (Mosquera, 2021) existe relación entre las variables, conocida como ecuación de estado y se representa en el diagrama tridimensional de P , V y T . Todo componente puro, según el valor de esos parámetros, puede ser, un gas, líquido o sólido.

2.5.2 Condicionamientos de los FSC

La presión y la temperatura son aquellos parámetros relevantes para aquellas reacciones supercríticas ya que permiten ajustar las propiedades de la mezcla o del solvente (Cornejo & Huaranga, 2022).

En la tabla 5 se indica las propiedades en su estado crítico de algunos compuestos comúnmente usados como FSC. De los cuales el Dióxido de carbono es más

utilizado por las diferentes ventajas: no inflamable, no tóxico, no es costoso, no corrosivo, no deja residuos es decir se elimina fácilmente (Hidalgo, 2022).

Tabla 5

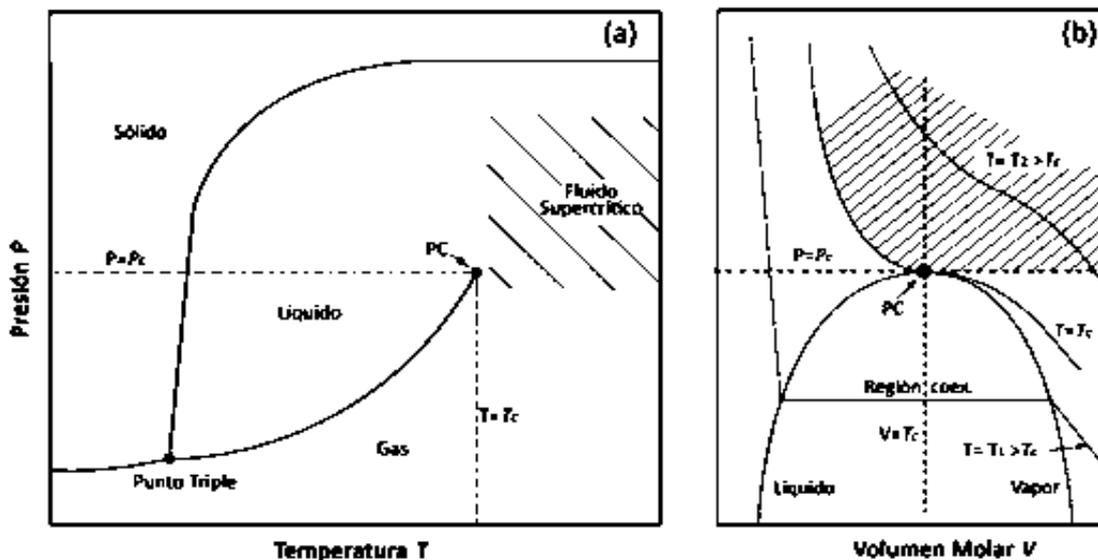
Propiedades de los fluidos supercríticos

FSC	T (°C)	P (bar)	$\rho \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$
Acetileno	36	62.47	232.14
Acetona	235	47	278.00
Agua	374	220.9	322.60
Dióxido de carbono	31	73.86	467.60
Etano	32	48.71	135.75
Etanol	240.4	61.40	276.00
Etileno	9	50.40	195.8
Metano	-83	45.95	161.43
Metanol	239.4	80.90	272.00
Propano	97	42.47	225.64
Propileno	91.8	46	232.00

Nota. Extracción mediante CO2 supercrítico. Obtenido de (Hidalgo, 2022)

Figura 5

Diagrama tridimensional de presión, volumen y temperatura para FSC



Nota. Estado supercrítico del solvente. Obtenido de (Hidalgo, 2022)

2.6 Harina no convencional (HNC)

Las harinas no convencionales se obtienen de materias primas diferentes al de granos secos, es decir son aquellas harinas procedentes de fuentes animales o vegetales, éstas a su vez logran mezclarse entre sí o con otras materias primas que generalmente contienen valor tecnológico o nutricional para la obtención de nuevos productos (Valencia & Montoya, 2021).

2.6.1 Tipos de harina no convencional

Harina de pseudocereal. - provenientes de las siguientes materias primas: Quinua, alforfón, garbanzo, legumbres, guisantes, lenteja.

Harina de vegetales. - provenientes de los vegetales con importancia nutricional: Brócoli, espinaca, apio.

Harina de tubérculos. - proveniente de las raíces de materias primas o tubérculos: Yuca, remolacha, zanahoria, papa.

Harina de frutos. - entre las que se emplean, cítricos, frutos dulces (manzana, guayaba, pera).

Harina de animales. - las más comerciales son de pescado, plumas de pollo, grillo.

2.6.2 Aplicación de la harina no convencional

La importancia destaca que las harinas no convencionales logran utilizarse para obtener distintos tipos de alimentos, sea como materia prima principal o una mezcla con harinas convencionales como la de maíz o trigo. El objetivo es modificar el perfil nutricional o sensorial de otros subproductos satisfaciendo las necesidades del consumidor final (Zambrano, 2022).

De acuerdo a las propiedades organolépticas, las harinas no convencionales presentan una mejor característica como color, sabor, y aceptabilidad general, por el cual pueden ser empleadas en alimentación humana o animal, las características sensoriales están influenciadas de acuerdo a la cantidad de sustitución realizada, o el reemplazo de componentes de la matriz (Guevara, 2021)

2.7 Infusiones

Las infusiones son bebidas elaboradas generalmente a partir de hierbas aromáticas, cortezas u hojas de algunas plantas que contienen gran relevancia en la industria alimentaria por sus beneficios y propiedades que ofrecen al consumidor. Sirven como antioxidantes y sus efectos diuréticos ayudan al organismo de las personas, antiguamente eran usadas como remedios naturales para mejorar la salud de las personas (Albuja, 2023).

Datos de la Superintendencia de Compañías correspondientes al 2023 existen alrededor de trece industrias que se dedican a la producción y comercialización de productos derivados de plantas medicinales y aromáticas (Bravo, 2022). En la siguiente Tabla se muestra los productores nacionales de infusiones de plantas aromáticas y medicinales.

Tabla 6

Productores nacionales de infusiones naturales y medicinales

Provincia	Razón Social
Pichincha	<ul style="list-style-type: none">• Hierbas Naturales y Medicinales de Pusuquí• Proconsumo S.A• Ecuain• Compañías Ecuatorianas del Té (CETCA)• Aroma Melis
Tungurahua	<ul style="list-style-type: none">• Aromas de Tungurahua
Bolívar	<ul style="list-style-type: none">• Grupo Salinas (Salinerito)
Chimborazo	<ul style="list-style-type: none">• Asociación Productora de plantas medicinales de Chimborazo JAMBI KIWA (Empacado por CETCA)
Loja	<ul style="list-style-type: none">• Asociación agroartesanal de productores de plantas secas medicinales del Ecuador (Empacado por CETCA)• Industria Lojana de especerías (ILE)• Induloja• La Sureñita S.A.
Los Ríos	<ul style="list-style-type: none">• Oriental Industria Alimentaria O.I.A Cía. Ltda.

Nota. Productores Nacionales de Infusiones – Superintendencia de compañías (Bravo, 2022).

2.7.1 Requisitos para hierbas aromáticas

NTE INEN 2392

“Hierbas Aromáticas” esta denominación comprende a ciertas plantas o partes de ellas (raíces, rizomas, bulbos, hojas, cortezas, flores, frutos y semillas) que contienen sustancias aromáticas y que por dichos aromas y sabores se destinan a la preparación de infusiones.

Las hierbas aromáticas deben cumplir los requisitos establecidos en las siguientes tablas:

Tabla 7

Requisitos físicos- químicos

Requisitos	Máx.	Método
Humedad (%)	12	NTE INEN 1114
Cenizas insolubles en HCl al 10% (% m/m)	2	NTE INEN 1118

Nota. Obtenido de (NTE INEN 2392)

Tabla 8

Requisitos microbiológicos

Requisitos	Máx.	Método
Aerobio Totales ufc/g	1×10^7	NTE INEN 1529 -5
Escherichia coli ufc/g	1X10	NTE INEN 1529-7
Enterobacteriaceas ufc/g	1×10^3	NTEN INEN 1529-13
Mohos y Levaduras ufc/g	1×10^4	NTEN INEN 1529-10
Clostridium ufc/g	AUSENCIA	NTEN INEN 1529-18
Salmonella en 1g	AUSENCIA	NTEN INEN 1529-15
Shigella en 1 g	AUSENCIA	NTEN INEN 1529-16

Nota. Obtenido de (NTE INEN 2392)

Tabla 9

Contenido máximo de contaminantes

Contaminante	mg/Kg
Arsénico, As	1,0
Plomo, Pb	0,5

Nota. Obtenido de (NTE INEN 2392)

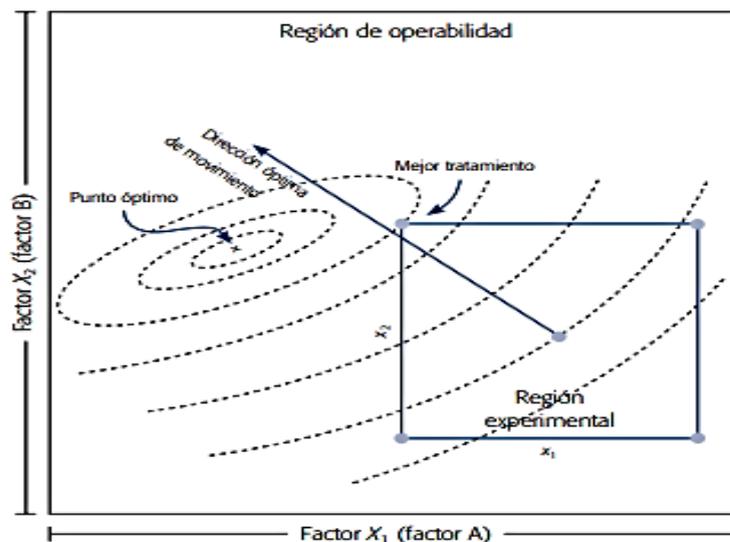
2.8 Metodología de superficie de respuesta (MSR)

La optimización de los procesos, está basado en modelos, esquemas y algoritmos matemáticos, donde se estudian variables dependientes e independientes, los cuales son usados al evaluar el comportamiento de las mismas, bajo condiciones o interacciones, lo que facilitan la toma de decisiones, al optar por uno u otro tratamiento o proceso (Díaz, 2022).

Entre un experimento MSR y un diseño experimental corriente se centra en que un diseño experimental por sí solo tiene como meta localizar el ensayo ganador o mejor tratamiento entre todos aquellos que se han evaluado, en cambio, un experimento MRS localiza las condiciones óptimas de operación del proceso (De Ramón, 2019).

Figura 6

Región de operabilidad y experimental en MSR



Nota. En la figura se identifica el mejor tratamiento y su punto óptimo, según el efecto de sus factores y niveles (Gutierrez & De la Vara, 2008).

Valdez (2017), menciona que la relación de Y (variable respuesta) $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ entre Y y los niveles de los k factores figura una superficie, es decir, con k factores la superficie está en k =1 dimensiones. Es así en un ejemplo, cuando la función $Y = f(x_1)$ solo tiene una variable independiente, la superficie se muestra en dos dimensiones, mientras que si tenemos $Y = f(x_1, x_2)$, es decir dos variables independientes, la superficie estará en tres dimensiones.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

Este estudio se llevó a cabo en el Complejo Agroindustrial de la Carrera de Agroindustria y los diferentes análisis en el Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.1 Localización de la investigación

Tabla 10

Localización de la investigación

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

Nota. Localización Laguacoto II de Guaranda (Google maps)

3.1.2 Situación geográfica y climática de la localidad

Tabla 11

Aspectos generales del territorio

Parámetros	Valor
Altitud	2604 msnm
Longitud	78°59'54" W
Latitud	01° 36' 52" sur
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	7 °C
Humedad relativa	70%
Precipitación media anual	980 mm

Nota. Tomado de Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB (2024).

3.1.3 Zona de vida

De acuerdo a la pirámide de Holdridge, L, la zona de vida de nuestro estudio se encuentra en bosque húmedo montano bajo (BHMB).

3.2 Materiales

3.2.1 Material experimental

- Cáscaras de limón mandarina (*Citrus × limonia*) proveniente del Cantón Shushufindi de la Provincia Sucumbíos.

3.2.3 Material de laboratorio

- Crisoles
- Pissetas
- Pinza
- Espátula
- Pipetas
- Probetas
- Pera de succión
- Dedales
- Desecador
- Vasos de precipitación
- Envases color ámbar
- Matraz Erlenmeyer
- Fundas metalizadas
- Papel aluminio
- Recipientes de plástico
- Cucharas
- Tamiz
- Matraz Erlenmeyer
- Mortero
- Embudos de vidrio
- Fundas herméticas
- Filter Papers

3.3 Equipos

Tabla 12

Equipos de laboratorio

Equipo	Modelo	Función	Imagen
Extractor FSC	Applied Separations	<ul style="list-style-type: none">• Extraer componentes bioactivos de diferentes matrices	
Mufla	SNO L, 8,2/11 10	<ul style="list-style-type: none">• Incineración de muestras orgánicas e inorgánicas	
Incubadora	MEMMERT	<ul style="list-style-type: none">• Secar• Incubar• Esterilizar	
Cromatógrafo	THERMO SCIENTIFI C-TRACE 1300	<ul style="list-style-type: none">• Analizar compuestos volátiles	

3.4 Reactivos

- Ciclohexano (C_6H_{12})
- Metanol HPLC (CH_3OH)

3.5 Métodos

3.5.1 Factores del estudio

Los factores considerados en la extracción de aceite esencial de cáscara de limón mandarina fueron 3 con tres niveles cada uno: Factor A: Presión 25, 35 y 45 (MPa); Factor B: Temperatura 50, 57.5, 65 ($^{\circ}C$); Factor C: Tamaño de partícula 0.25, 0.88, 1. (mm) como se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13*Factores de estudio para extracción con FSC de aceite esencial*

Factor	Código	Niveles		
		-1	0	1
Presión	A	25	35	45
Temperatura	B	50	57.5	65
Tamaño de partícula	C	0.25	0.88	1.5

Nota. Parámetros de operación para extracción con FSC (Farinango & Ramos, 2024)**3.5.2 Tratamientos**

Para determinar la combinación de los tratamientos para la extracción de aceite esencial se aplicó un Diseño Box–Behnken de Metodología de Superficie de respuesta en donde se combinaron cada uno de sus factores A, B y C con tres niveles aplicando 1 punto central con 3 réplicas al centro como se muestra la Tabla 14.

Tabla 14*Combinación de los tratamientos*

N° Tratamiento	A (MPa)	B (°C)	C (mm)
1	0	-1	-1
2	-1	-1	0
3	0	1	1
4	1	0	1
5	1	1	0
6	0	1	-1
7	0	-1	1
8	1	-1	0
9	-1	0	-1
10	1	0	-1
11	-1	0	1
12	-1	1	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

Nota. Diseño Box-Behnken de MSR (Farinango & Ramos, 2024)

3.5.3 Características del experimento

Tabla 15

Criterios de la experimentación

Criterio			
Factores experimentales	3		
Niveles factor A, B, C	Bajo (-1)	Medio (0)	Alto (1)
Puntos centrales	1		
Réplicas al centro	3		
Tamaño de la muestra	430 gr		
Variable respuesta	1		
Unidades experimentales	16		

Nota. La variable respuesta está basada en el rendimiento

3.5.4 Diseño experimental

Preliminarmente se realizó un modelo de un diseño en arreglo factorial AxBxC (2x2x2) con tres réplicas para discriminar las variables cualitativas que no influyen en el proceso, se presenta el modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable sujeta a medición

α_i = Efecto al i – ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto al j – ésimo nivel del factor B

γ_j = Efecto al j – ésimo nivel del factor C

$(\alpha\beta)_{ij}(\alpha\gamma)_{ik}(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de interacción doble de los niveles

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto de interacción triple de los niveles

μ = la media general

ε_{ijk} = Error aleatorio

A demás se amplió el estudio a un diseño experimental de Superficie de respuesta Box-Behnken, la variable de respuesta Y (%), se expresó como una función de los tres factores estudiados, A, B y C, así como sus interacciones entre cada factor, sus términos cuadráticos y el error aleatorio por lo que quedó ajustado al siguiente modelo como se indica en la ecuación.

$$Y = \beta_0 - \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_{ii}^2 \alpha_i + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

Dónde:

Y = Variable respuesta

β_0 = Término independiente

β_i y β_{ii} = son los coeficientes de los i – ésimo efectos principales y su efecto su efecto cuadrático respectivamente.

β_{ij} = ecoeficiente de interacción entre el i – ésimo y el j – ésimo factor

ε = es el error aleatorio

El análisis estadístico se lo aplicó con ayuda del software Minitab Statistical y StatGraphics.

3.5.5 Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

Se aplicó el siguiente modelo de análisis de varianza (ANOVA):

Tabla 16

Modelo de análisis de varianza (ANOVA), para MSR

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	de Grados de Libertad	de Cuadrado medio	F ₀	Valor-p
<i>Efecto A</i>	SC _A	a-1	CM _A	CM _A /CM _E	P (F > F ^A) 0
<i>Efecto B</i>	SC _B	b-1	CM _B	CM _B /CM _E	P (F > F ^B) 0
<i>Efecto C</i>	SC _C	c-1	CM _C	CM _C /CM _E	P (F > F ^C) 0
<i>Efecto AA</i>	SC _{AA}	(a-1) (a-1)	CM _{AA}	CM _{AA} /CM _E	P (F > F ^{AA}) 0
<i>Efecto BB</i>	SC _{BB}	(b-1) (b-1)	CM _{BB}	CM _{BB} /CM _E	P (F > F ^{BB}) 0
<i>Efecto CC</i>	SC _{CC}	(c-1) (c-1)	CM _{CC}	CM _{CC} /CM _E	P (F > F ^{CC}) 0
<i>Efecto AB</i>	SC _{AB}	(a-1) (b-1)	CM _{AB}	CM _{AB} /CM _E	P (F > F ^{AB}) 0
<i>Efecto AC</i>	SC _{AC}	(a-1) (c-1)	CM _{AC}	CM _{AC} /CM _E	P (F > F ^{AC}) 0
<i>Efecto BC</i>	SC _T	(b-1) (c-1)	CM _{BC}	CM _{BC} /CM _E	P (F > F ^{BC}) 0
<i>Error</i>	SC _E	ABC (n-1)	CM _E		
<i>Total</i>	SC _T				

Nota. Tomado de Gutiérrez & Salazar (2008).

3.5.6 Pruebas de rangos múltiples

Método LSD (diferencia mínima significativa)

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j$$

El modelo de LSD diferencia mínima significativa se empleó para determinar cuáles medias son más significativas diferentes de otras, indicando que muestra diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95,0% de confianza.

Modelo matemático para prueba de rangos múltiples LSD:

$$LSD = t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{2CM_E/n}$$

Significado de los términos:

LSD = Valor de la diferencia mínima Significativa

$t_{\alpha/2}$ = Valor de la tabla T Student a una cierta significancia

$N - k$ = Grados de libertad que corresponden al error

CM_E = Cuadro medio del error

n = es el número de observaciones para los tratamientos i y j

3.6 Metodología experimental

3.6.1 Caracterización físico-química y elemental del limón

a) Análisis físico - químico del limón mandarina

Los limones mandarinas se recolectaron en el Cantón Shushufindi de la Provincia Sucumbíos; la cosecha se realizó tomando al azar 5 árboles en el sector y de cada uno 15 limones, los frutos más uniformes en su estado de madurez (pintón) fueron clasificados para ser llevados al laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar

Se analizaron 10 limones con tres réplicas.

Las características físico-químicas tomadas fueron:

- Diámetro polar
- Diámetro ecuatorial
- Peso de la fruta

- Peso de la cáscara en fresco
- Peso de la cáscara en seco
- pH
- Brix

Diámetro polar: se utilizó un pie de rey para medir el diámetro polar de los limones.

Diámetro ecuatorial: el diámetro ecuatorial se determinó con un pie de rey, los datos se iban registrando en una tabla de datos.

Peso de la fruta: con una balanza analítica se fueron pesando cada uno de los limones completos con cáscara.

Peso de la cáscara en fresco: Se procedió a pelar los limones que fueron previamente pesados y se separó solo la cáscara para ir registrando sus pesos con ayuda de una balanza analítica.

Peso de la cáscara en seco: Después de someter a un proceso de secado por 24 horas a 50 °C, se sacaron y fueron pesadas con la ayuda de una balanza analítica.

pH: Se midió, utilizando el jugo de limón mandarina extraído de los 30 frutos mencionados anteriormente, utilizando el potenciómetro en el laboratorio de Investigación.

- Se cortó la fruta en la mitad,
- Se obtuvo 30 ml de jugo de limón de la muestra en un vaso y con ayuda de un colador se retiraron las pepas,
- La lectura del pH se lo realizó introduciendo el electrodo, en el contenido,
- Luego de leer el pH los datos fueron pasados a la tabla de caracterización.
- Se lavó el electrodo con agua destilada

Sólidos solubles (° Brix): Se procedió a extraer el jugo de limón mandarina, con el uso del exprimidor de palanca para cítricos. Para el análisis de grados Brix se utilizó el refractómetro de mano previamente se limpió con algodón impregnado en alcohol; enseguida, se calibró el equipo colocando una gota de agua destilada en el prisma, posteriormente se colocó en el prisma la gota de muestra de jugo de limón

mandarina a analizar, finalmente se realizó la lectura de grados Brix, los datos obtenidos se los paso a Microsoft Excel para sus respectivos cálculos.

b) Análisis químico de la cáscara de limón mandarina

Para dicho análisis se tomó como referencia a la Normativa Técnica Española UNE-EN ISO, adaptadas para nuestro propósito, los análisis fueron de humedad, cenizas y volátiles. A continuación, se muestra los métodos que fueron utilizados para el análisis de la muestra:

Determinación de Humedad (UNE-EN ISO 18134-2)

El contenido de humedad se determinó mediante método termogravimétrico, es decir, por pérdida de peso.

Se utilizó 3 gramos de muestra de cáscara seca triturada sometido a un proceso de secado durante 1 hora a 130°C. Hasta conseguir un peso constante luego se tomó el peso y determinó la cantidad de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)} \times 100$$

Donde:

M_1 : masa del recipiente secado vacío (g)

M_2 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra antes del secado (g)

M_3 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra después del secado (g)

Determinación de Cenizas (UNE-EN ISO 18122)

- Las cápsulas se calentaron en el horno a (550 ± 10) °C durante al menos 60 minutos. Se retiró la cápsula del horno, se dejó enfriar en un desecador con por 20 min. Cuando la cápsula enfrió, se pesó con una precisión de 0,1 mg, los datos fueron registrados
- Se colocó un mínimo de 1 g de muestra en la capsula y se extendió en una capa uniforme sobre la superficie inferior.

- Si la porción de muestra se secó previamente en el horno, la cápsula y la porción de muestra a 105°C y se pesó a continuación como medida de precaución para evitar la absorción de humedad.
- La cápsula se colocó en la estufa fría y la porción de muestra se calentó de acuerdo al procedimiento de calentamiento.
- La temperatura del horno se elevó uniformemente a 250°C durante un período de 30 a 50 min. Se mantiene a esta temperatura constante durante 60 minutos para permitir que los volátiles se evaporen antes de la ignición.
- La temperatura del horno se elevó uniformemente a (550 ± 10) °C durante un período de 30 minutos. Esta temperatura se mantuvo durante 120 min.
- Se retiró la fuente con su contenido del horno, enfrió la fuente sobre una superficie resistente al calor durante 5 a 10 min, se colocó a un desecador para enfriar. El recipiente con la ceniza se pesó con una precisión de 0,1 mg en cuanto alcanzó la temperatura ambiente y se registró la masa.

$$\%Cenizas = \frac{(M_3 - M_1)}{(M_2 - M_1)} * 100 * \frac{100}{100 - H}$$

Donde:

M_1 : masa del recipiente secado vacío (g)

M_2 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra antes del secado (g)

M_3 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra después del secado (g)

H: Humedad de la muestra %

Determinación de Materias Volátiles (UNE-EN ISO 18123)

- Se colocó los crisoles en el soporte con sus respectivas tapas y se introdujo en la estufa.
- Se mantuvo a 900 °C ± 10 °C durante 7 min ± 5 s. Se retiró el soporte del crisol de la estufa y se dejó enfriar a temperatura baja sobre una placa de material termorresistente y se guardaron los crisoles en el desecador.

- El crisol vacío con su tapa se pesó en frío los datos fueron registrados.
- El crisol se llenó con $1 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$, con una precisión de 0,1 mg, de material de muestra para el análisis general. Se colocó la tapa del crisol sobre una superficie limpia y dura hasta que el material forme una capa de espesor uniforme en el fondo del crisol.
- El crisol cargado se colocó en un soporte frío y se introdujo a la estufa, que se ajusta a $900 \text{ }^\circ\text{C}$ durante $7 \text{ minutos} \pm 5 \text{ segundos}$.
- Se secó el crisol del horno, se colocó sobre una superficie resistente al calor y se dejó enfriar de 5 a 10 minutos; a continuación, se colocó el crisol en un desecador para enfriar. Una vez frío, se pesó el crisol con una precisión de 0,1 mg.

El contenido volátil V_d , de la porción de ensayo como porcentaje en masa sobre una base seca se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_d = \left[\frac{100(M_2 - M_3)}{M_2 - M_1} - H \right] * \left(\frac{100}{100 - H} \right)$$

Donde:

M_1 : masa del recipiente secado vacío con su respectiva tapa (g)

M_2 : masa del recipiente de secado, su tapa y de la porción de muestra antes del secado (g)

M_3 : masa del recipiente de secado, su tapa y de la porción de muestra después del secado (g)

H : Humedad de la muestra

c) Análisis elemental de la cáscara de limón mandarina

Determinación del Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y Azufre (UNE-EN ISO 15104)

El análisis elemental CHNS, también conocido como microanálisis elemental, se basa en la determinación cuantitativa de los compuestos (C, H, N, S)

- Se realizó las corridas con 3 sulfamidas de 20 mg con el método “Sulf 1” con el nombre “Factor Diario” se lo realizó con tres réplicas.

- Repetir otra vez 3 sulfamidas de 20 mg con el método “Sulf 1” con el nombre “Sulfanilamide”.
- Se evaluó que los porcentajes de C, H, N, y S correspondan a los valores del patrón, en caso afirmativo se corrieron las muestras, caso contrario, tocaba revisar la calibración de acuerdo a las indicaciones operativas.
- Se prepararon las muestras de la tabla de calibración, para lo cual se pesó 20 mg de la muestra.
- Se colocó el carrusel a posición cero, presionando SYSTEM>CARRUSEL POSITION>POSICIÓN 1>OK.
- Las muestras fueron insertadas en el carrusel, ingresando los pesos en la tabla de la pantalla junto al nombre de cada muestra de acuerdo a los códigos de los estándares utilizados.
- Se puso en marcha el análisis (SYSTEM AUTO RUN).
- Finalmente se obtuvo el resultado de los análisis visualizados en la pantalla.

3.6.2 Parámetros de operación

Para fijar las condiciones de operación se realizaron pruebas preliminares con 20 gr de muestra previamente preparadas. De acuerdo a los estudios por Cornejo & Huaranga (2022) trabajaron con condiciones de operación (presión 250 bar, temperatura 70 °C y flujo de Dióxido de carbono 1,5 - 2), así también Romero (2020) trabajando con condiciones de operación (Tiempo de extracción 3 h, temperatura 45 °C), tomando en cuenta estas referencias tratadas en matrices similares a la cáscara de cítrico según el tratamiento a aplicar y en una primera etapa de la investigación se planteó un diseño factorial AxBxC (2x2x2) para determinar cuáles eran los factores más influyentes en el proceso de extracción.

En cada tratamiento se mantuvo fijo el tiempo en 240 min de extracción y el orden de las corridas se realizó al azar.

Iniciado el proceso de extracción, el flujo se controló a través de la válvula micrométrica, el fluido en estado supercrítico se dejó fluir de manera continua por el vessel de extracción, manteniendo las válvulas de entrada y salida del cilindro extractor abiertas durante el tiempo de extracción.

Durante las pruebas preliminares se logró establecer los factores y sus niveles máximos y mínimos para lograr un óptimo rendimiento como muestra la Tabla 17.

Tabla 17

Parámetros de operación empleados para el proceso de extracción

Tamaño de partícula	Presión (MPa)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Flujo de CO₂ (mg/min)
0.25	25	50	240	0,5
1.5	45	65	240	2,0

Nota. Parámetros de operación en sus niveles alto y bajo (Farinango & Ramos, 2024)

3.6.2.1 Cinética de rendimiento en la extracción de aceite esencial.

La cinética de extracción resulta una etapa que muestra el comportamiento del proceso de extracción del aceite esencial, donde a medida que transcurrió un determinado tiempo la masa de la cáscara de limón disminuyó en el vessel del equipo, esto debido a que durante esta operación sus componentes volátiles se extrajeron con ayuda de un disolvente en este caso se utilizó CO₂.

El aceite obtenido se midió en gramos y los datos experimentales de la cinética de extracción se obtuvieron en función a un intervalo de tiempo de 30 minutos durante 4 horas de extracción

Ecuación de rendimiento porcentual (Experimental)

Con el objetivo de cuantificar el rendimiento de aceite esencial y residuo de limón mandarina, el cálculo se desarrolló mediante la aplicación de una ecuación y se reportó como porcentaje (%) de aceite extraído, según se especifica a continuación.

$$R = \left(\frac{M_a}{M_{mp}} \right) * 100$$

Donde:

$R =$ rendimiento (%)

$M_a =$ masa de aceite en gramos

M_{mp} = masa de materia prima

3.6.3 Obtención de harina no convencional

Para la obtención de la harina no convencional a partir de cáscara de limón mandarina se realizó un tratamiento preliminar que trata de la extracción de aceite esencial con el objetivo de minimizar la cantidad de los componentes volátiles que afectan el sabor característico amargo de la cáscara del cítrico. Para lo cual se realizó las siguientes actividades:

- a) Recepción, selección, y lavado de la materia prima
- b) Troceado de la cáscara
- c) Secado
- d) Molienda
- e) Tamizado
- f) Extracción
- g) Molienda
- h) Tamizado
- i) Envasado y almacenado.

A continuación, se describe las operaciones para la obtención de harina no convencional de la cáscara de limón mandarina.

a) **Recepción, selección, y lavado de materia prima**

Se recolectaron aproximadamente 8 quintales de limón mandarina provenientes del Cantón Shushufindi Provincia Sucumbíos, mismas que fueron transportadas al Complejo Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar, se seleccionaron aquellos que no presentaban daño mecánico, se lavaron completamente.

b) **Troceado**

Se procedió a pelar los limones y trocear la cáscara de manera longitudinal

c) **Secado**

Se colocaron las cáscaras troceadas en un secador de bandejas con aire caliente a 50° C por 24 horas hasta obtener una humedad del 14%

d) **Molienda**

Se sacaron las cáscaras del secador y se procedieron a moler con un molino manual marca Mulex 039, en la que no se encontraba homogéneo el tamaño de partícula, por lo que se procedió a tamizar la muestra

e) **Tamizado**

Se tomó dos tamices, N°60 de 0.25mm y N° 14 de 1,5 mm y se separaron los dos tamaños para las corridas experimentales

f) **Extracción**

Se colocó la muestra en el equipo extracción de FSC, para la extracción del aceite esencial.

g) **Molienda**

El residuo obtenido en el vessel del extractor pasó a la molienda para lograr minimizar el tamaño de partícula

h) **Tamizado**

La harina no convencional fue tamizada para filtrar cualquier tipo de material extraño.

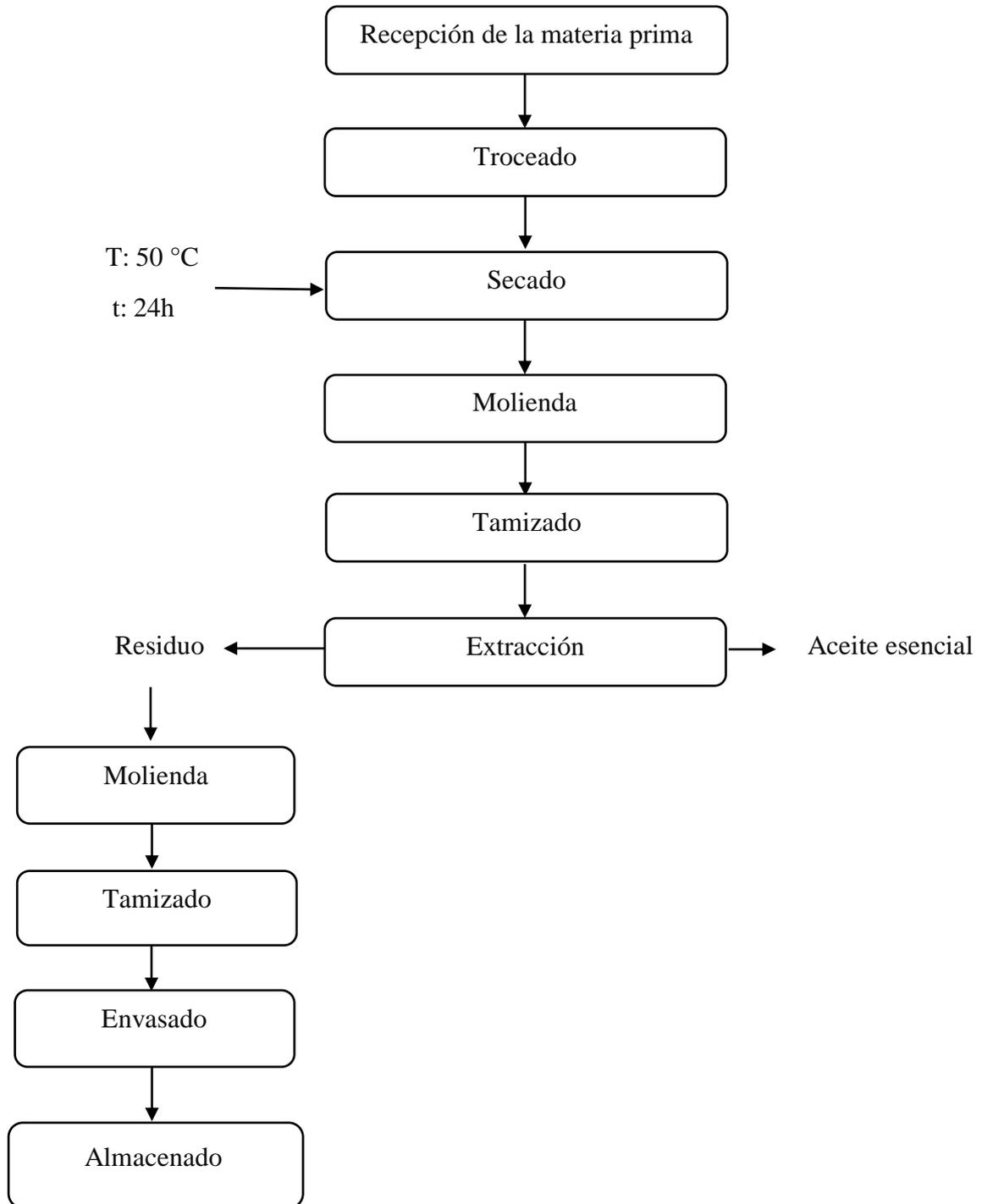
i) **Envasado y almacenado**

La harina no convencional obtenida fue pesada y envasada en fundas herméticas para posteriormente ser almacenadas a temperatura ambiente.

3.6.3.1 Diagrama de flujo para harina no convencional

Figura 7

Diagrama de flujo para harina no convencional



3.6.4 Análisis del aceite esencial de la cáscara de limón mandarina

a) Índice de refracción

Se realizó mediante la norma NTE INEN 42, que consistió en colocar el refractómetro a una temperatura de 25°C, se procedió a limpiar correctamente el equipo y a secar los prismas, seguidamente se colocó dos gotas de la muestra preparada sobre el prisma inferior, se cerró el prisma superior, después de aproximadamente 5 minutos después de que la muestra adquiriera la temperatura, se procedió a ajustar el equipo y la luz para obtener la lectura y determinar el índice de refracción.

b) Sólidos solubles

Se aplicó mediante la norma NTE INEN 42, con ayuda de un refractómetro a una temperatura de 25°C, se colocó dos gotas de la muestra de aceite esencial sobre el prisma inferior, se cerró el prisma superior, después de aproximadamente 5 minutos una vez que la muestra adquirió la temperatura, se procedió a ajustar el equipo y la luz para obtener la lectura y determinar los ° Brix de la muestra.

c) Compuestos volátiles

Para el análisis de identificación de los compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de cáscara de limón mandarina se aplicó cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, en el equipo THERMO SCIENTIFIC-TRACE 1300, Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm).

Se procedió a pesar 3 µL de aceite esencial en viales ámbar de cromatografía y se añadió 1 ml de solución estándar de nonano con ciclohexano, misma que fue preparada de la siguiente manera; se empleó 10 µl de nonano y se aforó en un balón de 10 ml con ciclohexano. Las condiciones de trabajo fueron: Temperatura del inyector: 200°C; Gas portador: Helio a un flujo de 1 mL/min; Volumen de inyección: 1 µL en inyección Split 50:1; Programa térmico: Temperatura del horno 50 °C durante 3 minutos, se incrementó de 50 °C a 250 °C a razón de 30 °C/min; posteriormente la temperatura se elevó de 250 °C a 320 °C a razón de 25 °C/min

durante 12 minutos. Temperatura del detector: 260 °C Tiempo total de corrida: 24.47 minutos.

3.6.5 Análisis bromatológico de la harina no convencional

Tabla 18

Requisitos bromatológicos para harinas especiales

Requisitos	Unidad	Min	Max	Método de ensayo
Proteína	%	9	-	KJELDAHL
Fibra	%	0.2	-	AOAC 962.09,
Humedad	%	-	14.5	NTE INEN 518
Cenizas	%	.	0.75	NTE INEN 520

Nota. Obtenido de (NTE INEN 616)

a) Determinación de proteína

Para determinar el análisis de proteína se aplicó el método de KJELDAHL: Se introdujo 5 gramos de muestra y 6 de catalizador K_2SO_4 seguidamente se adicionó 10 ml de H_2SO_4 concentrado, y 5ml de Agua destilada, posteriormente se digiere a 420 °C hasta que se obtiene el color verde esmeralda característico de la presencia de Nitrógeno. Se alcaniza la muestra y el nitrógeno se desprende en forma de amoniaco, después se deja enfrían para colocar en el tubo de digestión 50 ml de agua destilada y se adiciona hidróxido sódico unos 50 ml, el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo en la destilación se recoge en una disolución de ácido bórico. Para la cuantificación y cálculo el factor de conversión utilizado para el porcentaje de proteína fue de 6,25 y se aplicó la siguiente ecuación.

$$Proteína\ cruda\ (\%) = \% \text{ nitrógeno} \times 6,25$$

b) Determinación de Fibra

Se lo obtuvo mediante la aplicación del método de la norma AOAC 962.09, para harina no convencional de origen vegetal, el cual consistió en digerir la muestra sin grasa con una solución de ácido sulfúrico, lavar y nuevamente digerir con solución de hidróxido de sodio, lavar, secar y pesar. El contenido de fibra cruda en

muestras de harina no convencional de origen vegetal se calculó mediante la ecuación siguiente:

$$F_c = \left(\frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \right) * 100$$

Donde:

F_c = Contenido de fibra cruda

m = masa de la muestra desengrasada y seca

m_1 = masa de la muestra conteniendo asbestos y la fibra seca

m_2 = masa de crisol conteniendo asbesto después de ser incinerado

m_3 = masa de crisol en blanco conteniendo asbestos

m_4 = masa de crisol en blanco conteniendo asbesto después de ser incinerado

c) Humedad

La metodología empleada para la determinación de humedad fue AOAC 925,10. Se colocó 3,032 g de harina no convencional de cáscara de limón mandarina en cada una de las capsulas de porcelana vacía previamente pesada, consecuentemente con una pinza se colocó en la estufa de marca MEMMERT a 130 ° C por 1 h. Completando con el proceso se colocó las capsulas de porcelana con las muestras, en el desecador por 40 min hasta obtener un peso constante. Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados expresados en porcentajes del peso total.

Se aplicó la siguiente ecuación para el cálculo de humedad.

$$\%Humedad = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)} * 100$$

Donde:

M_1 : masa del recipiente secado vacío (g)

M_2 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra antes del secado (g)

M_3 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra después

del secado (g)

d) Cenizas

Para la determinación de cenizas se utilizó el método AOAC 923,03 calcinando la muestra en una mufla a 555 °C, luego se calculó como peso constante por un lapso de 8 horas.

$$\%Cenizas = \frac{(M_3 - M_1)}{(M_2 - M_1)} * 100 * \frac{85}{100 - H}$$

Donde:

M_1 : masa del recipiente secado vacío (g)

M_2 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra antes del secado (g)

M_3 : masa del recipiente de secado y de la porción de muestra después del secado (g)

H: Humedad de la muestra

3.6.6 Análisis microbiológico de la harina no convencional

Tabla 19

Requisitos microbiológicos

Requisitos	Unidad	Límite Máximo	Método de ensayo
E-coli	ufc/g	0	AOAC 999.14
Mohos y Levaduras	ufc/g	500	AOAC 997. 02

Nota. Obtenido de (NTE INEN 616)

a) Escherichia coli

Se preparó agua de peptona al 0.1 %, se pesó 4 gr de sal peptonada y se colocó 200 ml de agua destilada, se calentó con agitación suave hasta su completa disolución, seguidamente se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Posteriormente se dejó enfriar a una temperatura entre 45-50°C.

El medio de cultivo se llevó a un lugar esterilizado para preparar la muestra con 90 ml de agua peptonada y 10 gr de la muestra, se agitó y se dejó reposar por 20 min. Se tomó 1 ml de dilución de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior y se colocó en placa de Petri film 3M para recuento de E-coli, se bajó con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire.

Con el lado liso hacia abajo, se colocó el dispersor en la película superior sobre el inóculo. Se presionó suavemente el dispersor para distribuir el inóculo sobre el área circular, se levantó levemente el dispersor y se esperó por lo menos un minuto hasta que solidifique el gel.

Seguidamente se esterilizó la incubadora y luego se colocó las placas por $48 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ a $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, transcurrido el tiempo las placas se llevaron a un contador de colonias con luz para su posterior cuantificación.

b) Mohos y Levaduras

Se pesó 4 gr de sal peptonada y se añadió 200 ml de agua destilada, se agitó suavemente hasta su completa disolución, seguidamente se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Posteriormente se dejó enfriar a una temperatura entre $45\text{-}50^\circ\text{C}$.

Se preparó la muestra con 90 ml de agua peptonada y 10 gr de la muestra de harina no convencional, se agitó y se dejó reposar por 20 min.

Se tomó 1 ml de dilución de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior y se colocó en placa de Petri film 3M para recuento de Mohos y levaduras, se bajó con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire.

Con el lado liso hacia abajo, se colocó el dispersor en la película superior sobre el inóculo. Se presionó suavemente el dispersor para distribuir el inóculo sobre el área circular, se levantó levemente el dispersor y se esperó por lo menos un minuto hasta que solidifique el gel.

Seguidamente se esterilizó la incubadora y luego se colocó las placas por 5 días a $21 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C}$, transcurrido el tiempo las placas se llevaron a un contador de colonias con luz para su posterior identificación y cuantificación.

3.7 Proceso para la elaboración de té aromático

En el proceso de elaboración de té se empleó el siguiente procedimiento:

a) **Recepción**

En esta etapa se recibió la materia prima en condiciones higiénicas.

b) **Clasificación**

En esta etapa se clasificó las materias primas (Té verde y HNC) para evitar algún tipo de material extraño.

c) **Pesado**

Con la ayuda de una balanza analítica se pesaron los gramajes correspondientes con un peso aproximado a 1.5 g. peso total para cada bolsita de té.

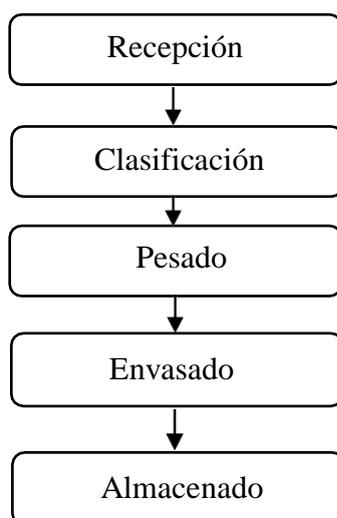
d) **Envasado y Almacenado**

Las bolsitas de té se envasaron en fundas de papel de seda, fueron selladas. y se almacenaron a temperatura ambiente 18 ± 2 ° C en un lugar seco.

3.7.1 Diagrama de flujo para la elaboración de Té

Figura 8

Diagrama de proceso para elaboración de un té



3.7.2 Análisis sensorial del té verde con HNC de cáscara de LM.

Según Basantes (2023) afirma que el análisis sensorial comprende la evaluación de las características organolépticas mediante los sentidos es decir, la boca, ojos, nariz, tacto, por consiguiente incluye la evaluación de su sabor, olor, color, textura y aceptabilidad.

La evaluación sensorial del Té verde con limón mandarina se efectuó según la escala hedónica aplicada por Pérez (2023) modificada, comprendida en 5 puntos donde se atribuye la puntuación máxima (5 - Me gusta mucho) y puntuación mínima (1 - Me disgusta mucho) tal como se muestra en la Ficha de evaluación sensorial Anexo 10, esta evaluación fue aplicada a 20 panelistas no entrenados donde evaluaron las siguientes características:

- Olor
- Color
- Sabor
- Aroma
- Aceptabilidad

Análisis estadístico para la evaluación sensorial

Se aplicó el Diseño Experimental de Un solo Factor Categórico donde Factor A: Formulaciones con tres niveles de acuerdo al porcentaje de HNC de limón mandarina y té verde donde:

- F1: Té verde 95 % + HNC de cáscaras de limón mandarina 5%
- F2: Té verde 90 % + HNC de cáscaras de limón mandarina 10%
- F3: Té verde 85 % + HNC de cáscaras de limón mandarina 15%

Los datos fueron analizados mediante el software StatGraphics.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización físico-química y elemental del limón mandarina

4.1.1 Propiedades físico-químicas del limón mandarina

En la siguiente tabla se da a conocer los resultados de los valores de las propiedades físico-químicas del limón mandarina proveniente del Cantón Shushufindi – Ecuador.

Tabla 20

Propiedades físico-químicas de LM proveniente del Cantón Shushufindi

Parámetros	Cant.
Peso de la fruta (g)	179,44
Diámetro polar (mm)	57,15
Diámetro ecuatorial (mm)	70,71
Peso de la fruta sin cáscara (g)	127,16
Peso de la cáscara en fresco (g)	54.39
Peso de la cáscara seca (g)	10.02
° Brix	6,52
pH	2,42

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio de investigación de la UEB por (Farinango & Ramos, 2024)

En la tabla 20 se detallan los resultados de la caracterización de los parámetros físico-químicos del limón mandarina proveniente del Cantón Shushufindi, los datos promedios fueron en relación al peso de la fruta completa 179.58 g, diámetro polar 57.74 g, diámetro ecuatorial 70.16 g, así como los pesos de la cáscara en fresco 53.41 g y en seco 10.02 g, % sólidos solubles 6.52 ° Brix y pH 2.41. Aucatoma & Santillan (2023) analizaron cuatro variedades de limón de los cuales la variedad limón mandarina proveniente de Cantón Echeandía- provincia Bolívar reportaban datos superiores a la investigación siendo peso de la fruta: 189.9 g, diámetro polar 60.29 mm, diámetro ecuatorial 70.93 mm, % sólidos solubles 6.74, y pH 2.30. Así

también González & Arguello (2019), en su libro de Cultivo de Cítricos explican las características físicas y químicas que contienen otras variedades del limón en donde se puede evidenciar comparaciones con Limón variedad sutil donde el peso promedio de la fruta es de 45 ± 5 g, y un pH de 2.3, por otro lado los limones amarillos variedad criollo presentan pesos de 150 ± 5 g. y pH de 2.5.

4.1.2 Análisis químico de la cáscara de limón mandarina

La tabla 21 da a conocer los valores promedios de las propiedades químicas del limón mandarina proveniente del Cantón Shushufindi – Ecuador.

Tabla 21

Propiedades químicas de la cáscara de limón mandarina

Propiedades	Cáscara fresca de Limón mandarina	Cáscara seca de Limón mandarina	Método
Humedad (%)	79.94	14.08	UNE – ISO 18134-2
Cenizas (%)	5.48	4,16	UNE – ISO 18122
Volátiles totales (%)	80.04	71.07	UNE – ISO 18123

Nota. Las cáscaras de limón cortadas longitudinalmente fueron colocadas en un deshidratador de bandejas a condiciones de Temperatura 50 °C y Tiempo 24 Horas. Resultados obtenidos en el Laboratorio de investigación de la UEB por (Farinango & Ramos, 2024)

Los resultados obtenidos en los análisis de las propiedades químicas de la cáscara en fresco y seco se pueden evidenciar que la cáscara fresca contiene una humedad del 79.94% y que al ser sometido al proceso de deshidratación se pierde el porcentaje de humedad logrando el 8.08 %. De acuerdo a Ramos (2020) presenta porcentajes similares en la caracterización de limón reportando cenizas 6,13%, Humedad 74, 31% y Volátiles 80,12%. Para Alarcón, Mora, Cabrera, & García (2022) en su estudio comparativo de variedades de limón reportan cenizas 6 %, humedad 60%, volátiles totales 72%, Fibra 4,5%. Lo que muestra que sus datos no difieren con los de nuestra investigación.

4.1.3 Análisis elemental de la cáscara de limón mandarina

El análisis elemental es una técnica para evaluar la pureza y la composición química de los compuestos. Los resultados obtenidos se indican en la siguiente tabla.

Tabla 22

Análisis elemental de la cáscara de limón mandarina

Materia prima	Compuestos Elementales				Método
	C (%)	N (%)	H (%)	S (%)	
Cáscara de limón mandarina	7.80	0.24	5.26	0.055	UNE – EN ISO 16948

Nota. Resultados obtenidos en el Laboratorio de investigación de la UEB por (Farinango & Ramos, 2024)

La tabla 22 revela los porcentajes de los compuestos presentes en el análisis proximal atribuyendo al Carbono 7.80 %, Nitrógeno 0.24%, Hidrógeno 5.26%, Azufre 0.055%. Domínguez & Rosero (2019) reportan datos superiores para el compuesto de Carbono con porcentaje de 12 %, el resto de compuestos los valores correspondientes fueron N: 0.32 %, H: 6.27, S: 0%, no existe mayor variabilidad entre los datos entendiendo que el limón evaluado se lo realizó en diferentes estados de madurez. Así también Sornoza (2022) aplicó análisis proximal obteniendo los siguientes valores C: 9.67 %, N: 0.5 %, H: 6.52 % y S: 0%, con estas referencias se observa que el valor reportado del elemento Azufre es realmente mínimo en relación al resto de elementos, datos que no difieren al de nuestra investigación.

4.2 Resultado de la optimización de la extracción de AE con FSC

Tabla 23

Aceite esencial y residuo obtenidos con la extracción por FSC

<i>Parámetros de Operabilidad - Condiciones de trabajo</i>							<i>Operación de extracción</i>					
N°	Peso Muestra (g)	P (MPa)	T (°C)	Tamaño de partícula (mm)	Tiempo de estabilización T (min)	Tiempo de estabilización P (min)	Tiempo de estabilización del sistema (min)	Tiempo de extracción (min)	Peso del vial vacío (g)	Peso vial con AE (g)	Cantidad del extracto (g)	Cantidad del residuo (g)
T1	430	35	50	0.25	5	20	30	240	23.864	27.218	3.354	418,42
T2	430	25	50	0.88	5	20	30	240	24.327	26.754	2.427	419,32
T3	430	35	65	1.5	5	20	30	240	24.063	26.566	2.503	421,23
T4	430	45	57.5	1.5	5	20	30	240	24.515	27.347	2.832	419,65
T5	430	45	65	0.88	5	20	30	240	24.108	27.563	3.455	417,39
T6	430	35	65	0.25	5	20	30	240	24.424	27.560	3.136	417,86
T7	430	35	50	1.5	5	20	30	240	24.298	26.557	2.259	421,75
T8	430	45	50	0.88	5	20	30	240	24.319	27.913	3.594	416,74
T9	430	25	57.5	0.25	5	20	30	240	24.219	27.160	2.941	418,50
T10	430	45	57.5	0.25	5	20	30	240	24.455	27.975	3.520	417,63
T11	430	25	57.5	1.5	5	20	30	240	24.356	26.724	2.368	418,41
T12	430	25	65	0.88	5	20	30	240	24.267	27.201	2.934	416,53
T13	430	35	57.5	0.88	5	20	30	240	24.578	28.104	3.526	418,54
T14	430	35	57.5	0.88	5	20	30	240	24.185	27.672	3.487	418,97
T15	430	35	57.5	0.88	5	20	30	240	23.986	27.501	3.515	417,94
T16	430	35	57.5	0.88	5	20	30	240	24.601	28.095	3.494	417,73

Nota. Trabajo experimental realizado en el laboratorio de investigación de la UEB por (Farinango & Ramos, 2024)

En la tabla 23 se reportan los resultados de la cantidad de extracto y residuo obtenidos, así también los datos reportados de la cantidad de muestra en (g), condiciones de trabajo presión (MPa), temperatura (°C) tamaño de partícula (mm) en sus tres niveles, lo que se evidenció un peso de extracción mínimo en el T7 reportando un valor de 2.259 g y un máximo peso en el T8 reportando un valor de 3.598 g, siendo este tratamiento un indicador de que la combinación de dichos factores se acerca al óptimo.

Dentro de este marco se evidencia variaciones en cada tratamiento, para la cantidad del extracto de acuerdo al peso inicial y final del vial, por otra parte, las variaciones en el peso de la muestra inicial y final (residuo) esto se atribuye a la pérdida de muestra durante la descarga 8 ± 2 g, debido a que la muestra una vez terminada el proceso de extracción queda compacta y adherida a las paredes del vessel. Según Castro & Castro (2020) de acuerdo a su revisión bibliográfica mencionan que es poco probable lograr el 1.00 % de rendimiento en estas matrices. Sin embargo los AE de limón obtenidos a partir de otros métodos como extracciones asistidas por microondas presentaron rendimientos mayores (Guillén, 2022) reportó en su investigación 1.83 ± 3 y mediante hidrodestilación reportaron 1.92 ± 3 % de rendimiento. Estos resultados difieren de los datos reportados en nuestro estudio debido que la meta máxima de optimización es cercana al 0.89%.

4.2.1 Obtención del residuo resultante tras la extracción.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad y rendimiento del residuo recuperado, así como del aceite esencial de la cáscara del limón mandarina obtenido tras el proceso de extracción.

La tabla 24 presenta los rendimientos porcentuales en cada uno de los tratamientos así también la cantidad de aceite esencial extraído en (g) como el residuo de la cáscara de limón mandarina en (g) después de ser sometido al proceso de extracción por fluidos supercríticos, en el que se puede observar que para aceite esencial se obtiene un mayor rendimiento con el tratamiento 8 empleado el nivel (1,-1,0), el rendimiento es del 0.836 %. Sin embargo, estudios por Aucatoma & Santillan,

(2023) contrarrestan estos resultados reportando rendimiento del 0.80% aplicando métodos de hidrodestilación, destilación simple y fraccionada.

Tabla 24

Rendimientos de aceite esencial y residuo de la cáscara de LM

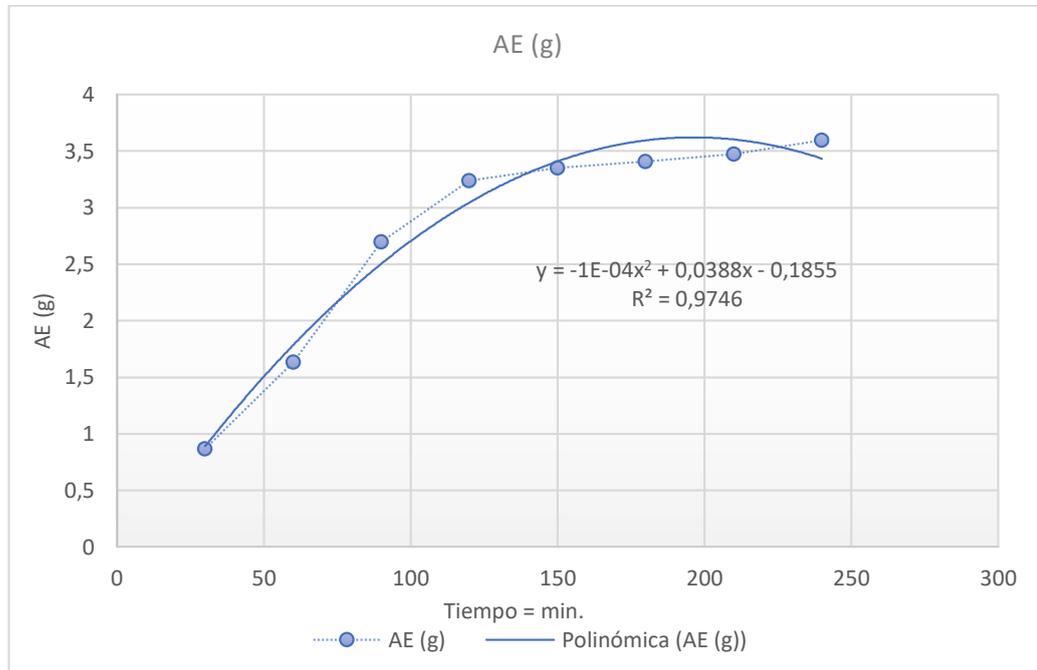
N°	Cantidad del extracto (g)	%R	Cantidad de residuo (g)	%R
1	3.35	0.78	418.42	0.97
2	2.43	0.56	419.32	0.98
3	2.50	0.58	421.23	0.98
4	2.83	0.66	419.65	0.98
5	3.46	0.80	417.39	0.97
6	3.14	0.73	417.86	0.97
7	2.26	0.51	421.75	0.98
8	3.59	0.84	416.74	0.97
9	2.94	0.68	418.50	0.97
10	3.52	0.82	417.63	0.97
11	2.37	0.55	418.41	0.97
12	2.93	0.68	416.53	0.97
13	3.53	0.82	418.54	0.97
14	3.49	0.81	418.97	0.97
15	3.52	0.82	417.94	0.97
16	3.49	0.81	417.73	0.97

4.2.2 Cinética de rendimiento del aceite esencial y residuo

En las figuras 9 y 10 se observa el comportamiento de la cinética de extracción de aceite esencial, en donde durante los primeros 180 minutos el equipo extractor adquiere su mayor rendimiento y que una vez transcurrido ese tiempo la extracción se minimiza durante el minuto 240 y después de ello el extracto acumulado en el vial pasa hacer constante o en regular se evidencia que existe nula extracción.

Figura 9

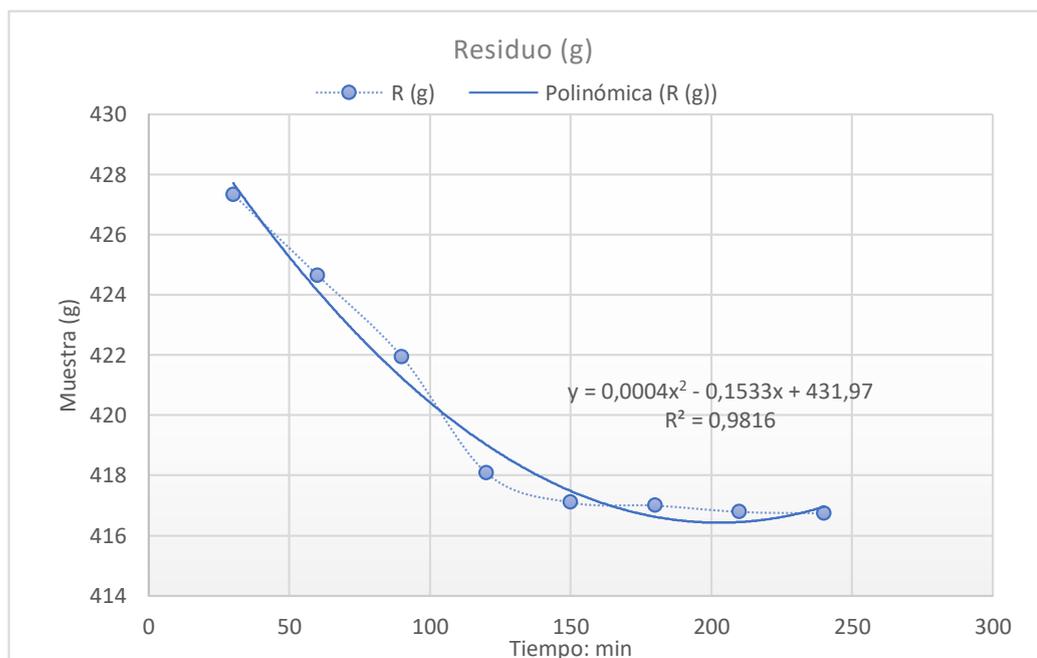
Cinética de rendimiento para extracción de aceite esencial por FSC



Nota. En el eje de las x se reportan los datos en relación al tiempo de extracción y en el eje de las y se reporta la cantidad de aceite esencial extraído.

Figura 10

Cinética de rendimiento para el residuo en el proceso de extracción



Nota. En el eje de las x se reportan los datos en relación al tiempo de extracción y en el eje de las y se reporta la cantidad de aceite esencial extraído.

4.2.3 ANOVA de rendimiento en la optimización de extracción

Tabla 25

ANOVA para rendimiento en la extracción de aceite esencial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Presión	0.050562	1	0.050562	56.43	0.0003 **
B: Temperatura	0.00154013	1	0.00154013	1.72	0.2378 <i>ns</i>
C: Tamaño de partícula	0.0639031	1	0.0639031	71.31	0.0002 **
AA	0.00419256	1	0.00419256	4.68	0.0738 <i>ns</i>
AB	0.00570025	1	0.00570025	6.36	0.0452 *
AC	0.00018225	1	0.00018225	0.20	0.6678 <i>ns</i>
BB	0.0151906	1	0.0151906	16.95	0.0062 **
BC	0.004096	1	0.004096	4.57	0.0764 <i>ns</i>
CC	0.0437856	1	0.0437856	48.86	0.0004 **
Error total	0.0053765	6	0.00089608		
		3			
Total (corr.)	0.194529	15			

Nota. **: Diferencia altamente significativa; *: Diferencia poco significativa; *ns*: No significativa.

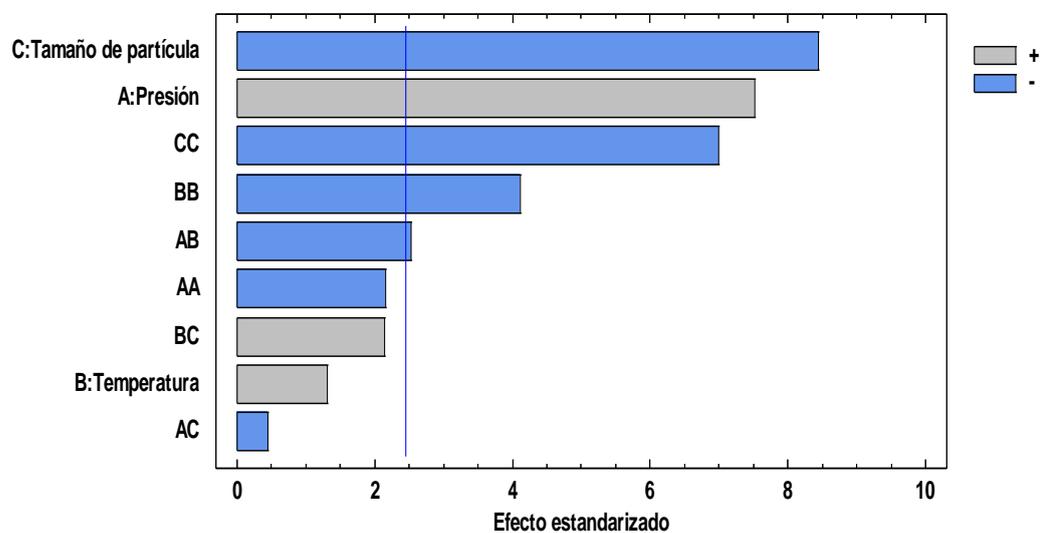
En la tabla 25 se muestra el análisis de varianza para rendimiento (ANOVA) para nuestra variable respuesta rendimiento para cada uno de los efectos. Es así que prueba la significancia estadística por cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.

En este caso, 5 efectos tienen un valor-*P* menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. Es decir, existe evidencia estadística de que el Factor A: Presión, Factor C; Tamaño de partícula, así como la interacción del Factor AB, el cuadrado del Factor C, influyen significativamente en el rendimiento del aceite esencial. Sin embargo, el Factor B, Temperatura en esta investigación no es significativo, en el rango que se aplicó es decir de 50°C a 65 °C. El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo, así ajustado, explica 97.2361% de la variabilidad en Rendimiento. El estadístico R-cuadrado ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 93.0904%. El error estándar del estimado muestra que

la desviación estándar de los residuos es 0.0299347. El error medio absoluto (MAE) de 0.0142188 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si existe alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%

Figura 11

Diagrama de Pareto para el rendimiento en el proceso de extracción.



El Diagrama de Pareto Figura 11, muestra el efecto de los factores que sobrepasan la línea vertical azul como indicador de ser factores que influyen significativamente en el proceso de extracción, así como aquellos que muestran la relación cuadrática de sus Factores, la interacción y el efecto que causa cada uno de ellos en el proceso.

El efecto de los niveles de cada Factor en su interpretación se atribuye el color plomo para nivel alto y celeste para nivel bajo, entendiéndose entonces que el Factor C: Tamaño de partícula nivel bajo (0.25 mm), a diferencia del Factor A: En donde la Presión en su nivel alto (45 MPa) influyen en el rendimiento de extracción.

Sin embargo el Factor B: Temperatura no influye significativamente en el rendimiento dentro del proceso de extracción. Comparado con el estudio de Paipa & Ruda (2022) donde estudió el modelamiento de la extracción con rangos de temperatura de 40, 50 y 60 °C en el que se evidencia que no existe diferencia

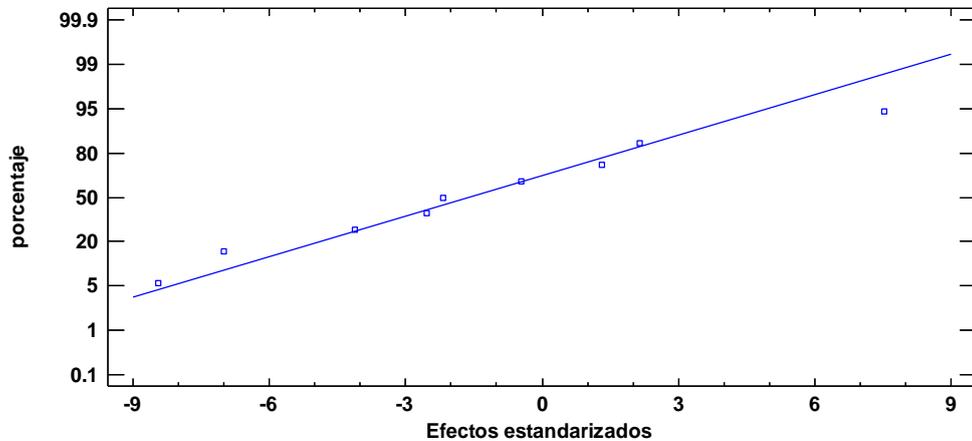
significativa entre 50 y 60 °C entre tratamientos. A diferencia de 40 y 60°C donde si existe diferencia altamente significativa, coincidiendo con el de nuestra investigación por lo que en tal estudio se consideró fijar a 50 °C como temperatura constante en el diseño, esto con el fin de lograr un ahorro energético en el proceso y evitar la exposición de la materia prima a temperaturas elevadas.

Por otro lado Romero (2020) aplicó un rango mas amplio de temperatura 35°C a 55°C para extraer aceite de similar matriz, donde determinó que el incremento de la temperatura provoca un aumento en el rendimiento cuando se emplea altas presiones (400 bar) provocado por el aumento de presión de vapor de los compuestos extraídos. Sin embargo, al trabajar a bajas presiones (100 bar) el efecto de la temperatura es el contrario. Lo que indica que efectivamente existe diferencia significativa cuando se emplea, rangos más amplios de temperatura logrando un aumento o disminución directamente al rendimiento de extracción. Se corrobora los datos de Romero (2020) con el argumento de Paipa & Ruda (2022) que al operar con presiones bajas el efecto de temperatura es diferente, por lo que afirma que a mayores temperaturas disminuye el rendimiento como consecuencia de la disminución en la densidad del CO₂ en estado supercrítico siendo ese el efecto.

Por otro lado, Almeida (2022) profundizan su estudio en el flujo de CO₂ debido a que consideran un factor que influye en el rendimiento de la extracción e indican condiciones de operación sobre los 200 Bar y temperatura de 31 °C, en el que se maximiza su rendimiento, lo que resulta ser un indicador de que el rango de temperatura aplicado en nuestro estudio fue muy bajo lo que no permitió analizar el efecto de la temperatura para el rendimiento.

Figura 12

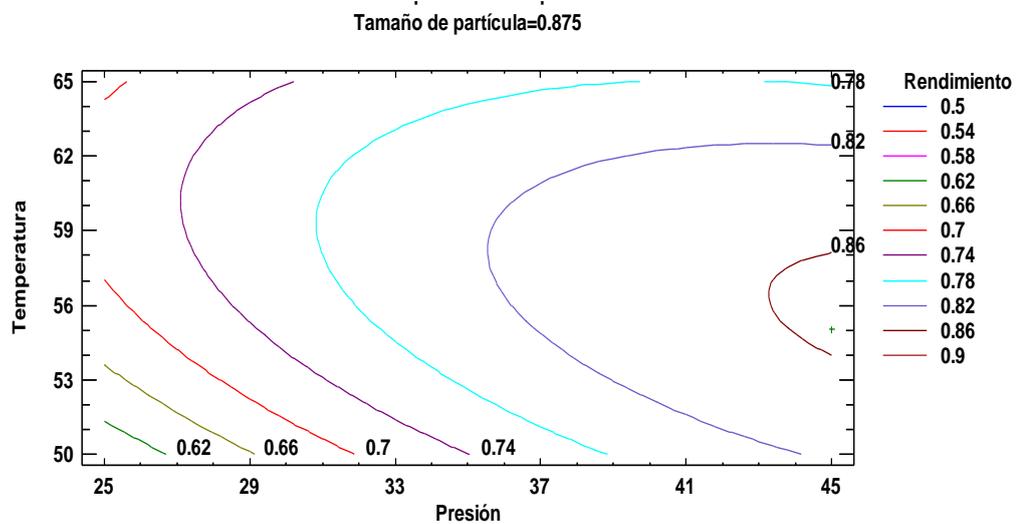
Grafica de probabilidad normal para rendimiento



En la Figura 12 se puede evidenciar el comportamiento de una distribución normal de los datos en las corridas experimentales .

Figura 13

Gráfica del contorno de la superficie de respuesta estimada

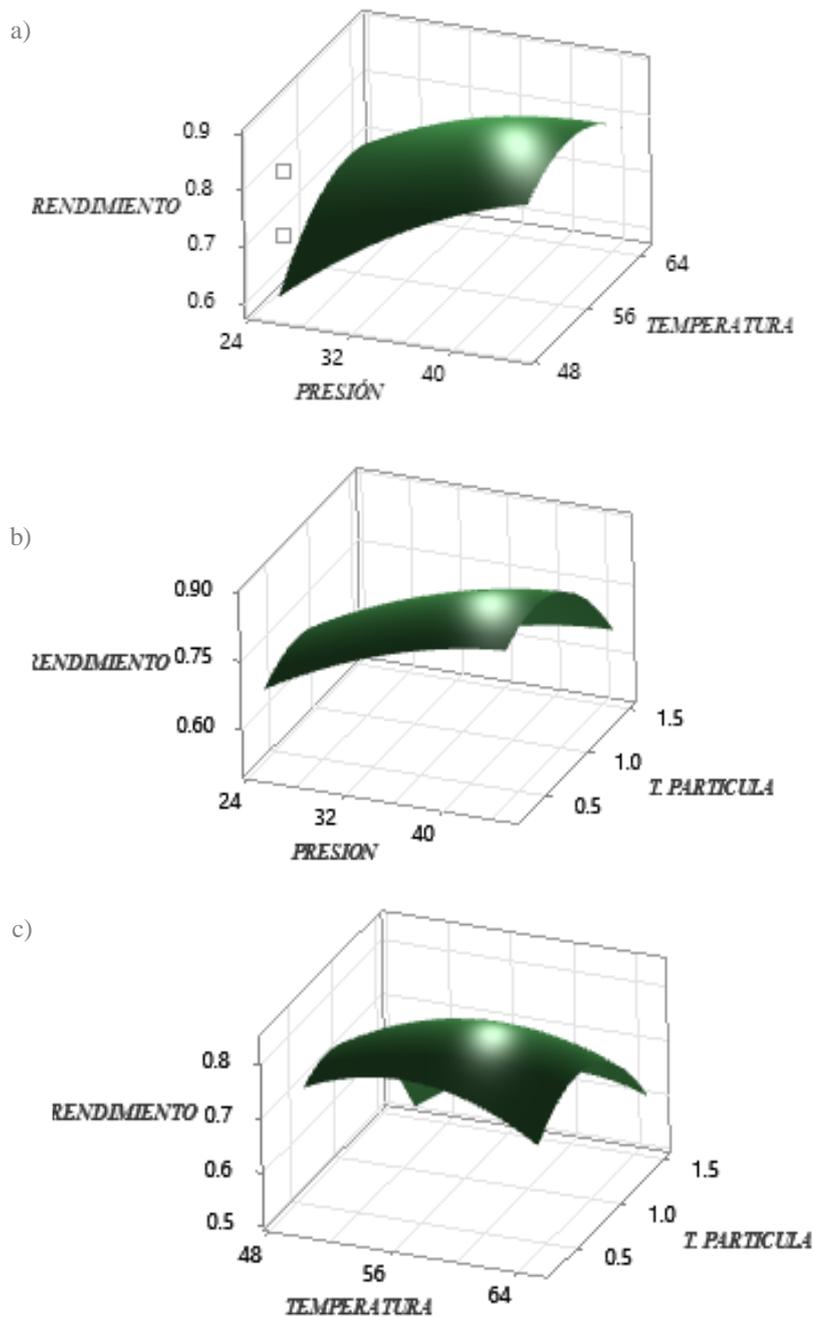


La gráfica de Contorno de Superficie de respuesta para rendimiento nos muestra el efecto de curvatura, mientras más se aproximan los niveles para un rendimiento óptimo es así que a medida que el Factor Presión se aproxima a su nivel alto 45 MPa, y el tamaño de partícula de la muestra se reduce a su nivel medio al igual que la temperatura, mayor es el tamaño de la curva, lo que es un indicador que nos aproximamos al óptimo.

En la siguiente figura se presenta la variación en el efecto que tiene cada uno de sus factores con sus respectivos niveles.

Figura 14

Gráfica de superficie de respuesta



Nota. Gráfica de superficie de respuesta obtenida con Minitab, a) Rendimiento en relación a Presión / Temperatura, b) Rendimiento en relación a Presión / Tamaño de partícula, c) Rendimiento en relación a Temperatura/Tamaño de partícula.

En la figura 14 literal a), se observa el efecto de presión / temperatura sobre la variable dependiente donde su punto óptimo se acerca cuando la presión se encuentra en los 45 MPa, y en relación a la temperatura se mantiene en los 57 ° C, En el literal b) la relación Presión / tamaño de partícula su punto óptimo se observa cuando se minimiza el tamaño de partícula lo más cercano al 0.5 mm relacionada con una presión de 45 MPa, y en el literal c) se sigue observando que la temperatura su punto óptimo no varía de los 57°C. Los resultados muestran que el principal parámetro que influyó en el incremento del rendimiento fue el tamaño de partícula y presión, adicionalmente se observa los efectos normales de las variables en estudio la relación – efecto que causa en el rendimiento.

Por consiguiente, en la figura 14 se puede apreciar que el tamaño de partícula y la presión tienen efecto significativo para maximizar el rendimiento, dando un valor aproximado del 0.87%, lo contrario se evidencia con el factor temperatura en donde muestra que se mantiene en su nivel medio (57 °C) para obtener tal resultado.

4.2.4 Optimización de respuesta para el rendimiento

Meta: maximizar Rendimiento (%)

Valor óptimo = 0.89074

Tabla 26

Optimización en la maximización del proceso de extracción con FSC

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Presión	25.0	45.0	45.0
Temperatura	50.0	65.0	55.065
Tamaño de partícula	0.25	1.5	0.556487

Nota. Optimización para rendimiento obtenido del Software StatGraphics (Farinango y Ramos, 2024)

Con la aplicación del Software StatGraphics se obtuvo la tabla 26. Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el rendimiento sobre la región indicada, ajustándose al siguiente modelo utilizando las condiciones analizadas para el factor A: Presión (45 MPa), Factor B: Temperatura (55 °C) y Tamaño de partícula (0.55mm).

Ecuación del modelo

$$\% R = -4.371 + 0.0605 P - 0.029 TP - 0.001096 T^*T - 0.2678 TP^*TP - 0.000503 P^*T$$

En donde respectivamente los valores están dados para cada variable, siendo la ecuación válida para P en intervalo 25 - 45 MPa, para T en intervalo 50 – 65°C y para TP en intervalo 0.25 – 1.5mm.

4.2.5 Calidad del aceite esencial de cáscara de limón mandarina

a) Índice de refracción

Al ser un parámetro de calidad el índice de refracción indica presencia de compuestos oxigenados aromáticos, siendo la relación entre la velocidad de un rayo de luz en el vacío y la velocidad de la luz a través del extracto evaluado. De acuerdo a la ISO 855 se presenta un máximo de 1.47, en relación al obtenido la lectura del refractómetro indicó que el aceite de cáscara de limón mandarina presentó 1.47 de índice de refracción lo que indica que a pesar que se encuentra en el nivel máximo permitido en la normativa el valor reportado en el estudio cumple con tal requisito.

b) Sólidos solubles

Los ° Brix representan el porcentaje de sólidos solubles presentes en una solución, en este caso se obtuvo 72 ° Brix en la muestra de aceite esencial.

c) Identificación de los compuestos volátiles por Cromatografía de gases GC-MSD.

En el cromatograma se identifican los compuestos volátiles que se encuentran en el aceite esencial de la cáscara de limón mandarina, así como el tiempo de retención de acuerdo a cada pico y el área marcada en %.

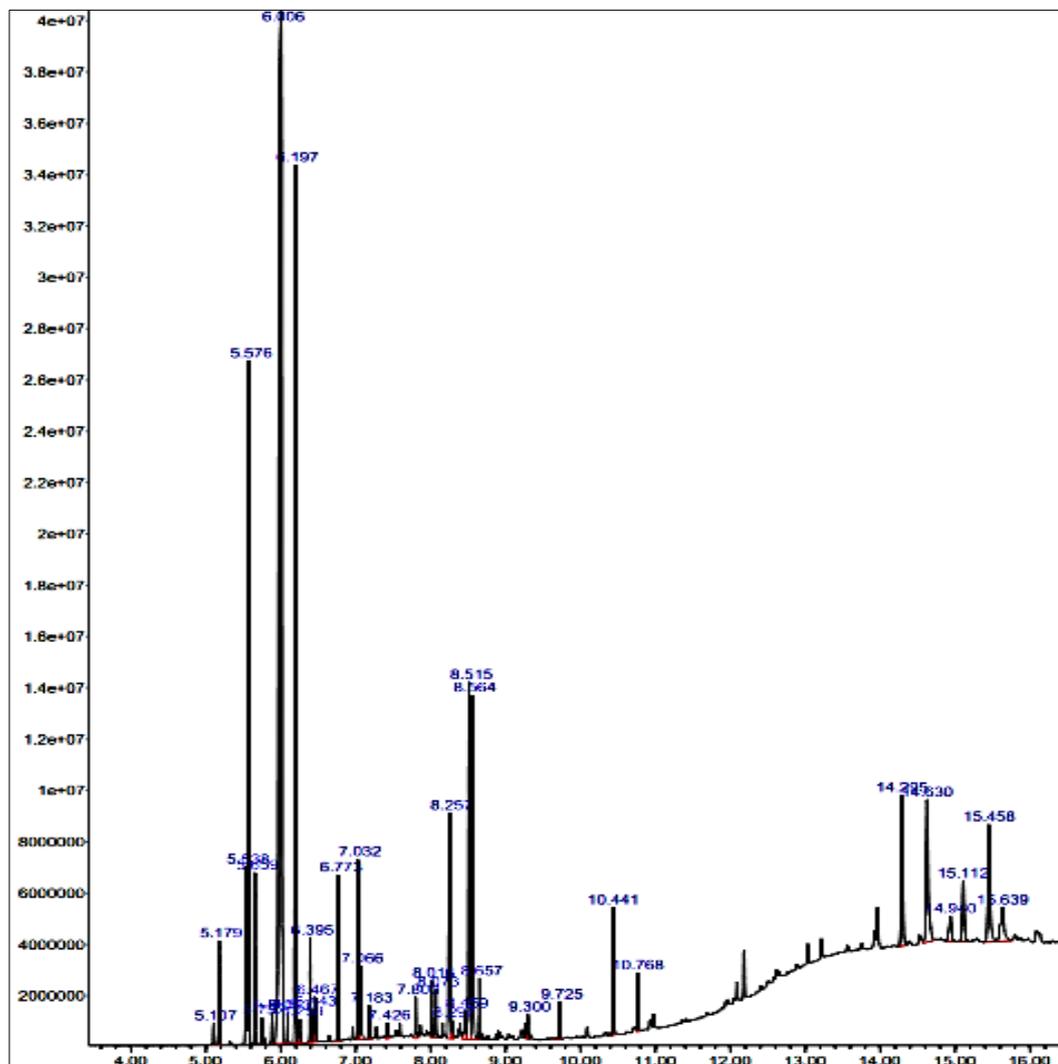
En la Fig. 15 se puede evidenciar 38 picos identificados de los compuestos donde 8 picos son más altos y se encuentran en el siguiente orden: D-Limoneno con un tiempo de retención 6.093 min, γ -Terpineno con tiempo de retención 6.197 min, L- β -Pineno con tiempo de retención 5.576 min, Germacreno D con tiempo de retención 8.514 min, β -Bisaboleno con tiempo de retención 8.562 min, Pentametoxiflavona con tiempo de retención 14.622, Trans- α -Bergamoteno con

tiempo de retención 8.225 min, γ -Sitosterol con tiempo de retención 15.448 min, Vitamina E con tiempo de retención 14.287 min.

En investigaciones realizadas por Castro & Castro (2020) encontraron componentes volátiles en aceite de limón extraídos por arrastre de vapor identificando los siguientes compuestos (limoneno, citral, eugenol, α -pineno, geraniol, α -terpineno y trans - cariofileno). Los datos reportados de las investigaciones resultan similares a los reportados por Herrera, García, & Delgado (2019) en el que mencionan que los componentes de mayor pico fueron el Limoneno y el D- Limoneno.

Figura 15

Identificación de área y tiempo de retención de los compuestos volátiles

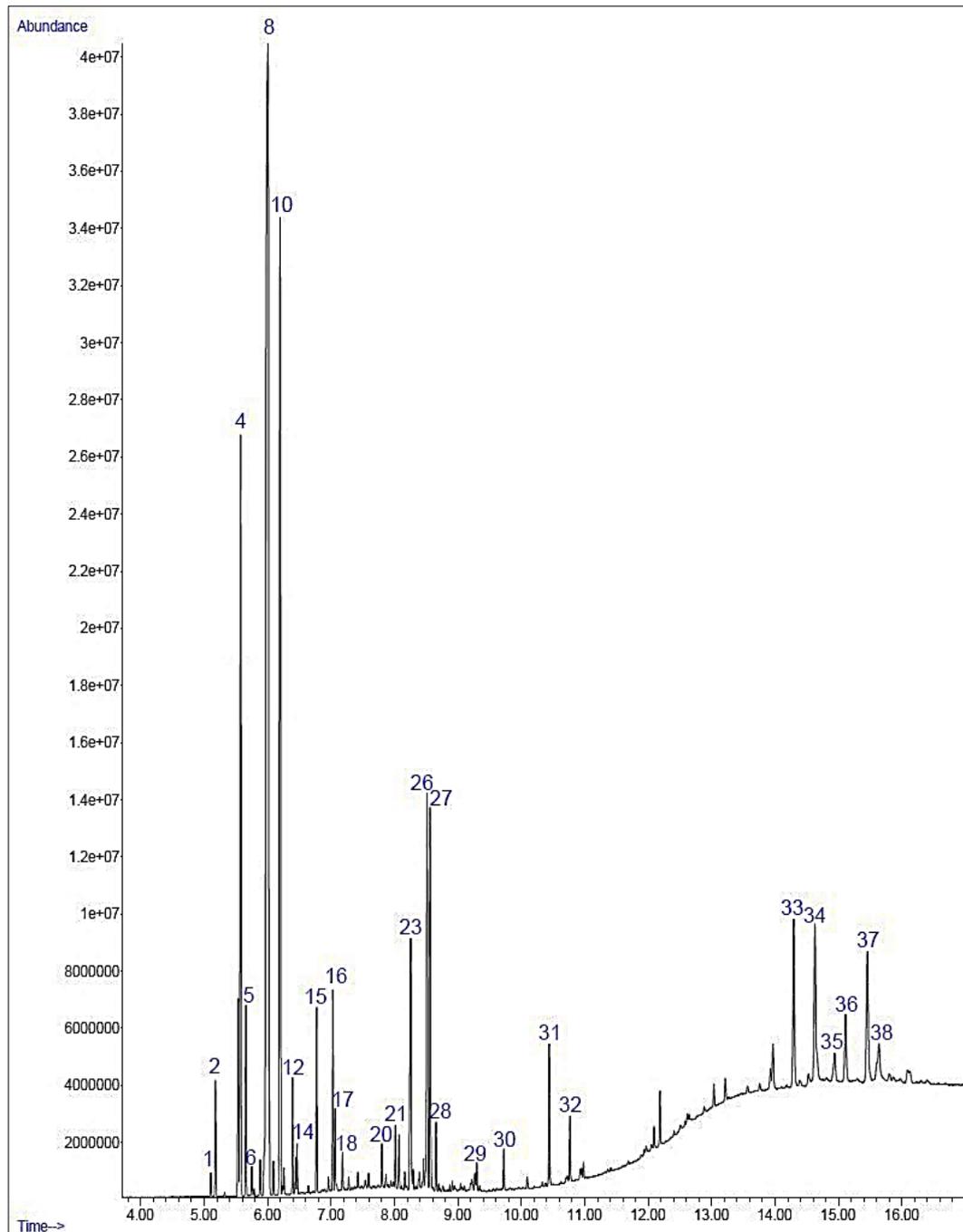


Nota. El eje de las (x) representa el tiempo de retención que se presentan en los componentes volátiles y el eje de la (y) el área que marca cada uno de ellos

En la Figura 16 se presenta los resultados de la identificación del número de picos que demuestra el perfil lipídico del aceite esencial y en la Tabla 27 se lo relaciona con el nombre del compuesto al que pertenece cada pico.

Figura 16

Identificación de picos altos y bajos de los compuestos volátiles



Nota. Identificación de los picos altos y bajos por (Farinango & Ramos, 2024)

Tabla 27*Compuestos volátiles del AE de LM mediante cromatografía de gases*

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	α -Tujeno	5,106	0,23
2	d- α -Pino	5,178	1,14
3	Sabineno	5,537	2,55
4	L- β -Pino	5,575	8,75
5	β -mirceno	5,658	2,08
6	Octanal	5,751	0,28
7	α -Terpinoleno	6,884	0,37
8	D-Limoneno	6,006	34,27
9	β -cis-Ocimeno	6,093	0,29
10	γ -Terpineno	6,197	12,26
11	Trans-Hidrato de Sabineno	6,258	0,24
12	Terpinoleno	6,395	0,99
13	Linalool	6,442	0,32
14	Trans-4-Tujanol	6,466	0,42
15	Citronelol	7,772	1,73
16	α -Terpineol	7,030	1,74
17	Decanal	7,065	0,77
18	Citronelol	7,182	0,37
19	α -Citral	7,425	0,19
20	2,6-Octadieno, 2,6-dimetil-	7,802	0,42
21	α -Copaene	8,014	0,52
22	β -Copaene	8,071	0,56
23	Trans- α -Bergamoteno	8,255	3,27
24	Cariofileno	8,255	0,20
25	Pentadecano	8,295	0,40
26	Germacreno D	8,457	5,61
27	β -Bisaboleno	8,514	3,73
28	δ -Cadineso	8,562	0,63
29	α -Bisabolol	8,655	0,27
30	Hexadecanal	9,298	0,39
31	Citrapteno	10,439	1,48
32	Fitol	10,765	0,63
33	Vitamina E	14,287	2,80
34	Pentametoxiflavona	14,622	3,52
35	Octasiloxano	14,931	0,70
	1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15--		
36	Estigmasterol	15,103	1,34
37	γ -Sitosterol	15,448	2,99
38	Octasiloxano	15,630	1,30
	1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15--		

Nota. Resultados obtenidos en el Laboratorio de investigación de la UEB por (Farinango & Ramos, 2024)

En la Tabla 27 se ilustra los resultados de cada pico identificado predominando el D- limoneno, este compuesto se le atribuye la característica principal a que emana un aroma a naranja mas no a limón, este atributo lo define Castro & Castro (2020) que se le encuentra en limones híbridos, atributo que se aplica en nuestro estudio debido a la variedad del limón.

4.3 Análisis bromatológico y microbiológico de HNC

a) Análisis bromatológico

La tabla 28 muestra los resultados porcentuales obtenidos de los análisis de Humedad, Cenizas, Fibra y Proteína con su respectivo método.

Tabla 28

Resultado del análisis bromatológico de la HNC de cáscara de LM

Propiedades	Harina no convencional de Cáscara de Limón mandarina	Método
Humedad (%)	13.68	UNE – ISO 18134-2
Cenizas (%)	0.42	UNE – ISO 18122
Fibra (%)	11.2	AOAC 962.09
Proteína	5.5	KJELDAHL

En cumplimiento a la NTE INEN 616, para humedad se obtuvo 13,68 % de acuerdo el parámetro máximo de humedad es de 14% por lo que nos encontramos dentro del límite máximo permitido al igual que el resultado en porcentaje de cenizas fue de 0.42 %, dentro de los límites permitidos, Sin embargo el porcentaje de Fibra fue mayor alcanzando un 11.02 % y proteína en menor cantidad indicando el 5.5 % , para comparación de datos Albuja (2023) también caracterizó una harina procedente de la deshidratación de cáscara de limón mandarina en el que reportó Humedad 10%, Cenizas 0,38 %, Fibra bruta 16% y Proteína 2% , según los datos indicados se evidencia diferencia entre el porcentaje de fibra donde nuestra harina no convencional obtuvo menor porcentaje a diferencia de la proteína donde superó los datos. Sin embargo Ambriz et al., (2020) caracterizó la cáscara de limón persa tras diferentes métodos de extracción donde reportaron que el contenido de proteína

fue de $6.31 \pm 0.12\%$ en H-SOX estos valores no difieren elocuentemente de los valores reportados en nuestro estudio.

b) Análisis microbiológicos

La harina no convencional al ser una materia prima proveniente del resultado de molienda o trituración que debe ser evaluada la inocuidad del alimento por lo que al no existir una Norma Vigente para harina no convencional de cáscara de limón nos basamos en dar cumplimiento a la NTE INEN 616 para harinas especiales de consumo alimentario, a continuación se presentan los requisitos microbiológicos así como las unidades formadoras de colonia y el método de ensayo aplicado para su identificación y cuantificación de E- coli, Mohos y Levaduras.

Tabla 29

Resultado del análisis microbiológico de la HNC de cáscara de LM

Requisitos	ufc/g	Método de ensayo
E-coli	Ausencia	Petrifilm AOAC 999.14
Mohos y Levaduras	Ausencia	Petrifilm AOAC 997. 02

Nota. Resultados obtenidos en el Laboratorio de investigación de la UEB por (Farinango & Ramos, 2024)

En la Tabla 29 se muestra los resultados en recuento de unidades de formación de colonia (ufc/g) presentes en muestra de la harina no convencional de cáscara de limón mandarina obtenida a partir del desecho resultante retenido en el vessel del Extractor por FSC, dando como resultado Ausencia de microorganismos de E- coli, así como de Mohos y Levaduras lo que indica cumplimiento a la normativa NTE INEN 616

4.4 Resultados del análisis sensorial de Té verde con HNC de cáscara de LM

El resultado obtenido por parte de los catadores para la evaluación sensorial de los 5 atributos con escala hedónica de 5 puntos para la formulación 1 del Té: Te verde 95% + Harina no convencional de cáscaras de limon mandarina 5% se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30*Resultado de 5 puntos de los jueces para la formulación 1*

FORMULACIÓN 1					
Pregunta de ordenamiento	Olor	Color	Sabor	Aroma	Aceptabilidad
Me gusta mucho	6	10	2	8	2
Me gusta moderadamente	6	9	8	7	7
No me gusta ni me disgusta	5	1	7	4	8
Me disgusta moderadamente	3	0	3	1	3
Me disgusta mucho	0	0	0	0	0
Total	20	20	20	20	20

Nota: Elaborado por (Farinango & Ramos, 2024)

El resultado obtenido por parte de los catadores para la evaluación sensorial de los 5 atributos con escala hedónica de 5 puntos para la formulación 2 del Té: Te verde 90% + Harina no convencional de cáscaras de limon mandarina 10% se muestra en la Tabla 30.

Tabla 31*Resultado de 5 puntos de los jueces para la formulación 2*

FORMULACIÓN 2					
Pregunta de ordenamiento	Olor	Color	Sabor	Aroma	Aceptabilidad
Me gusta mucho	7	9	9	8	9
Me gusta moderadamente	7	9	9	7	9
No me gusta ni me disgusta	6	2	2	4	2
Me disgusta moderadamente	0	0	0	1	0
Me disgusta mucho	0	0	0	0	0
Total	20	20	20	20	20

Nota: Elaborado por (Farinango & Ramos 2024)

El resultado obtenido por parte de los catadores para la evaluación sensorial de los 5 atributos con escala hedónica de 5 puntos para la formulación 3 del Té: Té verde

85% + Harina no convencional de cáscaras de limon mandarina 15 % se muestra en la Tabla 31.

Tabla 32

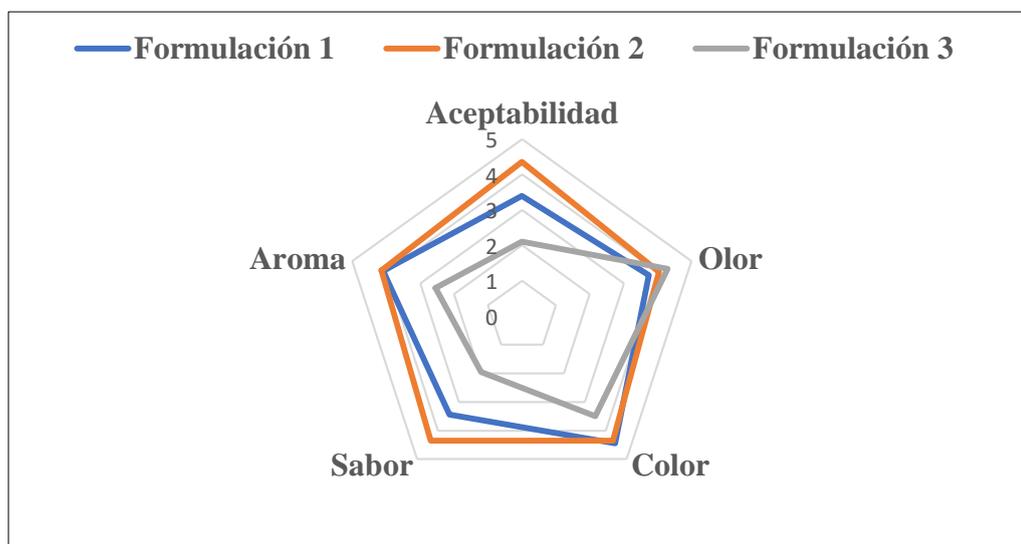
Resultado de 5 puntos de los jueces para la formulación 3

FORMULACIÓN 3					
Pregunta de ordenamiento	Olor	Color	Sabor	Aroma	Acceptabilidad
Me gusta mucho	9	3	0	1	0
Me gusta moderadamente	8	4	0	4	0
No me gusta ni me disgusta	3	13	3	4	4
Me disgusta moderadamente	0	0	13	7	14
Me disgusta mucho	0	0	4	4	2
Total	20	20	20	20	20

Nota: Elaborado por (Farinango & Ramos, 2024)

Figura 17

Perfil sensorial del té verde con HNC de cáscara de LM



Nota: Elaborado por (Farinango & Ramos 2024)

En la Figura 17 se puede observar el perfil sensorial de las tres formulaciones donde en el atributo “Olor” obtuvo mejor puntuación para la Formulación 3 con puntaje cercano al 5 esto se puede atribuir a que existe un mayor concentrado (15%) de

limón en el té, para el atributo “Color” existe similitud entre la formulación 1 y 2 con un promedio al 4.5, para el atributo “Sabor” predominó la Formulación 2 con puntuación cercana al 5 a diferencia de la Formulación 3 que obtuvo un promedio cercano al 1, para el atributo “Aroma” se atribuyó una mejor puntuación para la formulación 2 muy similar a la formulación 1.

Finalmente se puede evidenciar que los resultados de aceptabilidad del producto obtuvieron una mejor puntuación para la formulación 2 que corresponde al Té verde 90% + Harina no convencional de cáscaras de limon mandarina 10 % por otro lado, la formulación que menor puntuación obtuvo fue la formulación 3 que corresponde al Té verde 85 % + Harina no convencional de cáscaras de limon mandarina 15%.

Atributo Olor

Tabla 33

Análisis de varianza para el atributo Olor

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	3.03333	2	1.51667	1.93	0.1552 <i>ns</i>
Catadores	44.9	57	0.787719		
Total (Corr.)	47.9333	59			

Nota. ns: Diferencia no significativa.

La razón-*F*, que en este caso es igual a 1.92539, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-*P* es mayor que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa para la media de Olor entre un nivel de Formulaciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 34

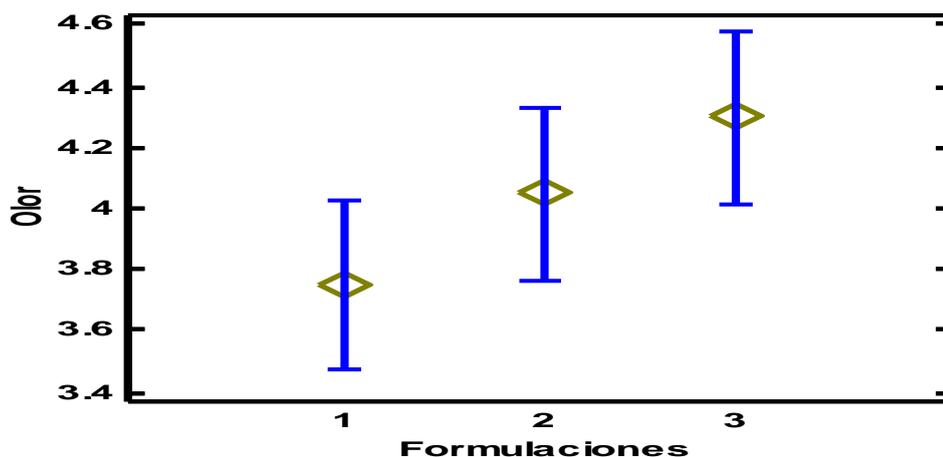
Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Olor por Formulaciones

Formulaciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	20	3.75	A
2	20	4.05	A
3	20	4.3	A

En la Tabla 34 se puede evidenciar que la prueba de rangos múltiple de LSD representa un solo grupo lo que nos indica que no existe diferencia estadística significativa entre las tres formulaciones.

Figura 18

Gráfica de medias para el atributo Olor



En la gráfica de medias para el atributo "Olor" Figura 18, se puede evidenciar las medias entre grupo de las tres formulaciones donde: Formulación 1 obtuvo una puntuación de 3 a 4, la formulación 2 obtuvo puntuación de 3 a 4, y para la formulación 3 el puntaje abordó de 4 a 5.

Atributo Color

Tabla 35

Análisis de varianza para el atributo Color

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	10.9	2	5.45	11.72	0.0001 **
Catadores	26.5	57	0.464912		
Total (Corr.)	37.4	59			

Nota. **: Diferencia altamente significativa

La tabla 35 descompone la varianza de Color en dos componentes, entre grupos e intra grupos. La razón- F , que en este caso es igual a 11.7226, Puesto que el valor- P de la prueba- F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Color entre las tres formulaciones, con un nivel del 95.0% de confianza.

Se puede observar esta diferencia en la tabla 36, que indica la prueba de Rangos Múltiples, LSD donde se observa al primer grupo Formulaciones 1 y 2 y la formulación 3 corresponde al segundo grupo, mostrando diferencia entre grupos.

Tabla 36

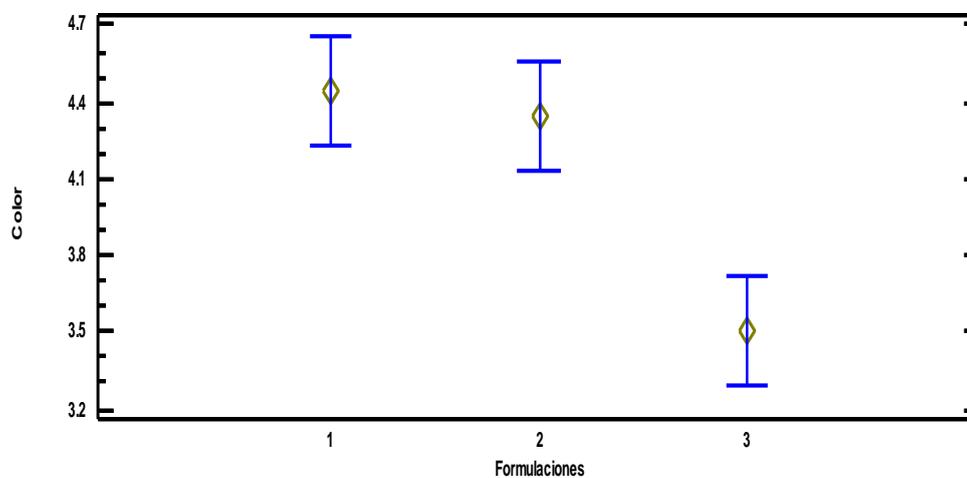
Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Color por Formulaciones

Formulaciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	20	3.5	B
2	20	4.35	A
1	20	4.45	A

En la siguiente figura se puede observar que las formulaciones 1 y 2 se aproximan a la puntuación alta lo que se juntan en un solo grupo a diferencia de la formulación 3 está más distante apreciando un grupo diferente.

Figura 19

Gráfica de medias para el atributo Color



Atributo Sabor

Tabla 37

Análisis de varianza para el atributo Sabor

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	58.8	2	29.4	55.03	0.0000 **
Catadores	30.45	57	0.534211		
Total (Corr.)	89.25	59			

Nota. **: Diferencia altamente significativa

Esta tabla de ANOVA descompone la varianza del atributo Sabor. La razón-F, que en este caso es igual a 55.0345, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Sabor entre un nivel de Formulaciones, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 38

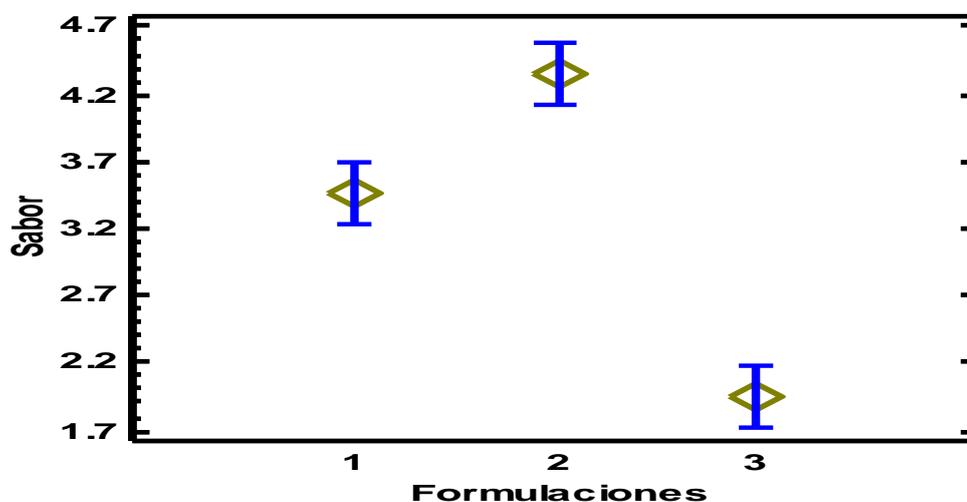
Formulaciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	20	1.95	C
1	20	3.45	B
2	20	4.35	A

Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Sabor por Formulaciones

En la tabla 37 y Figura 10 se puede ver la división de grupos homogéneos en donde se identifica que cada una de las formulaciones difiere significativamente una de otra para el atributo Sabor.

Figura 20

Gráfica de medias para el atributo Sabor



Atributo Aroma

La siguiente tabla muestra el análisis de varianza para el atributo Aroma descompuesto en dos componentes: un componente entre grupos y un componente intra grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 16.4634, es el cociente entre el estimad entre grupos y el estimado Intra grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa

entre la media de Aroma entre un nivel de Formulaciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 39

Análisis de varianza para el atributo Aroma

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	33.1	2	16.55	16.46	0.0000 **
Catadores	57.3	57	1.00526		
Total (Corr.)	90.4	59			

Nota. **: Diferencia altamente significativa

La tabla de las pruebas de múltiple rangos LSD muestra los grupos homogéneos para el atributo Aroma en donde la formulación 1 y 2 corresponde a un grupo con una media de 4.1 y la formulación 3 difiere al resto de las dos formulaciones ubicándole en otro grupo con una media de 2.55 de puntuación.

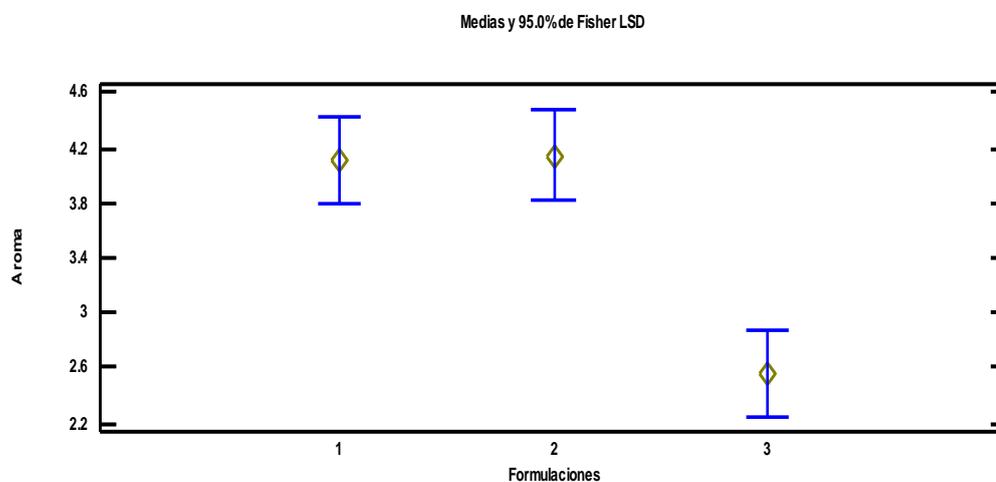
Tabla 40

Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Aroma por Formulaciones

Formulaciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	20	2.55	B
1	20	4.1	A
2	20	4.15	A

Figura 21

Gráfica de medias para el atributo Aroma



En la gráfica de medias para el atributo Aroma se identifica dos grupos homogéneos donde la formulación 1 y 2 del grupo A concentran su media en la puntuación 4 y la formulación 3 es otro grupo en donde su puntuación se aproxima a su media de 2.5.

Aceptabilidad

La tabla siguiente muestra el análisis de varianza para el atributo aceptabilidad, donde se obtiene un valor-P de 0,0000 lo que indica que al ser menor al 0,05 representa evidencia estadística altamente significativa con el 95 % de confianza

Tabla 41

Análisis de varianza para el atributo Aceptabilidad

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	51.0333	2	25.5167	49.90	0.0000 **
Catadores	29.15	57	0.511404		
Total (Corr.)	80.1833	59			

Nota. **: Diferencia altamente significativa

En la tabla 42 se muestra la prueba de Rangos Múltiples LSD entre los grupos homogéneos que se forman entre las tres formulaciones, en donde de acuerdo al porcentaje aplicados de cada formulación se han formado tres grupos que difieren significativamente uno de otro, siendo grupo A con una media de 4 para la formulación 2, grupo B una media de 3 para formulación 1 y grupo C una media de 2 para la formulación 3.

Tabla 42

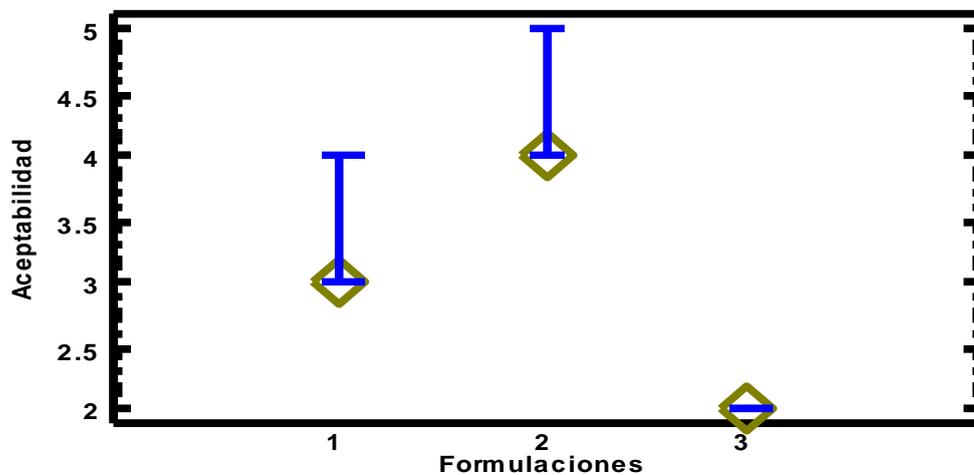
Pruebas de Múltiple Rangos LSD para Aceptabilidad por Formulaciones

Formulaciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	20	2.1	C
1	20	3.4	B
2	20	4.35	A

En la figura 22 se puede evidenciar que la formulación 2 obtuvo un mayor porcentaje de aceptabilidad mostrando una media de 4 a 5 a diferencia de la formulación 3 que muestra una media de 2 formando así tres grupos diferentes para el atributo aceptabilidad.

Figura 22

Gráfica de medias para el atributo Aceptabilidad



4.5 Presentación del producto terminado Té con adición de limón

En la figura 23 se presenta la etiqueta del producto en cumplimiento a la NTE INEN 1334-1.

Figura 23

Etiqueta del producto final



a) Vista Frontal

b) Vista Posterior

4.6 Comprobación de Hipótesis

Hipótesis Nula (H_0)

El aceite esencial y la harina no convencional obtenida tras el proceso de extracción mediante FSC no cumplen con los requisitos de calidad e inocuidad para aplicar en la obtención de un nuevo producto agroindustrial.

Hipótesis alternativa (H_a)

El aceite esencial y la harina no convencional obtenida tras el proceso de extracción mediante FSC cumplen con los requisitos de calidad e inocuidad para aplicar en la obtención de un nuevo producto agroindustrial.

Finalizado el estudio se demostró que el aceite esencial y la harina no convencional de la cáscara de limón mandarina obtenidos tras el proceso de extracción por FSC cumplen con los requisitos físico- químicos y microbiológicos de calidad e inocuidad alimentaria para ser empleados en la obtención de un producto

agroindustrial; afirmaciones que las respaldan los resultados de laboratorios reportados en la investigación, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 Conclusiones

- Los valores reportados en el análisis físico-químico del limón mandarina en fresco y seco evidencian características idóneas para ser aplicadas en el proceso, el contenido de humedad presenta una pérdida de agua adecuado para la extracción, además los volátiles totales reportados son un indicador de alto contenido de compuestos aromáticos.
- Los parámetros de operación para obtener un óptimo rendimiento en la extracción de aceite esencial mediante fluidos supercríticos con CO₂ como solvente fueron: Presión 45 MPa. Temperatura 55 °C, tamaño de partícula 0.55 mm, Flujo de CO₂ 0.5 – 2 mg/min. logran una maximización del 0.89% de rendimiento que por el tipo de matriz empleado resulta difícil alcanzar el 1% de rendimiento.
- Los análisis bromatológicos de la HCN de cáscara de limón mandarina presentaron los siguientes resultados: Fibra 11,2 %, Proteína 5.5 %, Humedad 13.68 %, Cenizas 0.42 % dando cumplimiento a la NTE INEN 616 y en el análisis microbiológico se identificó Ausencia de ufc/g de E-coli, Mohos y levaduras lo que es un indicador de inocuidad del alimento.
- La harina no convencional obtenida de la recuperación de residuos tras la extracción resultó una buena alternativa para la obtención de un nuevo producto, empleándola en la formulación de un té aromático, que al ser evaluado sensorialmente obtuvo una puntuación de 4.5 lo que indica “me gusta mucho” concluyendo gran aceptabilidad por parte de los catadores.

5.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones con un rango más amplio de temperatura para determinar de mejor manera el efecto que tiene sobre el rendimiento durante el proceso de extracción por FSC.
- Extraer mayor contenido de aceite esencial para realizar los análisis necesarios que garanticen la calidad de aceite obtenido y ampliar su aplicación en nuevos productos.
- Realizar análisis de algún tipo de contaminantes presentes en el residuo recuperado tras la extracción.
- Indagar las diferentes aplicaciones que se le puede dar a la harina no convencional de cáscara de limón según sus componentes bioactivos.
- Potenciar el aprovechamiento de los residuos de otras materias primas de interés agroindustrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A., Mora, J., Cabrera, D., & García, F. (2022). Comparative Study of the Chemical Composition, Total Phenols and Antioxidant Activity of *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* and *Citrus maxima*. *Saberes del Conocimiento*. Doi:10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.535-545
- Albuja, D. (2023). “Aprovechamiento de las cáscaras de la naranja y limón para la elaboración de una infusión”. Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial. Obtenido de <https://goo.su/qOEx4Nm>
- Alcivar, A. (2022). Respuestas de la imbibición de semillas de tres patrones de cítricos con diferentes concentraciones de Pectimorf® en la germinación. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://goo.su/qlD0z>
- Almeida, C. (2022) Diseño de una planta productora de colutorio dental con aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) extraído por fluidos supercríticos (FSC) Obtenido de <https://n9.cl/sgm9x>
- Ambriz, D., Palomares, I., Gómez, F., Mejías, N., Lizarde, N., Luna, K., & Santos, D. (2022). Potencial de la cáscara residual de limón persa como fuente de biocombustible. *Identidad Energética*. Obtenido de <https://goo.su/5ROcTj>
- Aucatoma, D., & Santillan, N. (2023). Aprovechamiento de residuos biomásicos del limón (*Citrus limon*), en la obtención de aceites esenciales, para la elaboración de productos agroindustriales en la provincia Bolívar. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.
- Avilés, M., & Días, J. (2021). Diseño de una destiladora industrial de alcohol. Obtenido de <https://lc.cx/RbkMtJ>
- Barragán, P. (2022) “Diseño de un concentrador de oxígeno de 5 litros por minuto de capacidad, para el laboratorio de manufactura de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”

- Barriga, M., Churata, A., & Tinoco, O. (2018). Optimization of seed oil extraction yield from *Vitis vinifera* with supercritical CO₂. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000200006
- Basantes, C. (2023). Elaboración de un té a base de uvilla (*Physalis peruviana L.*) Endulzado con stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) como edulcorante natural. Obtenido de <https://goo.su/eP2m>.
- Bravo, F. (2022). Elaboración de un estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora de té de hojas de guanábana (*Annona muricata*) y su comercialización en la ciudad de Santo Domingo. Informe Final de Integración Curricular, Modalidad Emprendimiento, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.
- Calizaya, U., Sotelo, A., & Chire, G. (2023). Dietary fiber, an important physicochemical component: a Peruvian case (Vol. 43). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v43n3/2224-6185-rtq-43-03-676.pdf>
- Cordero, D. (2021) “Diseño de un concentrador de oxígeno de 5 litros por minuto de capacidad, para el laboratorio de manufactura de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”
- Cornejo, R., & Huaranga, B. (2022) Aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales: Una Revisión Sistemática.
- Castillo, C. (2020). Extracción de aceites esenciales de los residuos de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis L.*), mandarina (*Citrus reticulata*) y limón (*Citrus aurantifolia Swingle*) para su uso como aditivo en la elaboración de un jabón artesanal. Obtenido de <https://goo.su/Y2sG44>
- Castro, L., & Castro, D. (2020). Composición fitoquímica de los aceites esenciales de (*Syzygium aromaticum*) y (*Citrus limonia*) y actividad antimicrobiana

frente a *Staphylococcus aureus* subsp. *Aureus* cepa ATCC 25923. Obtenido de <https://n9.cl/icvicx>

Ceballos, V., & Londoño, L. (2022). Aceites esenciales en la conservación de alimentos. Programa de Microbiología. Universidad Libre Seccional Pereira.

Cerna, L., & Torres, J. (2020). Obtención de aceite esencial a partir de residuos utilizando un sistema de hidrodestilación convencional acoplado a un equipo de microondas para su extracción óptima. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Obtenido de <https://goo.su/yiE0>

Córdova, Y., & Velasquez, J. (2021). Cinética de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor a escala piloto de la naranja, mandarina, lima y limón". Tesis para obtener el Título de Ingeniería Química. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/52e89805-352d-4efa-aa92-a931faede69c/content>

Cornejo, R., & Huaranga, B. (2022). Aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales: Una Revisión Sistemática. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental.

De Ramón, A. (2019). Aplicación de técnicas de modelado para la optimización de la energía generada en pilas de combustible microbianas. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/8285/tfg-ram-apl.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Del Puerto, M., & Maldonado, N. (2022). Extracción de pectina a partir de diferentes materias primas: evaluación y validación del proceso. Trabajo de Grado para a la obtención del título de grado en Ingeniería Química.

Díaz, N. (2022). Optimización de procesos utilizando metodología de superficie de respuesta. Memoria para optar el título profesional de ingeniera en industrias alimentarias. Obtenido de <https://goo.su/J0Up>

- Domínguez, J., & Rosero, E (2021) Aprovechamiento de residuos biomásicos tras proceso postcosecha de pulpas en la producción de papel. UTE
- EEOC. (2023). La cáscara del limón y sus posibilidades productivas. Obtenido de <https://www.avance.eeaoc.gob.ar/articulo/la-cascara-del-limon-y-sus-posibilidades-productivas/>
- ESPAC. (2022). Tabulados de encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Espinel, A. (2020) Actividad antimicrobiana del aceite esencial de tres especies de cítricos contra *escherichia coli* y *staphylococcus aureus*.
- Flores, N. (2022) “Obtención de un aceite esencial extraído de la cáscara de la mandarina *citrus reticulata l.* para control de mosca blanca *trialeurodes vaporariorum w.*” <https://goo.su/0o8dH1>.
- Franco, G. (2019). Valorización de la cáscara de cítricos como fuente de antioxidantes para la industria alimentaria mediante el empleo de procesos de extracción no convencionales. Obtenido de <https://goo.su/9q9GhK>
- García, W., & Granja, F. (2020) Respuesta morfológica en diferentes especies de cítricos usadas como portainjertos, sometidas a estrés salino e hídrico bajo condiciones de invernadero. CEDAMAZ Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia.
- González, L., & Arguello, C. (2019). Guía Técnica Cultivo de cítricos. San Lorenzo, Paraguay, FCA UNA.
- Granda, J. (2021) La producción de cítricos y su incidencia en las exportaciones de frutas no tradicionales en el Ecuador. <https://n9.cl/gj730>
- Guerra, E., Baños, M., Luna, A., González, N., & Jimenez, R. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario European Scientific Journal. Doi:10.19044/esj.2020.v16n6p12

- Guevara, L. (2021). Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos cárnicos. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32590/1/AL%20776.pdf>
- Guillén, M. (2022). Aplicación del ultrasonido en la extracción por hidrodestilación y microondas de aceite esencial de cáscara de limón (*Citrus aurantifolia*). Lima, Perú. Obtenido de <https://goo.su/sOiJ>
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. McGraw-hill/interamericana editores, s.a. de c.v.
- Herrera, P., García, C., & Delgado, L. (2019). Eficacia disolvente y citotoxicidad del aceite de cáscara de limón (*Citrus limon*). Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1019-43552019000300005
- Hidalgo, P. (2022). Extracción mediante CO₂ supercrítico (*Urtica leptophylla Kunth*) de la Sierra Ecuatoriana. Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Química. Obtenido de <https://goo.su/YgWWhoE>
- IICA, (2021). Limon mandarina (*Citrus x limonia*) <https://n9.cl/kpisq>
- INEN, (2007). Requisitos - Hierbas aromáticas - NTE INEN 2392.
- INEN, (2013) Control microbiológico de los alimentos determinación de coliformes fecales y E. coli. INEN 1 529-8.
- Larrosa, S. (2021). Efectos sobre la salud de la ingesta de fibra y su adecuación a las recomendaciones en niños europeos. Obtenido de <https://goo.su/POY4D>
- Lucio, J., & Vásquez, K. (2022). Aprovechamiento del residuo de cáscara de naranja tras la extracción de aceite esencial para la elaboración de galletas. Tesis de Grado Universidad Estatal de Bolívar para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Obtenido de <https://goo.su/kyAhwC>
- Luna, V. (2023). “Aprovechamiento de los pétalos de rosa como mermas para la obtención de aceite esencial en la empresa MIDI FLOWERS”. Trabajo de

Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial - Universidad Nacional de Chimborazo.

Macías, A., & Moreira, D. (2019). “Parámetros hídricos y fluctuación de la producción del limón [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] bajo distintas láminas de riego”. Obtenido de <https://goo.su/UcKbkdQ>

Medina, C. (2022) Actividad repelente e insecticida de aceites esenciales de plantas medicinales. Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Investigación composición, previa la obtención de Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato.

Mero, K. (2020) Análisis de la producción y comercialización del limón (*Citrus aurantifolia*) en la zona de cerecita Guayas.

Mora, A. (2022) Producción y comercialización de mandarina (*Citrus reticulata*) en la provincia de Imbabura año 2019. <https://goo.su/yUxxObG>

Morillo, O., Fernández, S., Hernández, H., Castillo, G., & Marquina, G. (2010). Optimización de los parámetros de extracción de aceite de palma africana utilizando CO₂ supercrítico (Vol. 22). Bioagro. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85716999001.pdf>

Morocho, G., Pacheco, C., Verdugo, D., Domínguez, L., & Echavarría, A. (2021). Aprovechamiento de los residuos agrícolas del epicarpio de la manzana (*Pyrus malus linnaeus*) para la obtención de harina. Obtenido de <https://goo.su/YxDP>

Mosquera, J. (2021). Desarrollo de materiales bioactivos con potencial aplicación odontológica mediante impregnación asistida por CO₂ supercrítico. Tesis Doctoral UNC. Obtenido de <https://goo.su/OghG8O>

Ordoñez, G., Reategui, D., & Villanueva, J. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos (Vol. 9). Scienta Agropecuaria. Obtenido de <https://goo.su/EhgF>

- Paipa, C., & Ruda, N. (2022) Modelamiento y simulación del proceso de extracción de cannabinoides con CO₂ supercrítico como solvente y etanol como cosolvente mediante el uso herramientas de cómputo.
- Pérez, J. (2019). Obtención de aceite esencial y pectinas de la cascara de naranja y diseño de la unidad de extracción. Obtenido de <https://goo.su/PY5o>
- Pérez, J. (2023). Formulación y análisis de un producto tipo cupcake a base de harina de quinatostada (*Chenopodium quinoa will "Carl Otto"*) y harina de trigo (*Triticum aestivum "Carlos Linneo"*).
- Pinto, O. (2020). Obtención de aceite esencial a partir de cáscara de limón para la industria cosmética a nivel bench scale. Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Químico. Obtenido de <https://goo.su/Vnwf>
- Quirumbay, J. (2021) "Determinación de las propiedades físicas y relaciones matemáticas de limón sutil (*citrus aurantifolia swingle*) cultivado en la comuna Febres Cordero"
- Ramos, C. (2020). Extracción de aceites esenciales de los residuos de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis L.*), mandarina (*Citrus reticulata*) y limón (*Citrus aurantifolia Swingle*) para su uso como aditivo en la elaboración de un jabón artesanal. Obtenido de <https://goo.su/1KExRz>
- Ramos, J., Corona, R., Arriola, E., & Guatemala, G. (2015). Extracción enzimática de limoneno en cáscara de limón. Obtenido de <https://goo.su/JNtOz6p>
- Reyes, A. (2022). Relación entre la ingesta de fibra dietética y el estado nutricional en los trabajadores del convento dominicas de la inmaculada concepción del distrito de San Isidro, Lima, 2021. Tesis para optar el título de licenciado en nutrición humana. Obtenido de <https://goo.su/MlxK>
- Romero, D. (2020). "Estudio de la extracción a alta presión de activos de piel de limón y su posible uso en la impregnación de CO₂ supercrítico en la obtención de envases activos para su uso alimentario".
- Rosales, B., & Velasquez, D. (2019). "Obtención de harina de la cáscara del limón para la elaboración del bioplástico y determinación de su biodegradabilidad,

Lima 2019”. Trabajo de investigación para obtener el grado académico de bachiller en ingeniería ambiental .

Rubiano, V., Montaña, M., & Da Silva, N. (2022). Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria (Vol. 6). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. Obtenido de DOI: <https://goo.su/ESCvL20>

Santana, R. (2020) Efecto de cuatro láminas de riego en la producción de limón sutil (*citrus aurantifolia*) en el sector de la ponga, parroquia colonche, provincia de santa elena.

Sin, C., Britos, M., Chamorro, E., Cáceres, M., D, F., & Ortega, S. (2021). Essential oils with antibacterial activity: possible uses and administration in the dental practice. (Vol. 2). Obtenido de <https://goo.su/v8DGDC>

Sornoza, C. (2022) “Efecto de tres frecuencias de riego en el desarrollo morfofenotípico en el cultivo de limón (*Citrus limón*) (L.) *Burm. F.*”

Tinoco, D. (2020). “Estudio de la extracción a alta presión de activos de piel de limón y su posible uso en la impregnación de CO₂ supercrítico en la obtención de envases activos para su uso alimentario”. Obtenido de <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/23514/TFG.pdf?Sequence=2&isallowed=y>

Toapanta, S., Delgado, A., Santamaría, J., García, E., & Delgado, R. (2022). Optimización del proceso de extracción Soxhlet del diente de león (*taraxacum officinale*) usando criterios de diseño de experimentos Box-Behnken (Vol. 1). Obtenido de <https://goo.su/RRMv>

Urrunaga, M., Del Carpio, C., Gutierrez, R., & Tomaylla, C. (2022). Propiedades fisicoquímicas, composición química y actividad antioxidante del aceite esencial de *Citrus jambhiri* (Limón rugoso) (Vol. 88). Revista de la Sociedad Química del Perú.

Vaca, T. (2023). Obtención de Aceite Esencial a partir de la Cascara y Bagazo de naranja por Arrastre de Vapor e Hidrodestilación. Trabajo de titulación

modalidad Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Químico. Obtenido de <https://goo.su/Dsel>

Valdez, V. (2017). Optimización del rendimiento y determinación del contenido de limoneno del aceite esencial de flavedo de mandarina. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial y Comercial.

Valencia, L., & Montoya, A. (2021). Harinas no convencionales con alto contenido proteico elaboradas a partir de legumbres y sus aplicaciones en la industria de alimentos: Revisión bibliográfica. Trabajo de grado en modalidad monografía para optar por el título de Ingeniero de alimentos. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/902f66b0-1231-4a23-8bdc-92a6a4e10413/content>

Vargas, M., Figueroa, H., Tamayo, J., & Toledo, V. M. (2019). Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. (Vol. 26). CIENCIA ergo-sum,.

Vélez, B., Pita, M., Moreira, K., Pin, D., Oyervide, A., & Riera, M. (2019). Obtención de Aceite Esencial de romero con fines cosméticos. Panamá: Tecnológico PRISMA. Obtenido de <https://goo.su/yKWCBI>

Vera, D. (2023) Efecto complementario de cuatro inductores florales sobre la floración y fructificación del cultivo de limón (*citrus limón*).

Vera, S., & Quiroz, M. (2021). “Diseño de planta piloto para la extracción de compuestos fenólicos a partir de residuos de café usando CO₂ como fluido supercrítico”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico.

Viera, O., Morales, S. (2020) Comparación de los métodos de extracción para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos empleando soxhlet y baño ultrasónico.

Villegas, M. (2018) Elaboración de una barra de chocolate endulzado con componentes de jícama (*Smallanthus sonchifolius*) para confites “El Salinerito” UTA.

Zambrano, I. (2022). "Propuesta de implementación de una línea de producción industrial de mix de harinas con valor biológico". Obtenido de <https://goo.su/ANU8>

ANEXOS

Anexo 1. Localización de la investigación



Anexo 2. Caracterización de las propiedades físico-químicas del LM



Peso del limón



Diámetro polar y ecuatorial



pH



° Brix

Anexo 3. Análisis químico y proximal de la cáscara de LM



Preparación de muestras



Determinación de cenizas



Determinación de humedad



Análisis elemental

Anexo 4 Resultados de las propiedades físico-químicas de LM proveniente del Cantón Shushufindi

Limón Mandarina (R1)								
N° Muestra	Peso Fruta (g)	Diámetro Polar (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Fruto sin cáscara (g)	Cáscara fresca (g)	Cáscara seca (g)	° Brix	pH
1	160.45	48.54	66.59	112.84	47.61	7.63	6.55	2.40
2	149.87	43.28	62.09	106.01	43.86	8.45	6.45	2.39
3	201.56	68.07	72.62	138.08	63.48	10.86	6.43	2.50
4	176.43	61.64	70.84	118.31	58.12	9.65	7.25	2.41
5	148.81	41.07	60.16	95.86	52.95	7.95	6.45	2.40
6	190.53	59.51	70.71	130.38	60.15	10.43	7.00	2.42
7	187.45	57.62	69.05	135.2	52.25	11.45	5.75	2.38
8	189.99	54.57	69.65	142.79	47.2	8.03	6.30	2.45
9	200.53	70.43	81.26	145.1	55.43	10.05	6.46	2.40
10	196.45	69.02	78.72	138.93	57.52	10.25	6.50	2.41
Media	179.130	56.462	69.897	125.255	53.523	9.386	6.503	2.416
Des. E	20.271	10.508	6.521	17.006	6.262	1.357	0.398	0.035
CV	11.316	18.610	9.329	13.577	11.700	14.452	6.123	1.450

Limón Mandarina (R 2)

Nº Muestra	Peso Fruta (g)	Diámetro Polar (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Fruto sin cáscara (g)	Cáscara fresca (g)	Cáscara seca (g)	° Brix	pH
1	203.53	69.51	80.71	135.38	68.15	11.33	7	2.4
2	184.45	67.62	79.04	132.2	52.25	10.25	6.3	2.5
3	189.96	54.57	69.65	142.76	47.2	9.03	6.3	2.35
4	200.53	70.43	93.26	145.1	55.43	10.75	6.45	2.4
5	196.45	59.02	88.72	129.13	67.32	10.45	6.5	2.41
6	160.45	48.54	66.59	101.84	58.61	8.63	7.15	2.4
7	219.87	53.28	62.19	176.01	43.86	9.85	6.45	2.3
8	201.36	68.07	84.62	137.88	63.48	10.56	6.45	2.5
9	186.43	61.67	70.84	126.68	59.75	9.65	6.3	2.4
10	165.81	51.07	60.16	114.96	50.85	9.95	6.45	2.4
Media	190.117	59.864	74.810	132.932	56.140	10.015	6.529	2.405
Des. E	17.798	8.236	11.357	19.604	8.257	0.807	0.296	0.320
CV	9.362	13.757	15.181	14.747	14.707	8.053	4.538	12.839

Limón Mandarina (R 3)

N° Muestra	Peso Fruta (g)	Diámetro Polar (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Fruto sin cáscara (g)	Cáscara fresca (g)	Cáscara seca (g)	° Brix	pH
1	170.92	48.25	68.56	116.97	53.95	10.34	6.35	2.4
2	154.86	52.32	66.98	103.1	51.76	10.05	6.42	2.4
3	148.85	51.08	67.65	99.26	49.59	10.03	6.55	2.4
4	181.97	59.04	70.23	115.4	66.57	11.75	7.22	2.5
5	180.95	55.72	67.53	115.5	65.45	11.95	6.65	2.4
6	179.83	50.39	64.9	122.29	57.54	10.62	6.45	2.45
7	165.66	49.71	58.22	117.4	48.26	9.65	6.51	2.45
8	182.93	58.9	67.75	127.03	55.9	10.88	5.85	2.4
9	159.99	61.67	71.88	118.12	41.87	10.65	6.33	2.4
10	168.72	66.95	74.52	119.62	49.1	10.95	6.75	2.4
Media	169.070	55.110	67.416	115.186	53.512	10.665	6.500	2.420
Des. E	12.121	6.102	21.782	8.341	7.701	0.736	0.348	0.035
CV	7.169	11.072	32.309	7.241	14.392	6.898	5.350	1.445

Anexo 5. Cinética de extracción de aceite esencial de limón mandarina por FSC

N°	PVi	PVf	RA (g)	t1	CE (t1)	t2	CE(t2)	RA(t2)	t3	CE(t3)	RA(t3)	t4	CE(t4)	RA(t4)	t5	CE(t5)	RA(t5)	t6	CE(t6)	RA(t6)	t7	CE(t7)	RA(t7)	t8	CE(t8)	RA(t8)	% RA
1	23.864	27.218	3.354	24.453	0.589	25.015	0.562	1.151	25.569	0.554	1.705	26.623	1.054	2.759	26.797	0.174	2.933	26.896	0.099	3.032	27.073	0.177	3.209	27.218	0.145	3.354	0.780
2	24.327	26.754	2.427	24.745	0.418	25.126	0.381	0.799	25.653	0.527	1.326	25.968	0.315	1.641	26.176	0.208	1.849	26.454	0.278	2.127	26.662	0.208	2.335	26.754	0.092	2.427	0.564
3	24.063	26.566	2.503	24.643	0.580	24.945	0.302	0.882	25.318	0.373	1.255	25.734	0.416	1.671	25.996	0.262	1.933	26.167	0.171	2.104	26.383	0.216	2.320	26.567	0.184	2.504	0.582
4	24.515	27.347	2.832	25.034	0.519	25.665	0.631	1.150	26.015	0.350	1.500	26.567	0.552	2.052	26.964	0.397	2.449	27.034	0.070	2.519	27.254	0.220	2.739	27.347	0.093	2.832	0.659
5	24.108	27.563	3.455	24.879	0.771	25.549	0.670	1.441	25.999	0.450	1.891	26.624	0.625	2.516	26.996	0.372	2.888	27.203	0.207	3.095	27.436	0.233	3.328	27.563	0.127	3.455	0.803
6	24.424	27.560	3.136	25.101	0.677	25.828	0.727	1.404	26.227	0.399	1.803	26.667	0.440	2.243	26.854	0.187	2.430	27.148	0.294	2.724	27.424	0.276	3.000	27.560	0.136	3.136	0.729
7	24.298	26.557	2.259	24.648	0.350	24.921	0.273	0.623	25.003	0.082	0.705	25.610	0.607	1.312	25.816	0.206	1.518	26.034	0.218	1.736	26.432	0.398	2.134	26.557	0.125	2.259	0.525
8	24.319	27.913	3.594	24.927	0.608	25.303	0.376	0.984	25.961	0.658	1.642	26.649	0.688	2.330	27.156	0.507	2.837	27.487	0.331	3.168	27.507	0.020	3.188	27.913	0.406	3.594	0.836
9	24.219	27.160	2.941	24.675	0.456	24.792	0.117	0.573	25.245	0.453	1.026	25.756	0.511	1.537	25.994	0.238	1.775	26.342	0.348	2.123	26.973	0.631	2.754	27.160	0.187	2.941	0.684
10	24.455	27.975	3.520	24.949	0.494	25.738	0.789	1.283	26.208	0.470	1.753	26.640	0.432	2.185	27.228	0.588	2.773	27.329	0.101	2.874	27.537	0.208	3.082	27.975	0.438	3.520	0.819
11	24.356	26.724	2.368	24.553	0.197	24.983	0.430	0.627	25.124	0.141	0.768	25.237	0.113	0.881	25.756	0.519	1.400	26.245	0.489	1.889	26.634	0.389	2.278	26.724	0.090	2.368	0.551
12	24.267	27.201	2.934	24.683	0.416	25.136	0.453	0.869	25.589	0.453	1.322	26.041	0.452	1.774	26.562	0.521	2.295	26.912	0.350	2.645	27.059	0.147	2.792	27.201	0.142	2.934	0.682
13	24.578	28.104	3.526	25.312	0.734	26.020	0.708	1.442	26.758	0.738	2.180	27.327	0.569	2.749	27.691	0.364	3.113	27.986	0.295	3.408	28.100	0.114	3.522	28.104	0.004	3.526	0.820
14	24.185	27.672	3.487	24.693	0.508	25.351	0.658	1.166	25.815	0.464	1.630	26.238	0.423	2.053	26.897	0.659	2.712	27.356	0.459	3.171	27.531	0.175	3.346	27.672	0.141	3.487	0.811
15	23.986	27.501	3.515	24.481	0.495	24.897	0.416	0.911	25.357	0.460	1.371	25.842	0.485	1.856	26.549	0.707	2.563	27.015	0.466	3.029	27.375	0.360	3.389	27.501	0.126	3.515	0.817
16	24.601	28.095	3.494	25.164	0.563	25.703	0.539	1.102	25.991	0.288	1.390	26.652	0.661	2.051	27.437	0.785	2.836	27.799	0.362	3.198	27.99	0.191	3.389	28.095	0.105	3.494	0.813

Anexo 6. Obtención de aceite esencial por FSC y recuperación de residuo



Preparación del equipo



Parámetros de operación



Obtención de aceite esencial



Residuo tras la extracción

Anexo 7. Análisis de los indicadores de calidad en aceite esencial



Sólidos totales en AE



Índice de refracción



Colocación del vial con muestra en el cromatógrafo de gases.

Anexo 8. Análisis bromatológico y microbiológico de la harina no convencional



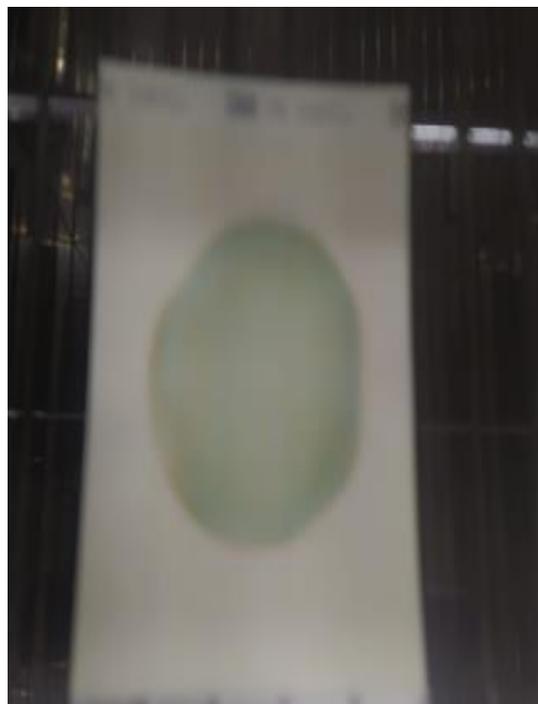
Análisis bromatológico



Preparación de agua peptonada y muestra



Incubación de E-coli



Incubación de Mohos y levaduras

Anexo 9. Análisis sensorial del té verde con HNC de cáscara de LM



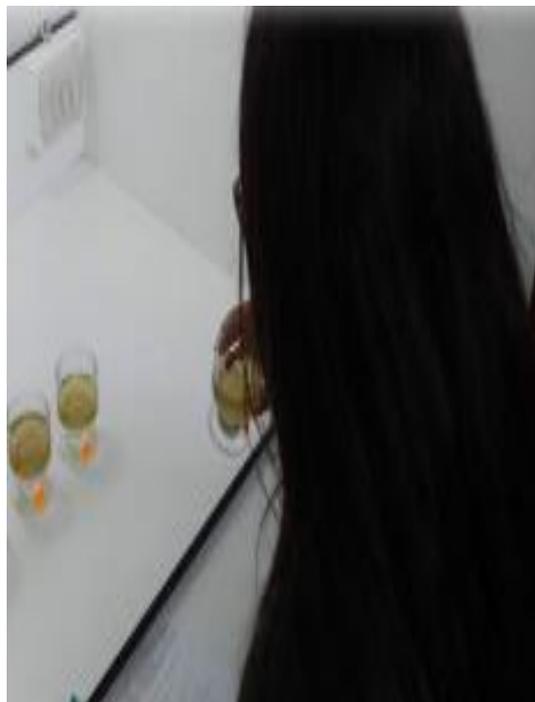
Tres formulaciones de Té



Día 1 de Cataciones



Día 2 de Cataciones



Día 2 de Cataciones

Anexo 10. Ficha de evaluación sensorial



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS,
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EVALUACIÓN SENSORIAL

INFUSIÓN DE TÉ VERDE CON ADICIÓN DE LIMÓN MANDARINA

Fecha: **Nombre:**

Instrucciones: Evaluar cada una de las características de calidad y aceptabilidad.

Marque con una **X** la casilla que mejor indique su sentido a cerca de la muestra.

Características	Alternativas	T1	T2	T3
Olor	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
Color	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
Sabor	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
Aroma	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
Aceptabilidad	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			

Fuente: (Basantes, 2023), modificado.

Observaciones.....

Anexo 11. Resultados de laboratorio



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-23-02-24 -1678
ORDEN DE TRABAJO No. 24-1159

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE		
SOLICITADO POR: FARINANGO PINEIDA EVELYN JHOANA	DIRECCIÓN: TABACUNDO	
TELÉFONO: 0993008262	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: LIMÓN MANDARINA
IDENTIFICACIÓN: HARINA DE CÁSCARA DE LIMÓN MANDARINA		
FE: 09-02-2024 FV: 09-06-2024		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR:	SOLICITANTE:	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 15/02/2024
FECHA DE ANÁLISIS:	15-23/02/2024	FECHA DE ENTREGA: 23/02/2024	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA:	24-3051	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO MATRIZ	CÓDIGO INICIAL: M1

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	FIBRA BRUTA	%	11,2	-	PEE.LASA.BR.01 AOAC 962.09
2	PROTEÍNA (L 6,25)	%	5,5	-	PEE.LASA.FQ.11 KJELDAHL

Q.A. Belén Saavedra
ASISTENTE TÉCNICO



Elaborado por: Belén Saavedra

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.

Lasa se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a la muestra sometida a ensayo y que ha sido recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.

Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.

El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
	Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2023
		Página	Página 1 de 2

INFORME N° 168-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
Solicitante	Jehison Dario Ramos Moreno y Evelyn Jhoana Farinango Pineida						
Muestra	Cáscara de limón mandarina (<i>Citrus x limonia</i>)						
Código asignado UEB	INV-353						
Estado de la muestra	Sólido fresco						
Envase de recepción	Frascos de plástico						
Análisis requerido(s)	Porcentaje de carbono, nitrógeno, hidrógeno y azufre en materia fresca						
Fecha de recepción	27-06/2023						
Fecha de análisis	27-06/2023						
Fecha de informe	28-06-2023						
Técnico (s) asignado	MIPV						
RESULTADOS OBTENIDOS							
Código de laboratorio	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado	Promedio	
INV- 353	Cáscara de limón mandarina. R1	Carbono	%	UNE-EN ISO 16948	8,00	7,80	
	Cáscara de limón mandarina. R2				7,95		
	Cáscara de limón mandarina. R3				7,45		
	Cáscara de limón mandarina. R1	Nitrógeno	%	UNE-EN ISO 16948	0,25	0,247	
	Cáscara de limón mandarina. R2				0,25		
	Cáscara de limón mandarina. R3				0,25		
	Cáscara de limón mandarina. R1	Hidrógeno	%	UNE-EN ISO 16948	5,18	5,26	
	Cáscara de limón mandarina. R2				5,05		
	Cáscara de limón mandarina. R3				5,55		
	Cáscara de limón mandarina. R1					0,056	

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Lagunacoto II, Km. 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 2 de 2

Cáscara de limón mandarina. R2	Azufre	%	UNE-EN ISO 16948	0,056	0.055
				0,054	
Cáscara de limón mandarina. R3					

Las muestras son realizadas con tres réplicas



Dr. Favian Bayas Morejón
Director DIVIUEB

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°071

Solicitante	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Muestra	Evelyn Farinango – Dario Ramos
Código asignado UEB	Cáscara de limón – mandarina pulverizadas
Estado de la muestras	INV073
Envase de recepción	Pulverizadas
Análisis requerido(s)	Bolsas plásticas
Fecha de recepción	Ceniza, humedad
Fecha de análisis	03 de enero de 2024
Fecha de informe	03 - 05 de enero de 2024
Técnico (s) asignado	07 de enero de 2024
	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV073	Cáscara de limón mandarina pulverizada	Humedad	%	AOAC 925.10	13,68
		Ceniza	%	AOAC 923.03	0,42

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.



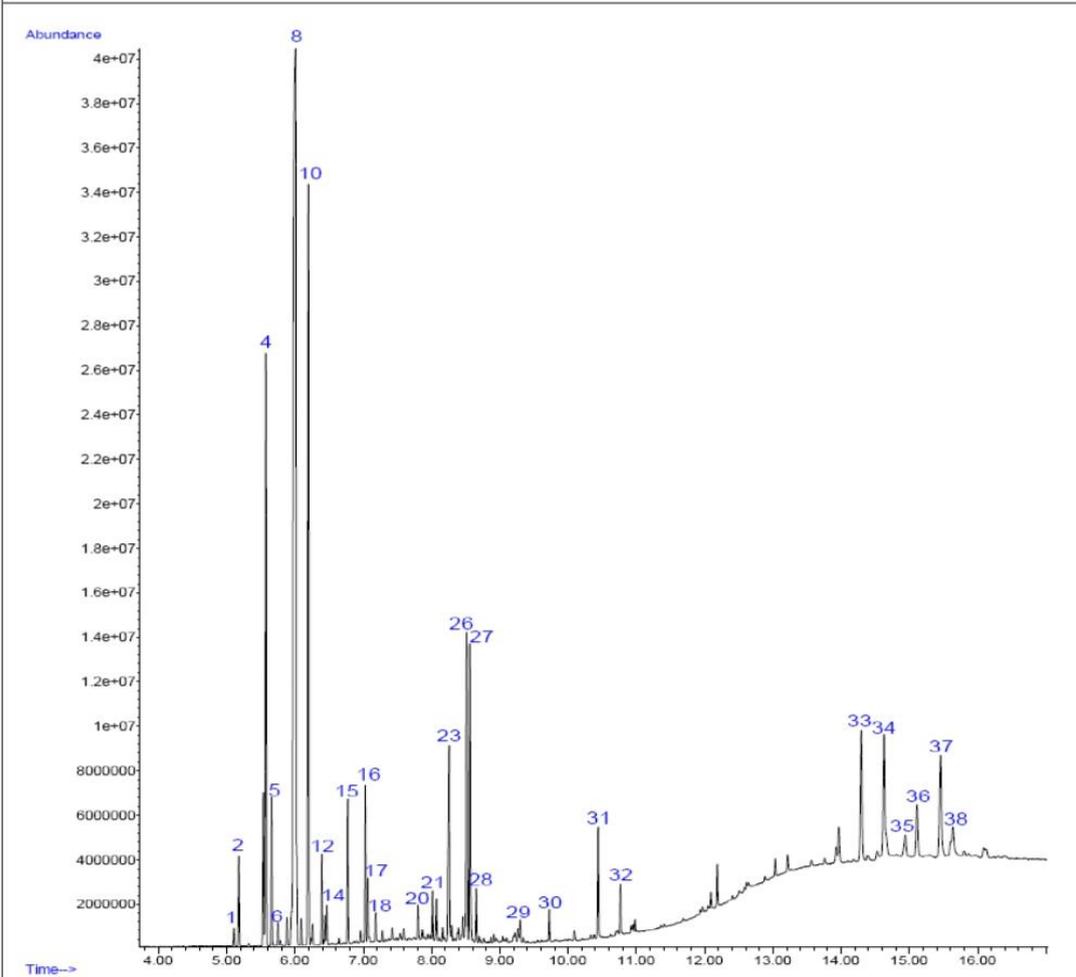
 Ing. Favian Bayas, PhD
 Director DIVIUEB

	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FGP12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2024
		Página	Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYOS N°083-2024

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Evelyn Jhoana Farinango Pineida - Jehison Dario Ramos Moreno
Muestra	Aceite esencial de cascara de limón mandarina
Código asignado UEB	INV 080
Estado de la muestra	Líquido
Envase de recepción	Frasco de vidrio con 2 mL aprox de muestra
Análisis requerido(s)	Identificación compuestos volátiles mediante cromatografía de gases con espectrometría de masas
Fecha de recepción	19 de febrero de 2024
Fecha de análisis	19 al 21 de febrero de 2024
Fecha de informe	21 de febrero de 2024
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2024
			Página	Página 2 de 3

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 A	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		<p>Temperatura del inyector: 200 °C; Gas portador: Helio a un flujo de 1 mL/min Volumen de inyección: 1 µL en inyección Split 50:1; Programa térmico: Temperatura del horno 50 °C durante 3 minutos, se incrementó de 50 °C a 250 °C a razón de 30 °C/min; posteriormente la temperatura se elevó de 250 °C a 320 °C a razón de 25 °C/min durante 12 minutos.</p> <p>Temperatura del detector: 260 °C Tiempo total de corrida: 24.47 minutos</p>	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	α-Thujene	5,106	0,23
2	d-α-Pinene	5,178	1,14
3	Sabinene	5,537	2,55
4	L-β-Pinene	5,576	8,75
5	β-mircene	5,658	2,08
6	Octanal	5,751	0,28
7	α-Terpinolene	5,884	0,37
8	D-Limonene	6,006	34,27
9	β-cis-Ocimene	6,093	0,29
10	γ-Terpinene	6,197	12,26
11	trans-Sabinene hydrate	6,258	0,24
12	Terpinolene	6,395	0,99
13	Linalool	6,442	0,32
14	trans-4-Thujanol	6,466	0,42
15	Citronellal	6,772	1,73
16	α-Terpineol	7,030	1,74
17	Decanal	7,065	0,77

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2024
		Página	Página 3 de 3

18	Citronellol	7,182	0,37
19	α -Citral	7,425	0,19
20	2,6-Octadiene, 2,6-dimethyl-	7,802	0,42
21	α -Copaene	8,014	0,52
22	β -Copaene	8,071	0,56
23	trans- α -Bergamotene	8,255	3,27
24	Caryophyllene	8,295	0,20
25	Pentadecane	8,457	0,40
26	Germacrene D	8,514	5,61
27	β -Bisabolene	8,562	3,73
28	δ -Cadinene	8,655	0,63
29	α -Bisabolol	9,298	0,27
30	Hexadecanal	9,723	0,39
31	Citriptene	10,439	1,48
32	Phytol	10,765	0,63
33	Vitamin E	14,287	2,80
34	Pentamethoxyflavone	14,622	3,52
35	Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15--hexadecamethyl-	14,931	0,70
36	Stigmasterol	15,103	1,34
37	γ -Sitosterol	15,448	2,99
38	Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15--hexadecamethyl-	15,630	1,30

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.
 Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14. L.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
 Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°073

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	Evelyn Farinango – Darío Ramos
Muestra	Cáscara de limón – mandarina pulverizados
Código asignado UEB	INV073
Estado de la muestras	Pulverizadas
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	Mohos y levaduras, <i>E. Coli</i>
Fecha de recepción	05 de febrero de 2024
Fecha de análisis	05-07 de febrero de 2024
Fecha de informe	07 de febrero de 2024
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV073	Cáscara de limón – mandarina pulverizados	Mohos y levaduras	Ufc	Petrifilm	Ausencia
		<i>E. Coli</i>	Ufc	Petrifilm AOAC método oficial 991.14	Ausencia

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis por tres diluciones.




 Ing. Favian Bayas, PhD
 Director DIVIUEB

Anexo 12. Glosario

Fluidos Supercríticos: es cualquier tipo de sustancia que se encuentra a temperatura y presión por encima de su punto crítico logrando un comportamiento de híbrido entre la fase líquida y gaseosa.

Extracción: es la operación unitaria que su función consiste en separar los componentes a partir de una mezcla sólida o líquida con aplicación de solventes o disolventes.

Rendimiento: hace referencia a la proporción entre el producto o el resultado obtenido y la relación con el medio empleado.

Columna HP-5MS: es un componente del cromatógrafo de gases que consta de dos partes principales: el tubo y la fase estacionaria.

D-Limoneno: es un componente volátil obtenido de la extracción de aceite esencial, actúa como agente limpiador y es muy utilizado como ingrediente de fragancias cítricas.

Residuos agroindustriales: tipo de biomasa resultante generada tras la transformación de materias primas o el procesamiento de animales, frutas o plantas.

Carpelos: es un tipo de hoja modificada que conforma la parte reproductiva femenina de las flores.

Flavedo: formado por la epidermis protectora, es la parte del pericarpio encargada de proteger la parte externa del fruto.

Olor: es la percepción de las sustancias volátiles mediante la nariz, es decir que el medio de transferencia para el olor es el aire.

Aroma: es la detección originada después de estar en contacto el alimento con la boca, es decir que el medio de transferencia del aroma es la mucosa del paladar.

Infusión: es una bebida proveniente de hierbas aromáticas o frutos que se introducen en agua hirviendo.