

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**OBTENCIÓN DE PIGMENTO DE CALAICA (*Momordica charantia*) PARA USO
COMO COLORANTE EN YOGURT.**

POR

FATIMA MARIELA ROSALES MARTINEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2024

OBTENCIÓN DE PIGMENTO DE CALAICA (*Momordica charantia*) PARA USO
COMO COLORANTE EN YOGURT.

POR:

FATIMA MARIELA ROSALES MARTINEZ

LIDIA MAGDALENA DIAZ PINEDA M.Sc.

Asesor principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2024

DEDICATORIA

Con todo mi corazón, dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía, mi refugio y mi fuente de fortaleza en cada paso de este camino. Su amor infinito y sus bendiciones han iluminado mi vida, dándome la fe y la perseverancia para superar los momentos más difíciles y alcanzar este logro.

A mi padre, quien ahora descansa en el cielo, su amor y legado vivirá siempre en mi corazón.

A mi madre, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles, por su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración para superar los desafíos de la vida.

A mis hermanos, por ser fuente de inspiración, compañerismo y alegría a lo largo de este viaje. Su confianza en mí me ha fortalecido en cada paso del camino.

Finalmente, a todos aquellos que han creído en mí y han formado parte de este proceso, directa o indirectamente. Cada gesto de apoyo y cada palabra de ánimo hicieron posible este logro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente infinita de sabiduría y amor, por guiarme en este camino y darme fortaleza para alcanzar esta meta.

A mi madre, Senaida Martinez mi más grande inspiración, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme el valor de la perseverancia.

A mis hermanos y hermana por su apoyo, sus palabras de aliento, creer en mí y motivarme a salir adelante.

Expreso mi más sincero agradecimiento por su apoyo durante la realización de este trabajo a **Valeria Brito, Zaida Rodríguez, Enyel Reyes**. Su compañía y aliento han sido fundamentales para llevar a cabo este proyecto.

Mi **ALMA MATER UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, por brindarme la oportunidad de desarrollar mis habilidades y formar parte de mi crecimiento personal y profesional.

A mis **ASESORES** M.Sc. Lidia Diaz, M.Sc. Loren Macias, M.Sc. Eleazar Turcios, por su guía y orientación durante este proceso.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE GRÁFICAS	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1.Objetivo general	2
2.2.Objetivos específicos.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1.Producción de vegetales Orientales en Honduras.....	3
3.2.Generalidades de la Calaica (<i>Momordica Charantia</i>).....	3
3.3.Caracterización Botánica de la calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	4
3.4.Clasificación Taxonómica de la Calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	4
3.5.Beneficios para la salud y composición nutricional de la (<i>Momordica charantia</i>).....	4
3.6.Pigmentos naturales en la industria alimentaria	6
3.7.Propiedades funcionales y beneficios para la salud de los pigmentos naturales	6
3.8.Importancia de los pigmentos naturales en la industria alimentaria.....	6
3.9.Métodos de extracción de pigmentos naturales	7
3.9.1.Métodos de extracción convencionales	7
3.9.2.Métodos de extracción modernos	8
3.10.Aplicación de pigmentos naturales en la industria alimentaria	8

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
4.1.Localización de la investigación.....	10
4.2.Materiales y equipos	10
4.3.Metodología para la obtención del pigmento	11
4.4.Diseño experimental	12
4.5.Análisis fisicoquímicos del pigmento de Calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	14
4.6.Aplicación del pigmento en un yogurt	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5.1.Caracterización de la fruta de Calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	16
5.2.Análisis fisicoquímicos de la pulpa y harina de calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	17
5.3.Procesamiento de la Calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	17
5.4.Rendimiento del pigmento de Calaica (<i>Momordica Charantia</i>)	18
5.4.1.Método de extracción Maceración Dinámica	18
5.4.2Método de extracción Soxhlet	19
5.4.3.Análisis fisicoquímicos del pigmento de calaica (<i>Momordica charantia</i>)	20
5.4.4.Absorbancia	22
5.4.5.Análisis de color del pigmento adicionado al yogurt en espacio CIELab	23
5.4.6.Adición de pigmento a yogurt	29
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
VIII. BIBLIOGRAFIA	33
IX. ANEXOS	38

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación Taxonómica.....	4
Tabla 2. Composición Nutricional de la Momordica Charantia	5
Tabla 3. Descripción de materiales y equipos.....	10
Tabla 4. Diseño Factorial Multiniveles.....	13
Tabla 5. Diseño De Cribado.....	13
Tabla 6. Caracterización Física de la Calaica (Momordica Charantia)	16
Tabla 7. Luminosidad Método de extracción soxhlet	24
Tabla 8. Luminosidad Método de extracción Maceración Dinámica	25
Tabla 9. Coordenada a* Método de extracción Maceración Dinámica	26
Tabla 10. Coordenada a* Método de extracción soxhlet	27
Tabla 11. Coordenada b* Método de extracción Maceración Dinámica	28
Tabla 12. Coordenada b* Método de extracción soxhlet.....	29

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Curva de secado deshidratación de la semilla de Calaica	18
Gráfica 2. Diagrama de Pareto para el rendimiento del método maceración dinámica	19
Gráfica 3. Diagrama de Pareto para el rendimiento del método soxhlet.....	20
Gráfica 4. Comparación de pH de métodos de extracción	21
Gráfica 5. Comparación de °Brix de métodos de extracción	22
Gráfica 6. Comparación de Absorbancia de ambos métodos	23

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Recolección de Materia prima	38
Anexo 2. Caracterización de la fruta de Calaica (Momordica Charantia)	38
Anexo 3. Procesamiento de la Calaica (Momordica Charantia)	39
Anexo 4. Análisis fisicoquímicos del pigmento.....	40
Anexo 5. Análisis de la varianza Maceración	40
Anexo 6. Diseño Experimental método maceración dinámica	41
Anexo 7. Análisis de la varianza Soxhlet.....	41
Anexo 8. Diseño experimental método soxhlet.....	42
Anexo 9. Rendimiento de la calaica para obtener la harina	42
Anexo 10. Flujograma de proceso.....	43

ROSALES MARTINEZ F. M. 2024. Obtención de pigmento de calaica (*Momordica charantia*) para uso como colorante en yogurt. Tesis de grado Ing. En Tecnología Alimentaria. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, C.A. 53 p.

RESUMEN

El uso de colorantes sintéticos en alimentos ha generado preocupaciones sobre su impacto en la salud y el medio ambiente. La Calaiaca (*Momordica charantia*), ofrece una alternativa natural para obtener pigmentos de manera segura y sostenible. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo extraer el pigmento natural de la calaica (*Momordica charantia*) para su uso como colorante en yogurt. Se utilizaron dos métodos de extracción (sólido-líquido) Soxhlet y maceración dinámica. En Soxhlet, se trabajó con muestras de 5 y 10 g de harina de Calaiaca y como solvente alcohol al 70 %, 95 % y 82,5 %, mientras que en la maceración dinámica se emplearon muestras de 10 y 20 g de harina de Calaiaca utilizando dos solventes alcohol al 70 %, 95 % y aceite de girasol. Los análisis estadísticos determinaron que el método de maceración dinámica presentó un rendimiento de $36,33 \% \pm 47,02$, siendo superior al método de Soxhlet con un rendimiento de $16,57 \% \pm 0,46$. El pH obtenido fue de 4,47 para maceración y 4,64 para Soxhlet, mientras que los valores de °Brix fueron 29,48 y 15,4, respectivamente. En términos de absorbancia UV-Vis, la maceración mostró un máximo de 1,26 y 0,57 en Soxhlet, con un rango de absorción a 550 nm, indicando una tonalidad amarillo-naranja. Se determinó que el pigmento tiene solubilidad en solventes no polares, reforzando su viabilidad para aplicaciones en la industria alimentaria.

Palabras clave: Pigmento, *Momordica charantia*, Maceración, Soxhlet, Extracción.

I. INTRODUCCIÓN

Momordica charantia, conocida como melón amargo, cundeamor o calaica, es un vegetal de la familia Cucurbitaceae, cultivado y consumido en regiones tropicales y subtropicales como Asia, África oriental, India y América (Huang y Hsieh 2017). En Honduras, su cultivo se concentra principalmente en el valle de Comayagua, donde es producido como parte de los vegetales orientales destinados a la exportación. No obstante, enfrenta un desafío significativo debido al alto porcentaje de rechazo, que puede alcanzar hasta el 20%, causado por la falta de uniformidad en tamaño y grosor de los frutos, factores esenciales para el mercado de exportación. (FHIA, 2010) Además, la falta de una cultura de consumo local agrava la problemática, ya que los frutos descartados suelen madurar en campo, perdiendo su potencial como subproducto.

A pesar de estas limitaciones, *Momordica charantia* representa un recurso valioso para la industria alimentaria por su riqueza en pigmentos naturales y compuestos bioactivos como carotenoides, triterpenos, flavonoides y compuestos fenólicos (Cuong et al. 2017). Estos atributos funcionales permiten explorar su uso en productos innovadores, como el desarrollo de un pigmento natural destinado a ser utilizado como colorante en yogur. Este enfoque no solo busca proporcionar una alternativa segura y saludable a los colorantes sintéticos, sino también fomentar el aprovechamiento de los frutos descartados.

El uso de pigmentos naturales en alimentos ha sido ampliamente explorado en especies como *Capsicum annuum* y *Bixa orellana*, cuyos carotenoides aportan color y estabilidad en productos grasos y lácteos. El objetivo principal de esta investigación fue obtener pigmento natural de caláica (*Momordica charantia*) con el fin de utilizarlo como colorante en yogur.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Obtener pigmento de calaica (*Momordica charantia*) para su uso como colorante natural en yogurt.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar el rendimiento del pigmento de calaica mediante dos métodos de extracción.

Realizar análisis fisicoquímicos en el pigmento de calaica para su uso en yogurt.

Evaluar el color del pigmento de calaica adicionado a yogurt

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Producción de vegetales Orientales en Honduras

En Honduras, la producción de vegetales orientales comenzó a desarrollarse en los años 90, impulsada por programas de cooperación, como la Misión China-Taiwán. Este tipo de cultivo presenta particularidades únicas dentro del sector hortícola, destacándose tanto a nivel nacional como internacional. Debido a que estos vegetales no forman parte de la dieta habitual de los hondureños, su producción está destinada exclusivamente a la exportación. La proximidad geográfica con Estados Unidos representa una ventaja competitiva clave para este mercado. Además, la diversidad climática y ambiental del país favorece el cultivo de una amplia variedad de hortalizas. (A y A 2017)

Uno de los principales desafíos en la producción de cultivos orientales es el índice de rechazo, que alcanza aproximadamente el 20%. Esto se debe a que los frutos no presentan uniformidad en tamaño y grosor, características exigidas por los mercados de exportación. Según estudio de la (Portillo 2009), además de las diferencias en tamaño, factores como la sobre maduración también contribuyen al descarte de los productos. Este problema se agrava por la falta de una cultura de consumo local, lo que dificulta la comercialización del producto.

3.2. Generalidades de la Calabaza Amarga (*Momordica Charantia*)

La calabaza amarga (*Momordica charantia*), también conocida como manzana amarga, melón amargo, cundeamor o pera balsámica, es una planta trepadora tropical perteneciente al orden Cucurbitales, familia Cucurbitaceae y género *Momordica*. La planta se cultiva ampliamente como cultivo medicinal y vegetal en la India, China y el sudeste asiático (Semeniuk et al. 2018)

3.3.Caracterización Botánica de la calaica (*Momordica Charantia*)

La *Momordica charantia* (Cucurbitaceae) es una planta trepadora o liana terrestre que crece en regiones como China, Brasil e India. Se caracteriza por sus largos zarcillos pubescentes y simples, junto con un tallo delgado, acanalado, verde y de textura herbácea. En Asia, esta planta se cultiva en una superficie superior a las 340.000 hectáreas, con más del 50 % de su producción concentrada en India y China. (Mukherjee y Karati 2023)

3.4.Clasificación Taxonómica de la Calaica (*Momordica Charantia*)

En la Tabla 1 se detalla la taxonomía de *Momordica charantia* para enmarcar su clasificación dentro del reino vegetal, tomando como referencia la investigación de (Mukherjee y Karati 2023) quienes describieron las características botánicas y clasificación taxonómica.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae
Orden	Cucurbitácea
Genero	Momordica
División	Magnoliophyta (Plantas con flor)
Especie	M. Charantia
Familia	Cucurbitaceae
Nombre Científico	Momordica charantia
Nombre común	Melón amargo, Cundeamor, Bálsamo, entre otros.

3.5.Beneficios para la salud y composición nutricional de la (*Momordica charantia*)

El estudio de (Abas et al. 2015) identifico que la calabaza amarga (*Momordica Charantia*) contiene un compuesto con características similares a la insulina, conocida como "insulina

vegetal". Este componente ha mostrado efectos beneficiosos para disminuir los niveles de glucosa en sangre y orina, lo que sugiere su potencial utilidad en el manejo de la diabetes. Jia et al. 2017 destaca las múltiples actividades biológicas de esta planta, como sus propiedades antidiabéticas, antioxidantes, antivirales, anticancerígenas y antiinflamatorias. También menciona que contiene fitocompuestos como proteínas, polisacáridos, flavonoides, saponinas, que contribuyen a sus efectos medicinales. Además, se ha usado habitualmente para tratar la diabetes y como vegetal en diversas regiones del mundo. La fruta destaca por su riqueza en vitaminas como la A, E, tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y vitamina C. Asimismo, es una buena fuente de minerales esenciales, incluyendo potasio, hierro, calcio, magnesio, fósforo y zinc. Además, aporta una cantidad significativa de fibra dietética, lo que contribuye a una dieta equilibrada. (Gayathry y John 2022) La Tabla 2 presenta una descripción detallada de los nutrientes presentes en el fruto de la calabaza amarga.

Tabla 2. Composición Nutricional de la Momordica Charantia

Constituyentes	Cantidad
Agua (%)	83,2 – 92,4
Lípidos (%)	0,1 – 1
Carbohidratos (%)	4.2 – 9.8
Proteínas (%)	1.6 - 2.9
Fibra (mg/100 mg)	0,8 – 1,7
Ceniza (mg/100 mg)	7 – 18
Calcio (mg/100 mg)	20 – 50
Fosforo (mg/100 mg)	70 – 140
Hierro (mg/100 mg)	2.2 – 9.4
Magnesio (mg/100 mg)	16
Sodio (mg/100 mg)	3 – 40
Potasio (mg/100 mg)	8 – 170
Zinc (mg/100 mg)	0,1
Manganeso (mg/100 mg)	0,08 – 0,32
Cobre (mg/100 mg)	0,18 – 5
La vitamina A en forma de carotenos	210 – 220 UI
Vitamina C	70 – 120 mg
Tiamina (mg)	0,05
Riboflavina (mg)	0,03
Niacina (mg)	0,4

3.6. Pigmentos naturales en la industria alimentaria

El término "pigmentos vegetales" hace referencia a un grupo diverso de moléculas presentes en las plantas que son responsables de otorgarles su coloración característica. Estas moléculas se clasifican, según su estructura química, en cinco familias principales: tetrapirroles (como la clorofila), carotenoides (por ejemplo, el β -caroteno), flavonoides (incluyendo las antocianinas), compuestos fenólicos (como la teaflavina) y compuestos N. -heterocíclicos como las betalainas (Valenzuela V y Pérez M 2016). Este tipo de compuestos se organiza también en función de su solubilidad: las clorofilas y carotenoides son liposolubles, mientras que las antocianinas, betalainas y flavonoides son hidrosolubles. Entre los más relevantes están las clorofilas, carotenoides, betalainas, antocianinas, xantófilas y la curcumina, destacando por sus aplicaciones en biología y tecnología alimentaria.

3.7. Propiedades funcionales y beneficios para la salud de los pigmentos naturales

Los pigmentos naturales, como los carotenoides, flavonoides y antocianinas, están ganando reconocimiento por sus importantes beneficios para la salud debido a sus potentes propiedades antioxidantes. Estos compuestos no solo contribuyen al color de las frutas y verduras, sino que también proporcionan diversos efectos bioactivos que promueven la salud. Por ejemplo, los carotenoides (como el betacaroteno) se han relacionado con beneficios como la mejora de la función inmunológica, la protección contra el cáncer y la ralentización del proceso de envejecimiento. De manera similar, los flavonoides y las antocianinas son conocidos por sus capacidades antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes, que pueden favorecer la salud cardiovascular y combatir el estrés oxidativo. (Di Salvo et al. 2023)

3.8. Importancia de los pigmentos naturales en la industria alimentaria

Los pigmentos naturales desempeñan un papel importante en la industria alimentaria, no solo por sus propiedades de coloración, sino también por sus beneficios funcionales.

La creciente preferencia por los colorantes naturales se debe a la demanda de productos más saludables y ecológicos, lo que ha impulsado la producción y el uso de estos pigmentos. A pesar de sus ventajas, los pigmentos naturales tienen algunas limitaciones, como su disponibilidad estacional, sensibilidad a condiciones de procesamiento y variabilidad en la concentración, lo que hace que su manejo y extracción requieran métodos específicos y optimizados. Por lo tanto, el desarrollo de métodos biotecnológicos, como la ingeniería genética y el cultivo microbiano, está ayudando a superar algunas de estas limitaciones y mejorar la producción de pigmentos naturales. (Lyu et al. 2022)

3.9. Métodos de extracción de pigmentos naturales

La extracción de pigmentos naturales es un área clave en la industria alimentaria y farmacéutica debido a sus aplicaciones en colorantes, antioxidantes y otros beneficios funcionales. Los métodos de extracción varían en términos de eficiencia, costo y tiempo, y la elección del método depende del tipo de pigmento a extraer y de las condiciones de la planta de origen.

Di Salvo et al. 2023 indican que la optimización de estos métodos es crucial para mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad, además de asegurar que los pigmentos extraídos mantengan sus propiedades. Sin embargo, la elección del método depende de factores como la solubilidad del pigmento y la naturaleza de la materia prima, por lo que no existe un método único que sea universalmente aplicable para todos los casos. A continuación, se describen algunos métodos destacados, incluidos los convencionales como Soxhlet y maceración, junto con técnicas modernas:

3.9.1. Métodos de extracción convencionales

Los métodos convencionales, como soxhlet y maceración, han sido ampliamente utilizados debido a su simplicidad y eficacia comprobada. Soxhlet, aunque eficiente para la extracción

de compuestos no volátiles, requiere solventes orgánicos y temperaturas elevadas, lo que puede afectar la estabilidad de los compuestos termosensibles y aumentar el impacto ambiental. (Zhang et al. 2018) la maceración destaca por su simplicidad y bajo costo, aunque su eficiencia es limitada debido al tiempo prolongado que requiere para lograr extracciones completas (Patra et al. 2022)

3.9.2. Métodos de extracción modernos

Las técnicas modernas han mejorado la eficiencia y reducido los impactos negativos de los métodos convencionales. Por ejemplo, la extracción asistida por ultrasonido (UAE) utiliza la formación de burbujas para facilitar la liberación de pigmentos, ofreciendo un proceso más rápido y con menor consumo de solventes. Esto resulta particularmente útil para compuestos sensibles al calor (Patra et al. 2022)

La extracción por fluidos supercríticos (SFE), que utiliza dióxido de carbono en estado supercrítico, proporciona una solución ecológica y eficiente para la extracción selectiva de pigmentos. Este método minimiza el uso de solventes orgánicos y es ideal para preservar la calidad de compuestos sensibles como los carotenoides, aunque requiere una inversión inicial significativa en equipos especializados (Zhang et al. 2018) Por otro lado, la extracción líquida presurizada (PLE) combina presión y temperatura para mejorar la solubilidad y recuperación de compuestos bioactivos, siendo especialmente útil para procesos industriales de gran escala.

3.10. Aplicación de pigmentos naturales en la industria alimentaria

La aplicación de pigmentos naturales en la industria alimentaria se ha consolidado como una alternativa atractiva frente a los colorantes sintéticos debido a sus múltiples beneficios funcionales y su menor impacto en la salud. Estos pigmentos, como carotenoides, antocianinas y betalainas, no solo aportan color, sino que también ofrecen propiedades

antioxidantes y promotoras de la salud, lo que los posiciona como ingredientes multifuncionales en alimentos como jugos, postres y bebidas (Silva et al. 2022) su extracción y uso presentan ventajas desde una perspectiva biotecnológica, incluyendo procesos más sostenibles y eficientes, que contribuyen al desarrollo de productos más naturales y atractivos para los consumidores conscientes.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en la Planta de procesamiento Hortofrutícola ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Agricultura; en la ciudad de Catacamas, Olancho, Carretera a Dulce Nombre de Culmi, Kilómetro 215, con coordenadas 14°49'47"N 85°50'40"O 14.829813, -85.8444326 Barrio El Espino, Catacamas, Olancho, Honduras.

4.2. Materiales y equipos

Tabla 3. Descripción de materiales y equipos

Materiales	Equipos	Solventes
Vasos de precipitación	Balanza digital	Alcohol al 95%, 70%
Matraz Erlenmeyer	Soxhlet	Agua destilada
Frascos de vidrio ámbar	Plancha de calentamiento	Aceite de girasol
Embudo de plástico	Refractómetro manual	
Balón de vidrio	pH-metro	
Micropipeta	Espectrofotómetro	
Papel filtro	Placa Calefactora	
Piseta de plástico	Termobalanza	
Rotulador	Deshidratador industrial	
bureta de 50 ml	Trituradora	

4.3. Metodología para la obtención del pigmento

Se empleó estadística descriptiva y experimental para detallar tanto el procedimiento como las condiciones utilizadas en la obtención del pigmento.

- **Recolección de materia prima y área de estudio**

Se recolectaron 700 libras de fruta madura de Caláica (*Momordica charantia*), variedad Bombay hindú, en la aldea Playitas, Comayagua, Honduras. La fruta fue colocada en cestas y transportada a la Planta de Procesamiento Hortofrutícola de la Universidad Nacional de Agricultura para su posterior procesamiento.

- **Selección**

Se llevó a cabo una selección para eliminar las frutas que mostraban signos de daño, utilizando solo aquellas en condiciones óptimas para preservar la calidad del producto final.

- **Lavado**

Se hizo un lavado con agua para retirar cualquier partícula, sustancia extraña o ajena de la fruta.

- **Caracterización de la fruta**

Se tomaron 5 frutos de cada cesta para evaluar el diámetro, largo, grosor y color de la cáscara. Posteriormente, se extrajo la semilla la cual se pesó en las diferentes etapas del proceso. Además, se realizaron análisis fisicoquímicos como: pH, °Brix.

- **Deshidratación**

Se tomaron 5.10 lb de muestra y se colocó en las bandejas con papel encerado, el proceso de secado se realizó en un deshidratador industrial a una temperatura de 50°C durante 8 h. Se realizó una curva de secado registrando el peso de la muestra cada hora para calcular la pérdida de humedad y determinar el comportamiento de la deshidratación, así como el punto de equilibrio de humedad del material.

- **Triturado**

Se trituro la muestra deshidratada para reducir el tamaño de las partículas lo que facilito la extracción del pigmento y aumentar la superficie de contacto con el disolvente.

- **Envasado y almacenamiento**

Se realizo un envasado al vacío en muestras de una libra, se rotularon y se guardaron en una cesta pequeña cubiertas con bolsas color negro para proteger de la luz y oxígeno.

4.4. Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial multiniveles para el método de maceración dinámica, con 12 corridas, y un diseño De Cribado para el método Soxhlet, con 10 corridas, para estudiar los efectos de 3 factores. Los datos obtenidos se analizaron utilizando el software STATGRAPHICS. Ambos diseños se realizaron en un único bloque experimental, y el orden de los experimentos fue completamente aleatorio, lo que proporcionó una protección contra posibles efectos de variables ocultas. En la tabla 4 y 5 se muestra la descripción de las combinaciones de los factores de estudio.

Tabla 4. Diseño Factorial Multiniveles

Bloque	C. muestra (g)	Solvente (%)	Tiempo (h)
B1	20	82.5	2
B2	10	95	4
B3	20	82.5	4
B4	20	95	4
B5	10	70	2
B6	10	82.5	2
B7	20	95	2
B8	10	95	2
B9	20	70	2
B10	20	70	4
B11	10	70	4
B12	10	82.5	4

Tabla 5. Diseño De Cribado

Bloque	C. muestra (g)	Solvente (%)	Tiempo (h)
B1	5	70	2
B2	10	70	4
B3	10	95	4
B4	5	70	4
B5	10	70	2
B6	5	95	2
B7	7.5	82.5	3
B8	7.5	82.5	3
B9	10	95	2
B10	5	95	4

- **Extracción del pigmento**

La extracción del pigmento se realizó mediante los siguientes métodos:

- **Maceración Dinámica**

Para el método de maceración, se emplearon muestras de 10 g y 20 g, utilizando como solvente alcohol en concentraciones de 70% y 95%, se utilizó aceite de girasol en representación de la concentración 82.5% asignada por el diseño experimental. La extracción se realizó durante 2 horas y 4 horas. Para realizar la agitación de la muestra se utilizó un agitador magnético a 660 rpm a 28-30 °C. Después de la extracción, se realizó el proceso de filtrado para eliminar el sedimento presente en el extracto. Posteriormente se evaporó utilizando un baño maría a 60° C por 7 horas para separar el alcohol del pigmento.

- **Método Soxhlet**

Se pesaron muestras de 5 y 10 g previamente seca y triturada y se colocaron en un cartucho de papel filtro luego se introdujo en el tubo extractor, en un balón esmerilado se adiciono 150 ml de alcohol (70%, 82.5% y 95%) para el calentamiento se utilizó una plancha calefactora a 78°C durante 2 y 4 h, hasta que el interior del tubo extractor mostro una tonalidad incolora.

- **Almacenamiento del pigmento**

El pigmento se almacenó en frascos de vidrio ámbar de 30 ml, en un lugar fresco y alejado de la exposición solar.

4.5. Análisis fisicoquímicos del pigmento de Calaica (*Momordica Charantia*)

- **Sólidos solubles (°Brix)**

Se colocó una gota de la muestra de 1ml sobre la superficie del prisma del refractómetro. Posteriormente, se cerró la tapa y se observó la lectura en la escala del equipo.

- **pH**

Se tomó una muestra de 5 ml de pigmento y se introdujo el electrodo del pH-metro. Los valores obtenidos fueron registrados para su posterior análisis. Este procedimiento permitió determinar la acidez o alcalinidad del pigmento de manera precisa.

- **Análisis de Absorbancia**

Se llevó a cabo utilizando un espectrofotómetro para el cual se efectuó una dilución del pigmento en una relación 1:10, es decir, 1 ml del pigmento se mezcló con 10 ml de agua destilada.

4.6. Evaluación de color del pigmento adicionado a yogurt

En el experimento, se mezcló 1 ml de pigmento de calaica con 2 ml de yogurt natural en una relación 1:2. El análisis del color se realizó utilizando la aplicación Color-Meter para medir sus propiedades cromáticas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de la fruta de Calaica (*Momordica Charantia*)

La tabla 1. Presenta valores promedios de diámetro, grosor, largo y parámetros de color definidos por luminosidad (L^*), Índice de Rojez (a^*), índice de Amarillez (b^*). Estos resultados ofrecen una descripción física y cromática básica que permite contextualizar la calidad visual y estructural del fruto.

Tabla 6. Caracterización Física de la Calaica (*Momordica Charantia*)

Fruta	Diámetro (mm)	Grosor (mm)	Largo (mm)
Calaica (<i>Momordica charantia</i>)	$42,23 \pm 2,72$	$10,66 \pm 0,86$	$181,16 \pm 6,86$
Parámetro de color	L^*	a^*	b^*
	75.73 ± 8.49	44 ± 10.01	20.53 ± 7.12

En el estudio de (Otero et al. 2020) sobre semillas y frutos de calabazas incluyendo *M. charantia*, se reportaron longitudes promedio de entre 60 y 150 mm, valores que coinciden con la longitud observada en los frutos, aunque notablemente son más largos debido a las variaciones genéticas y condiciones de cultivo.

La luminosidad (L^*) encontrada es más alta que la reportada por (Otero et al. 2020) en la etapa madura, donde suele mostrar valores de $L^* = 44,80$ en la cáscara reflejando su transición hacia tonalidades más oscuras durante la maduración. Esto indica que los frutos

analizados estuvieron en una etapa menos a avanzada de madurez o provenientes de condiciones que favorecieron una tonalidad más clara.

5.2. Análisis fisicoquímicos de la pulpa y harina de calaica (*Momordica Charantia*)

- **pH**

El pH de la pulpa de *Momordica charantia* fue de 4.42, reflejando su naturaleza ácida, mientras que la harina presentó un pH más alto de 5.42, debido a la pérdida de compuestos volátiles durante el secado. Este cambio es consistente con otros productos deshidratados, donde la concentración de sólidos no ácidos aumenta el pH. Según (Zhan et al. 2023), la estructura de los polisacáridos en la harina contribuye a la estabilidad del pH y su potencial funcional como aditivo alimentario.

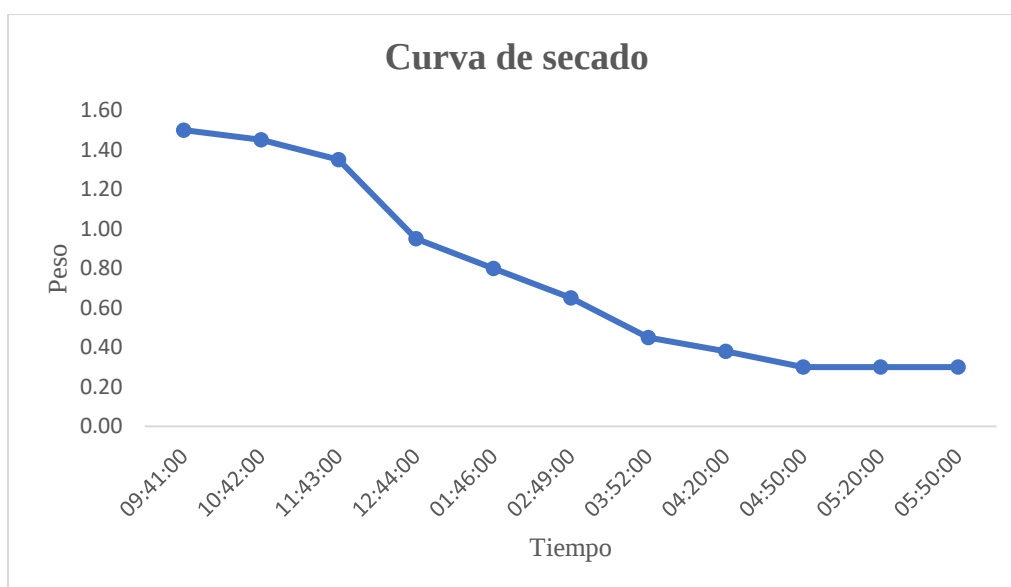
- **Sólidos solubles (°Brix)**

El contenido de °Brix de la pulpa y la harina de *Momordica charantia* mostraron una notable diferencia: la pulpa presentó un valor de 13 grados °Brix, mientras que la harina alcanzó un valor de 42 grados °Brix. Esta diferencia es debido a que en el proceso de deshidratación se concentraron los azúcares en la harina, lo cual es consistente con la investigación de (Kim et al. 2023) que aborda cómo los procesos de extracción y purificación de compuestos de *M. charantia*, como los polisacáridos, afectan sus propiedades y concentraciones.

5.3. Proceso de deshidratación de la Calaiica (*Momordica Charantia*)

Durante el proceso de deshidratación, el peso inicial fue de 1.6 lb y decreció rápidamente en las primeras 3 horas. Posteriormente, la pérdida de peso se estabiliza a 0.30 lb, indicando un equilibrio en el contenido de humedad

Gráfica 1. Curva de secado deshidratación de la semilla de Calaica



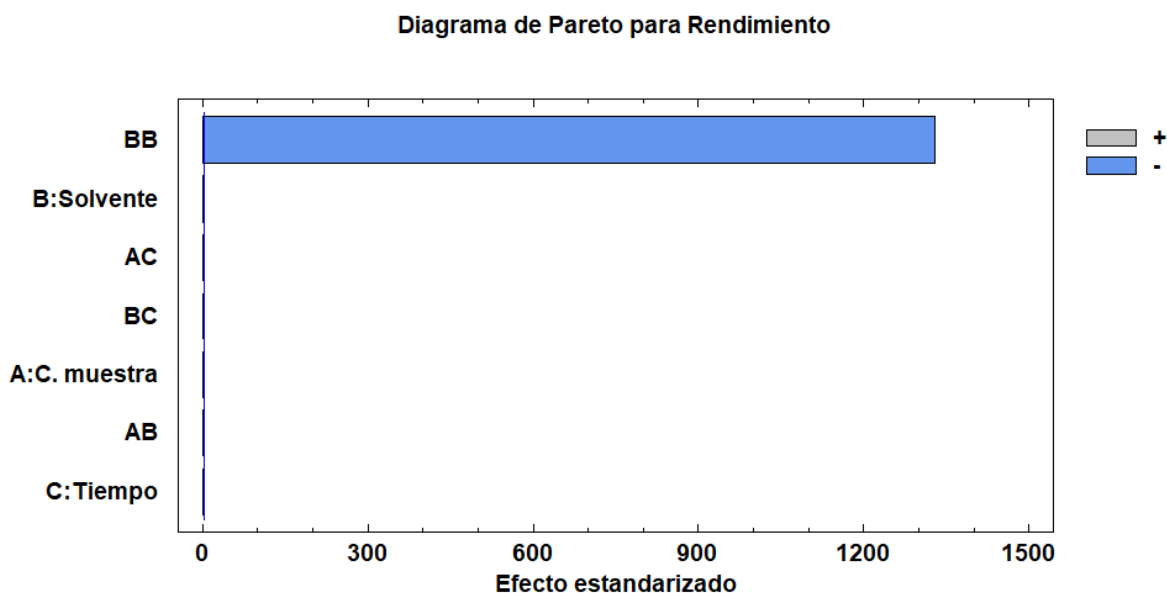
Estudios similares como el de (Ozsan Kilic et al. 2023) analiza temperaturas de secado (60-80°C) en el contenido de humedad, por consiguiente se observa que el grafico 1 es consistente con el comportamiento típico de las semillas o frutas de *Momordica charantia* durante el proceso de secado que sigue una curva exponencial y que, con el tiempo, la reducción de la humedad se desacelera debido al cierre de poros internos y la disminución de la superficie efectiva de evaporación.

5.4. Rendimiento del pigmento de Calaica (*Momordica Charantia*)

5.4.1. Método de extracción Maceración Dinámica

El diagrama de Pareto presentado en la gráfica 3 clasifica los efectos estandarizados de las variables independientes y sus interacciones sobre el rendimiento. Mostrando que el efecto BB (Solvente) tiene el impacto más significativo, con un efecto estandarizado extremadamente elevado en comparación con las demás variables e interacciones evaluadas. Las otras variables e interacciones (B: Solvente, A: Cantidad de muestra, C: Tiempo, y combinaciones como AC, BC, y AB) no tienen una influencia significativa en el rendimiento.

Gráfica 2. Diagrama de Pareto para el rendimiento del método maceración dinámica

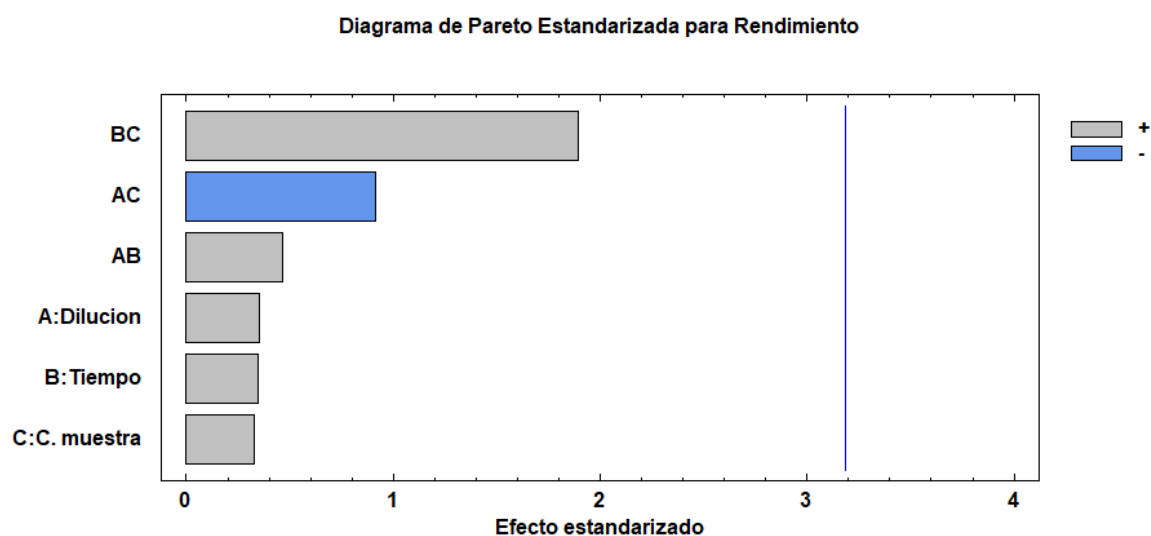


Según un estudio de (Torres-Aguirre et al. 2018) los efectos cuadráticos son predominantes en sistemas de extracción donde se evalúan variables como tiempo, temperatura y solvente. En este caso, un efecto cuadrático dominante también reflejó la necesidad de ajustar parámetros dentro de rangos específicos para maximizar el rendimiento del proceso.

5.4.2 Método de extracción Soxhlet

El diagrama de Pareto estandarizado de la gráfica 3 muestra que las interacciones BC y AC tienen el mayor impacto en el rendimiento, siendo la interacción BC la más significativa. Las variables individuales A: Dilución, B: Tiempo y C: Muestra contribuyen de manera mínima al rendimiento. Estos resultados son consistentes con estudios previos como el de (Jia et al. 2017) que han encontrado que las interacciones entre factores son cruciales para la optimización de procesos.

Gráfica 3. Diagrama de Pareto para el rendimiento del método soxhlet

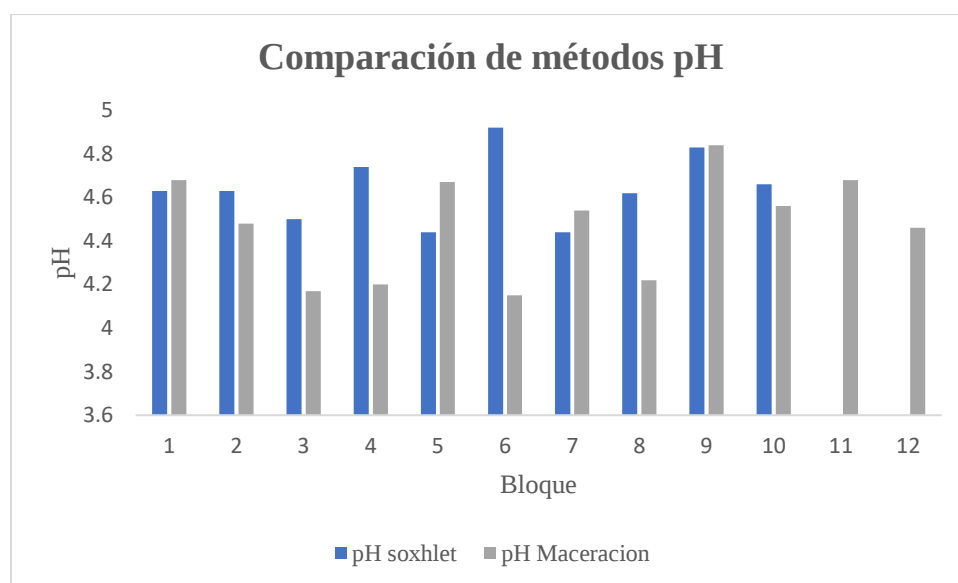


5.4.3. Análisis fisicoquímicos del pigmento de calaica (*Momordica charantia*)

- **pH**

La gráfica 4 muestra la comparación de los valores de pH obtenidos mediante dos métodos de extracción Soxhlet y maceración. Los valores de pH obtenidos con el método Soxhlet tienden a ser ligeramente más elevados en la mayoría de los bloques, alcanzando un máximo cercano a 4.9 en el Bloque 6 a diferencia de los valores de la maceración que son más bajos en general, con un mínimo en el Bloque 6. El promedio de pH es consistentemente más alto para Soxhlet en la mayoría de los bloques, lo que indica que este método extrae menos compuestos ácidos o que elimina ciertos ácidos volátiles debido al uso de calor.

Gráfica 4. Comparación de pH de métodos de extracción

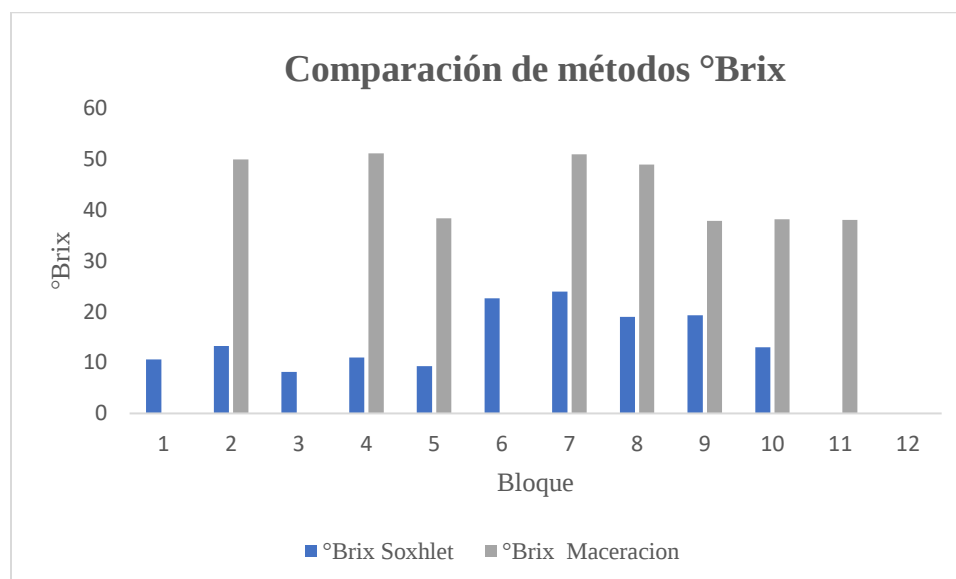


Torres-Aguirre et al. 2018 en el estudio sobre el perfil fenólico de especias como clavo (*Syzygium aromaticum*) encontraron que los métodos optimizados de extracción impactan en las propiedades antioxidantes y bioactivas. La elección del método y solvente depende de los objetivos específicos de la extracción y de las propiedades químicas de los compuestos.

- **Solidos solubles (°Brix)**

La gráfica 5 revela que el método de maceración supera al de Soxhlet en °Brix, con valores superiores en todos los bloques, alcanzando hasta 50 °Brix a excepción de los bloques que se utilizó aceite como solvente, los grados °Brix resultaron ser 0 dado que el aceite no disuelve ni extrae los azúcares y compuestos solubles responsables del contenido de °Brix. Esto ocurre porque los aceites son disolventes no polares, mientras que los compuestos que contribuyen a los valores de °Brix, como azúcares, son polares y requieren de un disolvente compatible para su extracción, mientras que el método Soxhlet, no supera los 20 °Brix.

Gráfica 5. Comparación de °Brix de métodos de extracción

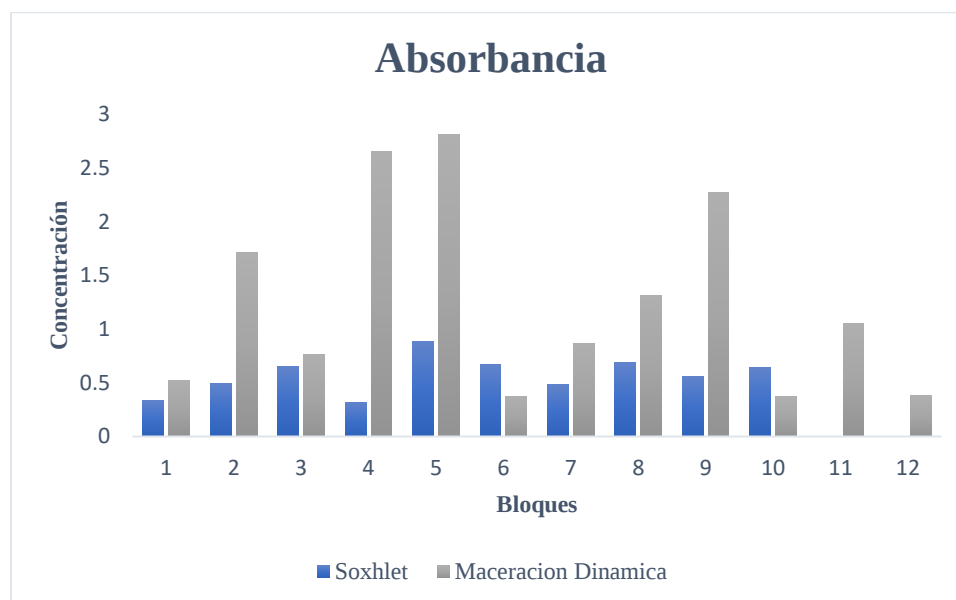


Este comportamiento se debe al menor impacto térmico de la maceración, que protege compuestos sensibles al calor como azúcares y carotenoides. En investigaciones previas (Oo et al. 2024) resaltaron que métodos no térmicos como ultrasonido optimizan la extracción de compuestos bioactivos al evitar su degradación. Del mismo modo, (Çelik et al. 2022) observaron que la maceración preserva mejor los carotenoides en comparación con métodos térmicos intensos.

5.4.4. Absorbancia

La gráfica 6 muestra un análisis comparativo de absorbancia entre los dos métodos de extracción, indicando que la maceración dinámica presenta mayores valores de concentración del pigmento en la mayoría de los bloques, particularmente en los bloques 4, 5 y 9, en comparación con el método Soxhlet, que presenta menores valores de absorbancia en los mismos bloques. Esto establece que la maceración dinámica es más eficiente para extraer pigmentos debido a su capacidad para preservar compuestos sensibles al calor, lo cual puede verse afectado en el método Soxhlet, donde el proceso implica altas temperaturas.

Gráfica 6. Comparación de Absorbancia de ambos métodos



En contraste, el estudio de (Putri y Yetti 2021) respalda el uso del Soxhlet para optimizar el rendimiento en la extracción de carotenoides bajo condiciones específicas, como solventes adecuados y ciclos largos de extracción. Sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que, para matrices vegetales como *Momordica charantia*, la maceración dinámica ofrece una alternativa más eficaz, principalmente cuando se busca minimizar la degradación de compuestos sensibles y optimizar el uso de solventes.

5.4.5. Análisis de color del pigmento adicionado al yogurt en espacio CIELab

Luminosidad método de extracción soxhlet

La tabla 7 presenta la luminosidad del pigmento obtenido por el método Soxhlet añadido al yogurt mostrando diferencias significativas entre bloques ($p < 0.05$), reflejando variaciones en la saturación del color. Bloques como B9 (42.52 ± 0.00) y B3 (45.20 ± 0.00) presentaron los valores más bajos de luminosidad, indicando colores más oscuros, mientras que B4 (70.78 ± 0.00) indico la mayor luminosidad, reflejando un tono más claro. Esto evidencia que la concentración y la interacción del pigmento con la matriz del yogurt influyen en la percepción del color, alineándose con el sistema CIELab

Tabla 7. Luminosidad Método de extracción soxhlet

Bloque	Medias	DE
B9	42.52 ± 0.00	a
B3	45.20 ± 0.00	b
B6	47.12 ± 0.00	c
B10	60.32 ± 0.00	d
B7	63.71 ± 0.00	e
B2	63.72 ± 0.00	f
B8	64.13 ± 0.00	g
B5	66.90 ± 0.00	h
B1	67.02 ± 0.00	i
B4	70.78 ± 0.00	j

Medias con letras común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Por ejemplo, la investigación de (Machado et al. 2023) analizó el uso de extractos de piel de jabuticaba (rica en antocianinas) en yogures, encontrando que los valores de luminosidad (L^*) disminuían con mayor concentración de pigmento, similar a lo observado en los bloques oscuros B9 y B3.

El estudio de (Días et al. 2020) destacó cómo los pigmentos naturales, como los de remolacha roja, opuntia, hibisco o rábano rojo (antocianinas), afectan significativamente el color inicial y su estabilidad durante el almacenamiento, observando también una reducción de L^* en yogures con mayores concentraciones de pigmentos naturales. Esto concuerda con los bloques más oscuros del análisis actual, que son el resultado de una mayor concentración de pigmento.

Luminosidad método maceración dinámica

La tabla 8 muestra una variabilidad significativa en los valores de luminosidad entre los distintos bloques.

Los bloques B2, B6, y B8 presentaron los valores de luminosidad más altos, por las condiciones y tratamientos aplicados. A diferencia de estos, los bloques B10 y B4 mostraron

los valores más bajos, indicando que las condiciones limitaron el desarrollo de la luminosidad.

Tabla 8. Luminosidad Método de extracción Maceración Dinámica

Bloque	Medias	DE
B10	28,34 ± 8,02	a
B4	31,70 ± 5,67	a
B11	44,68 ± 5,67	b
B1	54,40 ± 5,67	b
B5	61,35 ± 5,67	bc
B7	62,03 ± 5,67	bcd
B3	62,13 ± 5,67	bcd
B12	72,97 ± 5,67	cd
B9	77,94 ± 4,63	de
B2	93,03 ± 5,67	ef
B6	94,24 ± 5,67	f
B8	99,67 ± 8,02	f

Medias con letras común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según (Cerino et al. 2023) la eficacia de la maceración dinámica en residuos de acerola para extraer compuestos bioactivos y evaluar características destacó que los extractos ricos en antocianinas presentan características de color altamente dependientes de las condiciones de extracción, incluyendo la luminosidad. Los niveles de antocianinas, que afectan directamente la percepción del color, se vieron favorecidos por temperaturas más bajas y tiempos más cortos.

Coordenada a* método de extracción maceración dinámica

La Tabla 9 presenta los resultados de la coordenada a* (relacionada con el tono de rojo-verde) en diferentes bloques por método de extracción maceración dinámica. Se muestra una amplia variabilidad indicando diferencias significativas en el tono de color.

Los bloques B9 y B5 presentaron los valores más bajos de la coordenada a^* , lo que indica tonos más verdosos. Sin embargo, los bloques B1, B12 y B6 mostraron los valores más altos, indicando tonos más rojizos.

Tabla 9. Coordenada a^* Método de extracción Maceración Dinámica

Bloque	Medias	DE
B9	-7.22 ± 0,00	a
B5	-6.33 ± 0,00	b
B7	-3.72 ± 0,00	c
B3	-0.16 ± 0,00	d
B8	-0.16 ± 0,00	e
B11	-0.03 ± 0,00	f
B2	0.20 ± 0,00	g
B10	5.01 ± 0,00	h
B4	9.08 ± 0,00	i
B6	10.12 ± 0,00	j
B1	10.42 ± 0,00	k
B12	10.47 ± 0,00	l

Medias con letras común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En contraste con el estudio de (Puzovic y Mikulic-Petkovsek 2024) en la extracción de compuestos bioactivos en jugo de aronia mediante técnicas emergentes como la maceración ultrasónica y microondas, se obtuvo un aumento en el valor de a^* , indicando tonos más rojizos en comparación con métodos convencionales. Estas técnicas también preservaron mejores las propiedades fenólicas y aumentaron la calidad del color en el jugo final.

Coordenada a^* método de extracción Soxhlet

Se destacó una variabilidad considerable entre los resultados expuestos en la tabla 10 evidenciando una influencia significativa de las condiciones de extracción sobre las propiedades de color.

Los valores más bajos de la coordenada a^* se observaron en los bloques B4, B2, B5, B7 y B1, indicando una tendencia hacia tonalidades verdes relacionado con la prevalencia de compuestos como clorofilas y una menor concentración de pigmentos rojizos. En cambio,

los bloques B9, B3 y B6 presentaron valores elevados de a^* , reflejando tonalidades rojizas más intensas, debido a una mayor presencia de carotenoides y otros pigmentos responsables del color rojo.

Tabla 10. Coordenada a^* Método de extracción soxhlet

Bloque	Medias	DE
B4	-8.08 ± 0.00	a
B2	-7.77 ± 0.00	b
B5	-7.73 ± 0.00	c
B7	-7.72 ± 0.00	d
B1	-7.70 ± 0.00	e
B8	-7.23 ± 0.00	f
B10	-6.22 ± 0.00	g
B6	0.36 ± 0.00	h
B3	0.70 ± 0.00	i
B9	2.09 ± 0.00	j

Medias con letras común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Jiang et al. 2024 destaca la eficiencia de extracción de carotenoides como el licopeno y β -caroteno usando diferentes técnicas encontraron que los solventes no polares utilizados en Soxhlet maximizan la recuperación de carotenoides, lo cual explica los valores elevados de a^* en bloques rojizos. Además, remarcen la importancia de la temperatura controlada en Soxhlet para evitar la degradación de pigmentos sensibles.

Coordenada b^* método de extracción maceración dinámica

La coordenada b^* revela una variabilidad en los valores, lo que evidencia la influencia de las condiciones de extracción sobre las propiedades cromáticas. Los bloques con valores más bajos de b^* , como B5 reflejan tonalidades amarillas menos intensas, debido a una menor concentración de carotenoides y un menor grado de exposición a condiciones oxidativas. En contraste, los bloques con valores elevados, como B8 indican tonalidades amarillas más brillantes o tendencias hacia tonos azulados.

Tabla 11. Coordenada b* Método de extracción Maceración Dinámica

Bloque	Medias	DE
B5	7.74 ± 0.00	a
B10	12.55 ± 0.00	b
B4	16.51 ± 0.00	c
B9	20.69 ± 0.00	d
B11	23.10 ± 0.00	e
B7	30.10 ± 0.00	f
B3	30.25 ± 0.00	g
B1	35.24 ± 0.00	h
B12	45.59 ± 0.00	i
B2	62.37 ± 0.00	j
B6	64.73 ± 0.00	k
B8	70.57 ± 0.00	l

Medias con letras común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Zhao et al. 2022 discute cómo las condiciones de extracción pueden impactar la síntesis y estabilidad de pigmentos carotenoides, como las xantofilas y β -carotenos, los cuales contribuyen significativamente a los valores elevados de b*. De manera similar, otra revisión realizada por (Jiang et al. 2024) menciona que técnicas avanzadas de extracción pueden mejorar la recuperación de carotenoides, especialmente en matrices vegetales complejas.

Coordenada b* método de extracción soxhlet

La coordenada b* mediante el método Soxhlet revela una variabilidad en los valores entre los bloques analizados presentados en la tabla 12. Los valores más bajos de b* se observaron en los bloques B3 y B9 indicando una menor intensidad de tonos amarillos. En comparación, los bloques B4 y B1 que presentaron los valores más altos, revelando una mayor presencia de compuestos responsables de tonalidades amarillas más intensas.

Tabla 12. Coordenada b* Método de extracción soxhlet

Bloque	Medias	DE
B3	14.55 ± 0.00	a
B9	17.56 ± 0.00	b
B6	18.56 ± 0.00	c
B10	19.76 ± 0.00	d
B2	20.61 ± 0.00	e
B8	22.54 ± 0.00	f
B7	22.74 ± 0.00	g
B5	30.15 ± 0.00	h
B1	30.75 ± 0.00	i
B4	32.70 ± 0.00	j

Medias con letras común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los valores de b* obtenidos indican que la extracción Soxhlet favorece la recuperación de compuestos responsables de la tonalidad amarilla, aunque con variabilidad entre los bloques. Esta variabilidad se debe a diferencias en la composición inicial de los bloques (como el contenido de pigmentos carotenoides) o a las condiciones específicas del proceso de extracción, como la temperatura y el tipo de solvente utilizado. Estudios como el de (Saini y Keum 2018) han reportado que el método Soxhlet puede ser eficaz para la extracción de carotenoides, especialmente en matrices vegetales ricas en lípidos, aunque puede degradar parcialmente algunos compuestos sensibles al calor.

5.4.6. Adición de pigmento a yogurt

El pigmento de Calaica (*Momordica charantia*) presentó limitaciones para la realización de evaluación sensorial debido a su sabor amargo, lo que lo hace poco aceptable para aplicaciones alimenticias directas sin tratamiento adicional. Además, la liposolubilidad del pigmento permite mezclarlo con matrices grasas, pero su incorporación en productos acuosos como yogurt fue limitada debido a la separación de fases, (Rodríguez-Amaya et al. 2023) señala este fenómeno en investigaciones sobre la utilización de pigmentos naturales como los carotenoides derivados de plantas como *Bixa orellana*, que también presentan retos similares cuando se usa en productos lácteos y grasos. (Magalhães et al. 2024) destacan la

importancia de técnicas para mejorar la solubilidad y la estabilidad de estos pigmentos en productos acuosos. La encapsulación mejora la biodisponibilidad y puede prevenir la separación de fases, facilitando la incorporación de estos pigmentos en productos como yogurt. Además, resalta el uso de subproductos de alimentos como fuentes de pigmentos naturales que están ganando terreno, ya que no solo son sostenibles, sino que también pueden ofrecer beneficios adicionales como propiedades bioactivas.

VI. CONCLUSIONES

Se logró extraer el pigmento de caláica (*Momordica charantia*), demostrando su potencial como colorante natural para la industria alimentaria. Sin embargo, al ser liposoluble, no se disuelve bien en el yogurt, por lo que sería necesario adaptar su uso para este tipo de productos.

El método de maceración logró un mayor rendimiento en la extracción del pigmento de caláica (*Momordica charantia*) en comparación con el método soxhlet. Esto se debe a que la maceración, al realizarse a temperaturas moderadas permite una extracción más eficiente de los compuestos responsables del color.

Se lograron realizar los análisis fisicoquímicos del pigmento de caláica (*Momordica charantia*), con excepción del análisis de acidez titulable, ya que la coloración del pigmento interfería con el indicador fenolftaleína.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar más análisis al pigmento de caláica (*Momordica charantia*) en futuras investigaciones para profundizar en su caracterización química, la interacción con diferentes matrices alimenticias, así como pruebas de seguridad y toxicidad y evaluar su estabilidad en diferentes condiciones.
- Probar técnicas de encapsulación o emulsificación para mejorar la integración del pigmento con el yogur, evitando la separación de fases y garantizando una homogenización uniforme.
- Para evitar que el color interfiera en mediciones como la acidez, se sugiere el uso de métodos potenciométricos o indicadores alternativos. Además, investigar el uso de concentraciones más bajas de pigmento y probar su aplicación, así como también en otros productos como mantequillas o cremas untables.

VIII. BIBLIOGRAFIA

A, R; A, R. 2017. Estudio de factibilidad para la exportación de vegetales orientales del Valle de Comayagua, Honduras a Estados Unidos para la empresa J&R Import and Export S.A. (en línea). Thesis. s.l., Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2017. . Consultado 25 nov. 2024. Disponible en <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1045939>.

Abas, R; Othman, F; Thent, ZC. 2015. Effect of *Momordica charantia* fruit extract on vascular complication in type 1 diabetic rats. EXCLI Journal 14:179-189. DOI: <https://doi.org/10.17179/excli2014-539>.

Çelik, S; Kutlu, N; Gerçek, YC; Bayram, S; Pandiselvam, R; Bayram, NE. 2022. Optimization of Ultrasonic Extraction of Nutraceutical and Pharmaceutical Compounds from Bee Pollen with Deep Eutectic Solvents Using Response Surface Methodology. Foods 11(22):3652. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11223652>.

Cerino, MC; Pinela, J; Caleja, C; Saux, C; Pereira, E; Barros, L. 2023. Dynamic Maceration of Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) Fruit Waste: An Optimization Study to Recover Anthocyanins. Agronomy 13(9):2202. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13092202>.

Cuong, DM; Arasu, MV; Jeon, J; Park, YJ; Kwon, S-J; Al-Dhabi, NA; Park, SU. 2017. Carotenoides de importancia médica de *Momordica charantia* y sus expresiones genéticas en diferentes órganos (en línea). Saudi Journal of Biological Sciences (Serie SI: Synthetic Biology for Human Health in Asia) 24(8):1913-1919. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.11.039>.

Di Salvo, E; Lo Vecchio, G; De Pasquale, R; De Maria, L; Tardugno, R; Vadalà, R; Cicero, N. 2023. Natural Pigments Production and Their Application in Food, Health and Other Industries. Nutrients 15(8):1923. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15081923>.

_____. 2023. Natural Pigments Production and Their Application in Food, Health and Other Industries. *Nutrients* 15(8):1923. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15081923>.

Dias, S; Castanheira, EMS; Fortes, AG; Pereira, DM; Gonçalves, MST. 2020. Natural Pigments of Anthocyanin and Betalain for Coloring Soy-Based Yogurt Alternative. *Foods* 9(6):771. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9060771>.

Gayathry, KS; John, JA. 2022. A comprehensive review on bitter gourd (*Momordica charantia* L.) as a gold mine of functional bioactive components for therapeutic foods. *Food Production, Processing and Nutrition* 4(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00089-x>.

Jia, S; Shen, M; Zhang, F; Xie, J. 2017. Recent Advances in *Momordica charantia*: Functional Components and Biological Activities. *International Journal of Molecular Sciences* 18(12):2555. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18122555>.

_____. 2017. Recent Advances in *Momordica charantia*: Functional Components and Biological Activities. *International Journal of Molecular Sciences* 18(12):2555. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18122555>.

Jiang, Y; Ye, J; Hu, Y; Zhang, J; Li, W; Zhou, X; Yu, M; Yu, Y; Yang, J; Yang, W; Jiang, J; Cui, J; Hu, Y. 2024. Extraction and Synthesis of Typical Carotenoids: Lycopene, β -Carotene, and Astaxanthin. *Molecules* 29(19):4549. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29194549>.

_____. 2024. Extraction and Synthesis of Typical Carotenoids: Lycopene, β -Carotene, and Astaxanthin. *Molecules* 29(19):4549. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29194549>.

Kim, J; Yu, S; Jeong, Y; Kim, M. 2023. Enhancement of Bioactive Properties in *Momordica charantia* by *Leuconostoc* Fermentation. *Fermentation* 9(6):523. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation9060523>.

Lyu, X; Lyu, Y; Yu, H; Chen, W; Ye, L; Yang, R. 2022. Biotechnological advances for improving natural pigment production: a state-of-the-art review. *Bioresources and Bioprocessing* 9(1):8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00497-4>.

Machado, KRD; Tulini, FL; Guimarães, J das GL; Moraes, ICF; Ditchfield, C; Lima, CG de; Silva, VL dos S; Favaro-Trindade, CS. 2023. Production and Evaluation of Yogurt Colored with Anthocyanin-Rich Pigment Prepared from Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) Skin. *Processes* 11(2):526. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11020526>.

Magalhães, D; Gonçalves, R; Rodrigues, CV; Rocha, HR; Pintado, M; Coelho, MC. 2024. Natural Pigments Recovery from Food By-Products: Health Benefits towards the Food Industry. *Foods* 13(14):2276. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13142276>.

Mukherjee, S; Karati, D. 2023. Exploring the phytochemistry, pharmacognostic properties, and pharmacological activities of medically important plant *Momordica Charantia*. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine* 6:100226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100226>.

_____. 2023. Exploring the phytochemistry, pharmacognostic properties, and pharmacological activities of medically important plant *Momordica Charantia*. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine* 6:100226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100226>.

Oo, N; Shiekh, KA; Jafari, S; Kijpatanasilp, I; Assatarakul, K. 2024. Characterization of Marigold Flower (*Tagetes erecta*) Extracts and Microcapsules: Ultrasound-Assisted Extraction and Subsequent Microencapsulation by Spray Drying. *Foods* 13(15):2436. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13152436>.

Otero, DM; Jansen-Alves, C; Fernandes, K; Zambiasi, RC. s. f. PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND BIOACTIVE POTENTIAL OF *Momordica Charantia* L. .

Ozsan Kilic, T; Boyar, I; Gungor, KK; Torun, M; Perendeci, NA; Ertekin, C; Onus, AN. 2023. Improvement of Hot Air Dried Bitter Gourd (*Momordica charantia* L.) Product Quality: Optimization of Drying and Blanching Process by Experimental Design. *Agriculture* 13(9):1849. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13091849>.

Patra, A; Abdullah, S; Pradhan, RC. 2022. Review on the extraction of bioactive compounds and characterization of fruit industry by-products. *Bioresources and Bioprocessing* 9(1):14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00498-3>.

_____. 2022. Review on the extraction of bioactive compounds and characterization of fruit industry by-products. *Bioresources and Bioprocessing* 9(1):14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00498-3>.

Portillo, OR. 2009. Evaluación del efecto de diferentes estructuras de soporte en el cultivo de cundeamor chino (*Momordica charantia* L). FHIA. Programa de Hortalizas :56-69.

Putri, A; Yetti, RD. 2021. Analysis of β -carotene Content in Plants using Some Methods: A Review of Current Research. 6(1).

Puzovic, A; Mikulic-Petkovsek, M. 2024. Comparative Evaluation of Conventional and Emerging Maceration Techniques for Enhancing Bioactive Compounds in Aronia Juice. *Foods* 13(20):3255. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13203255>.

Rodriguez-Amaya, DB; Esquivel, P; Meléndez-Martínez, AJ. 2023. Comprehensive Update on Carotenoid Colorants from Plants and Microalgae: Challenges and Advances from Research Laboratories to Industry. *Foods* 12(22):4080. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12224080>.

Saini, RK; Keum, Y-S. 2018. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry* 240:90-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.099>.

Semeniuk, LV; Bela, AJ; Vonka, CA; Romero, MC; Nuñez, MB. 2018. Composición fitoquímica y nutricional de *Momordica charantia* y actividad antioxidante. 34.

Silva, MM; Reboredo, FH; Lidon, FC. 2022. Food Colour Additives: A Synoptical Overview on Their Chemical Properties, Applications in Food Products, and Health Side Effects. *Foods* 11(3):379. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11030379>.

Torres-Aguirre, GA; Muñoz-Bernal, ÓA; Álvarez-Parrilla, E; Núñez-Gastélum, JA; Wall-Medrano, A; Sáyago-Ayerdi, SG; Rosa, LA de la; Torres-Aguirre, GA; Muñoz-Bernal, ÓA; Álvarez-Parrilla, E; Núñez-Gastélum, JA; Wall-Medrano, A; Sáyago-Ayerdi, SG; Rosa, LA de la. 2018. Optimización de la extracción e identificación de compuestos polifenólicos en anís (*Pimpinella anisum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) mediante HPLC acoplado a espectrometría de masas (en línea). TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas 21(2). DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.2.4>.

_____. 2018. Optimización de la extracción e identificación de compuestos polifenólicos en anís (*Pimpinella anisum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) mediante HPLC acoplado a espectrometría de masas (en línea). TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas 21(2). DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.2.4>.

Valenzuela V, C; Pérez M, P. 2016. Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. Revista chilena de nutrición 43(2):188-195. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200012>.

Zhan, K; Ji, X; Luo, L. 2023. Recent progress in research on *Momordica charantia* polysaccharides: extraction, purification, structural characteristics and bioactivities. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 10(1):58. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-023-00433-4>.

Zhang, Q-W; Lin, L-G; Ye, W-C. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. Chinese Medicine 13(1):20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>.

Zhao, X; Zhang, Y; Long, T; Wang, S; Yang, J. 2022. Regulation Mechanism of Plant Pigments Biosynthesis: Anthocyanins, Carotenoids, and Betalains. Metabolites 12(9):871. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo12090871>.

IX. ANEXOS

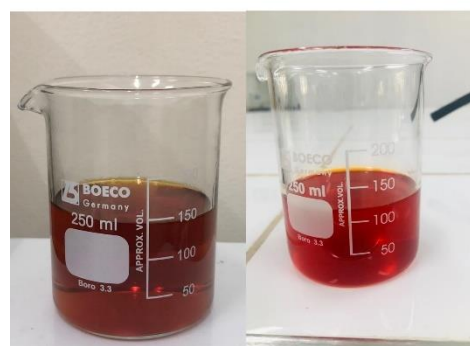
Anexo 1. Recolección de Materia prima



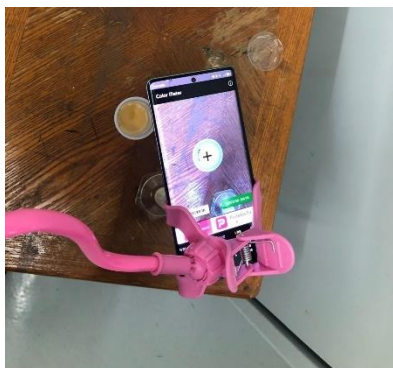
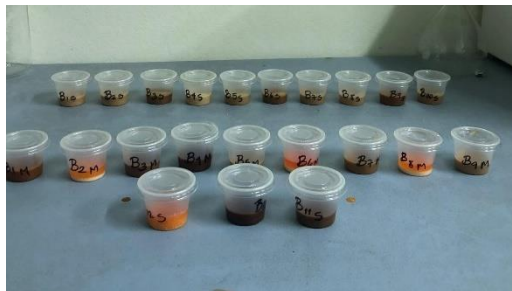
Anexo 2. Caracterización de la fruta de Calaica (Momordica Charantia)



Anexo 3. Procesamiento de la Calaica (Momordica Charantia)



Anexo 4. Análisis fisicoquímicos del pigmento



Anexo 5. Análisis de la varianza Maceración

Análisis de Varianza para Rendimiento					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:C. muestra	0.00520833	1	0.00520833	0.17	0.7030
B:Solvente	0.112812	1	0.112812	3.64	0.1292
C:Tiempo	0.000408333	1	0.000408333	0.01	0.9142
AB	0.0010125	1	0.0010125	0.03	0.8654
AC	0.016875	1	0.016875	0.54	0.5017
BB	54726.3	1	54726.3	1764533.62	0.0000
BC	0.0066125	1	0.0066125	0.21	0.6683
Error total	0.124058	4	0.0310146		
Total (corr.)	54726.5	11			

R-cuadrada = 99.9998 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.9994 por ciento

Error estándar del est. = 0.17611

Error absoluto medio = 0.0916667

Estadístico Durbin-Watson = 2.93329 (P=0.9004)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.479792

Anexo 6. Diseño Experimental método maceración dinámica

Atributos de Diseño Factorial Multinivel

Clase de diseño: Factorial Multinivel

Nombre del archivo: C:\Users\Usuario\Desktop\Desktop\Desktop\Maceracion dinamica rendimiento.sfx

Diseño Base

Número de factores experimentales: 3

Número de bloques: 1

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12

Grados de libertad para el error: 4

Aleatorizar: Si

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
C. muestra	10.0	20.0	2	g
Solvente	70.0	95.0	3	%
Tiempo	2.0	4.0	2	h

Respuestas	Unidades
Rendimiento	%

Anexo 7. Análisis de la varianza Soxhlet

Análisis de Varianza para Rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Dilucion	0.0990125	1	0.0990125	0.12	0.7479
B:Tiempo	0.0946125	1	0.0946125	0.12	0.7533
C:C. muestra	0.0861125	1	0.0861125	0.11	0.7641
AB	0.171112	1	0.171112	0.21	0.6748
AC	0.667012	1	0.667012	0.84	0.4279
BC	2.86801	1	2.86801	3.60	0.1542
Error total	2.39261	3	0.797538		
Total (corr.)	6.37849	9			

R-cuadrada = 62.4893 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 por ciento

Error estándar del est. = 0.89305

Error absoluto medio = 0.4552

Estadístico Durbin-Watson = 0.784294 (P=0.0919)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.49549

Anexo 8: Diseño experimental método soxhlet

Atributos del Diseño de Cribado

Clase de diseño: De Cribado

Nombre del Diseño: Factorial 2^3

Nombre del archivo: C:\Users\Usuario\Desktop\Desktop\soxhlet.sfx

Diseño Base

Número de factores experimentales: 3

Número de bloques: 1

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 10, incluyendo 2 puntos centrales por bloque

Grados de libertad para el error: 3

Aleatorizar: Si

Factores	Bajo	Alto	Unidades	Continuo
Dilucion	70.0	95.0	%	Si
Tiempo	2.0	4.0	h	Si
C. muestra	5.0	10.0	g	Si

Respuestas	Unidades
Rendimiento	%

Anexo 9. Rendimiento de la calaica para obtener la harina

Etapas del proceso	Masa de la Calaca	Rendimiento harina de calaca	
Masa Inicial de la fruta	700 lb	$(\text{masa final} / \text{masa inicial}) * 100$	
Cascara	670 lb	Masa inicial	29.3 lb
Pulpa (Semilla + mucilago)	29.3 lb	Masa final	2.50 lb
Masa deshidratada	3.15 lb	%Rendimiento	8.59 %
Triturado	2.50 lb		

Anexo 10. Flujograma de proceso

