

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

OBTENCIÓN DE PIGMENTO DE CASCARA DE BERENJENA (*Solanum melongena*, L.) Y SU INCOPORACIÓN EN YOGURT.

POR:

ENYEL NOE REYES CARRANZA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

Diciembre, 2024

OBTENCIÓN DE PIGMENTO DE CASCARA DE BERENJENA (*Solanum melongena*, *L.*)
Y SU INCOPORACIÓN EN YOGURT.

POR:

ENYEL NOE REYES CARRANZA

M S.C LIDIA MAGDALENA DÍAZ PINEDA
ASESOR PRINCIPAL

TESIS

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

CATACAMAS

OLANCHO

Diciembre, 2024

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre, Lorena Carranza, y a mi abuelo, Gregorio Carranza (QEPD), quienes me formaron y apoyaron en cada decisión, guiándome siempre por el mejor camino. A mi abuela, Felipa Coello, cuyo papel fue fundamental gracias a sus sabios consejos y su apoyo incondicional. A mi tío, Wilmer Gregorio Carranza, por estar presente en los momentos en que más lo necesité, y a Javier Velásquez, quien me motivó a seguir adelante en cada etapa de este recorrido. También dedico este logro a mis hermanos que son esa motivación para poder seguir adelante y a toda mi familia, quienes, con su respaldo constante, contribuyeron a que hoy sea la persona que soy.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza y el propósito necesarios para superar los desafíos y culminar con éxito mi carrera.

A Queem Farms, por la generosa donación de materia prima, fundamental para la realización de este proyecto.

A mis amigas, por ser mi apoyo en los momentos más difíciles. En especial, agradezco a Zaida Rodríguez, quien me inspiró a no rendirme y a seguir adelante frente a las adversidades; y a Mariela Martínez, por sus consejos y su constante apoyo.

Finalmente, agradezco profundamente a mis asesores, la M. Sc. Lidia Magdalena Díaz Pineda, por su guía incondicional durante todo el proceso; el M. Sc. Mildre Eleazar Turcios Rivera, y la M. Sc. Loren Paola Macías, por su valiosa orientación.

CONTENIDO

	Pág
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vi
LISTA DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General:	2
2.2. Objetivos Específicos	2
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.1 Pigmentos Alimentarios.....	3
3.2 Cultivo de Berenjena (<i>Solanum Melongena</i> , L)	4
3.3 Composición Nutricional de Berenjena.....	6
3.4 Pigmentos de la berenjena	8
3.6 Métodos de extracción de Pigmento.....	10
4.6 Caracterización de pigmentos.....	12
IV. MATERIALES Y METODOS	14
4.1 Lugar de investigación	14
4.2 Materiales Y Equipo.....	14
4.3 Metodología de Investigación.....	15
4.4 Recolección de Materia Prima.....	15

4.5	Caracterización de la Berenjena	16
4.6	Extracción de pigmento	18
4.7	Envasado de la harina de cáscara de berenjena:	18
4.8	Métodos de extracción :.....	18
4.9	Análisis Fisicoquímicos del Pigmento	19
4.11	Aceptabilidad del Yogur con pigmento:.....	21
4.12	Análisis estadístico	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.1	Análisis físico-químicos del método de Maceración al 70 %	24
5.2	Resultado de Análisis físico-químicos de método de Maceración al 95%.....	27
5.3	Resultado de Análisis físico-químicos método de Soxhlet con alcohol al 70%.....	29
5.4	Comparaciones Fisicoquímicas entre los Tratamientos	32
5.5	°Brix del extracto de cascara de berenjena.....	33
VII.	RECOMENDACIONES	38
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	38
ANEXOS		42

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Composición nutricional	7
Tabla 2 Análisis estadístico de maceración al 70%	22
Tabla 3 Análisis estadístico de Maceración al 95%.....	23
Tabla 4 Análisis estadístico de Método Soxhlet	23
Tabla 5 análisis estadístico de medias y desviaciones estándar.....	35

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1 Diagrama de obtención de Pigmentos de berenjena	10
Ilustración 2 Diagrama de Pareto para Absorbancia Maceración 70%	25
Ilustración 3 Diagrama de Pareto para Rendimiento Maceración 70%	26
Ilustración 4 Diagrama de Pareto para % Acidez Maceración 70%.	26
Ilustración 5 Diagrama de pareto para Absorbancia Maceración 95%	27
Ilustración 6 Diagrama de pareto para Rendimiento Maceración 95%.....	28
Ilustración 7 Diagrama de pareto para %Acidez Maceración 95%	29
Ilustración 8 Grafica de comparación para Absorbancia Soxhlet	30
Ilustración 9 Diagrama de pareto para Rendimiento Soxhlet	31
Ilustración 10 Diagrama de pareto para %Acidez Soxhlet.....	32
Ilustración 11 Grafica de Comparación entre los tratamientos para Acidez	33
Ilustración 12 Grafica de Comparación entre los tratamientos para °Brix	33
Ilustración 13 Grafica de resultado Aceptación General de Yogur	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Recoleccion de materia prima	42
Anexo 2 Lavado de Vegetal	42
Anexo 3 Pelado de Berenjena.....	43
Anexo 4 Deshidratado de cascara de Berenjena	43
Anexo 5 cascara deshidratado y empaque de harina.....	44
Anexo 6 Maceración con dos tipos de solvente.....	44
Anexo 7 Filtrado de Extracto	45
Anexo 8 Método de Extracción Soxhlet	45
Anexo 9 Baño María	46
Anexo 10 Resultados estadísticos para Maceración al 70%	46
Anexo 11 Resultados estadísticos para Maceración al 95.....	47
Anexo 12 Resultados estadísticos para método Soxhlet	47
Anexo 13 Estadísticas descriptiva de Berenjena	48

Reyes, Carranza, Enyel Noe (2024): Obtención de Pigmento de cascara de berenjena (*Solanum melongena* L) y su incorporación en yogurt. Trabajo profesional supervisado por tesis de grado Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras

RESUMEN

Los pigmentos alimentarios son compuestos bioactivos de origen natural que, además de proporcionar color, ofrecen propiedades antioxidantes y beneficios para la salud, lo que los convierte en ingredientes clave para la industria alimentaria. Entre las fuentes naturales de estos pigmentos se encuentra la cáscara de berenjena (*Solanum melongena*, L.), reconocida por su alto contenido de antocianinas, que son responsables de su característico color púrpura y tienen un gran potencial como aditivos alimentarios saludables. Este estudio se enfocó en la extracción de pigmentos de la cáscara de berenjena mediante métodos como maceración y Soxhlet, con el objetivo de evaluar los factores que influyen en el rendimiento y la calidad del proceso. Se establecieron objetivos claros y se realizó una revisión sobre la composición nutricional de los pigmentos y las condiciones de cultivo de la berenjena, destacando su importancia en la producción sostenible de compuestos bioactivos. El análisis incluyó variables como cantidad de muestra, tipo de solvente y tiempo de extracción, las cuales se evaluaron mediante métodos estadísticos. Los resultados, presentados en tablas y gráficos, incluyendo gráficos de Pareto, permitieron observar la relación entre absorbancia y rendimiento. Las conclusiones subrayaron la importancia de optimizar las condiciones de extracción para mejorar la eficiencia y calidad de los pigmentos obtenidos, con aplicaciones en la industria alimentaria.

Palabras clave: pigmentos alimentarios, cáscara de berenjena, extracción, maceración, Soxhlet.

I. INTRODUCCIÓN

La berenjena (*Solanum melongena* L.) es una hortaliza ampliamente cultivada y valorada en la industria alimentaria debido a su distintivo sabor, textura y propiedades nutricionales. Originaria de la India y perteneciente a la familia de las solanáceas, ha ganado reconocimiento en diversas partes del mundo por sus múltiples beneficios para la salud, según señalan estudios como el de González-Lavaut et al. (2007). Destacada por ser una excelente fuente de antioxidantes, especialmente de antocianinas, los pigmentos vegetales que le confieren su característico color morado oscuro, como indica (Isabel, s.f.) en su investigación. Estos antioxidantes desempeñan un papel fundamental en la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardíacas, cáncer y enfermedades neurodegenerativas, al proteger las células del daño causado por los radicales libres.

Sin embargo, la sobreproducción de berenjena en la zona de Comayagua ha llevado a un alto índice de desperdicio debido al descarte de frutos que no cumplen los estándares de calidad. Este desperdicio no solo representa una pérdida económica significativa, sino también un uso ineficiente de recursos naturales. (Alvarado Andrés 2019) reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos es una acción responsable que trae consigo una serie de beneficios tangibles para la economía, la seguridad alimentaria y el medio ambiente (FAO, s.f.).

Incorporar el pigmento de la berenjena en productos alimenticios, como el yogur, puede ser una solución innovadora y beneficiosa. No solo se aprovecharían los frutos descartados, sino que también se proporcionaría un beneficio adicional para la salud gracias a los antioxidantes presentes en la cáscara de berenjena. La extracción del pigmento de la berenjena es un proceso esencial que permite obtener los compuestos colorantes naturales de la cáscara. Este pigmento puede luego integrarse en diversos productos alimenticios, mejorando su atractivo visual de manera saludable.

El objetivo de este trabajo es obtener pigmento a partir de la cáscara de berenjena (*Solanum melongena* L.) para posteriormente adicionarlo en yogur

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

- Obtener el pigmento de cascara de berenjena (*Solanum melongena*, L.) para ser aplicado en yogurt.

2.2. Objetivos Específicos

- Extraer el pigmento de la cáscara de berenjena (*Solanum melongena*, L.) utilizando dos métodos diferentes.
- Caracterizar el pigmento de la cáscara de berenjena mediante análisis físico-químicos
- Evaluar la aceptabilidad del pigmento en yogurt mediante Análisis sensorial

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Pigmentos Alimentarios

Un pigmento es una sustancia colorante que se distingue por proporcionar un tono específico, como verde, amarillo o rojo, y que es insoluble en la mayoría de los líquidos comunes. Esta característica de insolubilidad permite que los pigmentos sean dispersados, pero no disueltos, en líquidos. La razón por la cual un pigmento exhibe un color particular es porque absorbe todas las longitudes de onda de la luz excepto una, la cual refleja hacia el observador.(Castillo Silva 2023)

Los pigmentos han sido utilizados desde tiempos prehistóricos y han jugado un papel fundamental en las artes visuales a lo largo de la historia. Los principales pigmentos naturales provienen de fuentes minerales o biológicas. La creación de pigmentos sintéticos surgió como respuesta a la necesidad de obtener opciones menos costosas y debido a la escasez de algunos colores, como el azul.(Marcano s. f.)

A lo largo de la historia, los pigmentos han desempeñado diversas funciones y han tenido una importancia significativa, en la industria alimentaria siendo indiscutibles en su relevancia para diversas aplicaciones, los pigmentos se pueden clasificarse en:

- Naturales: Dentro de los pigmentos inorgánicos coloreados encontramos los naturales, estos son: ocre, hematita, magnetita, etc. Esta clase de pigmentos se encuentran en los

minerales en estado nativo y son extraídos y purificados, pero sin modificar su estructura

- Sintéticos: Los pigmentos de este grupo no se encuentran en la naturaleza, sino que se fabrican a partir de reacciones químicas sobre metales. Dentro de este grupo se encuentran los complejos inorgánicos (rutilo, fosfato, espinel), óxidos metálicos (Óxidos de hierro y Óxidos de cromo) y Sales Metálicas (Pigmentos de Cadmio).(Juan 2013)

3.2 Cultivo de Berenjena (*Solanum Melongena*, L)

Según (Pino 2015), la berenjena es un cultivo de la familia de las Solanáceas a la cual pertenecen también la papa, el tomate. Es originaria de India y China; en India fue descrita en literatura antigua desde el año 300 A.C. y migró a Europa recién en la Edad Media llevada por comerciantes árabes. Es un cultivo muy difundido en los países asiáticos y árabes.

La berenjena es una planta herbácea anual. Mide de 0,7 a 1,0 m de altura, con varias ramificaciones erectas, pilosas-espinosas. Hojas enteras, ovaladas, grandes (15 a 25 cm de largo) y muy pilosas en la cara abacial. (González-Lavaut et al. 2007)

La berenjena en el mercado hondureño

La berenjena (*Solanum melongena* L.) se ha convertido en un producto agrícola de creciente importancia en Honduras, no solo por su valor nutricional y versatilidad culinaria, sino también por su potencial comercial tanto a nivel nacional como internacional.

Las principales zonas de cultivo de berenjena en Honduras se encuentran en el Valle de Comayagua, específicamente en los municipios de Comayagua, La Libertad y Villa de San Antonio. Esta región reúne condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo óptimo del cultivo, lo que la convierte en un polo de producción agrícola de gran relevancia.(Avelar y Antonio s. f.)

Honduras ha logrado posicionarse como un exportador de berenjena en el mercado internacional. Los principales destinos de exportación son Estados Unidos, Canadá y Europa..

Varias empresas hondureñas se dedican a la producción y exportación de berenjena, Entre las más reconocidas se encuentran Honduproduce, Agroinversiones, Exveco (Exportadora de Vegetales Comayagua). Estas empresas trabajan con agricultores locales para garantizar la calidad y el abastecimiento del producto, además de cumplir con los requisitos exigentes de los mercados internacionales.(Rodríguez 2008)

El desperdicio de berenjenas en la zona de Comayagua, Honduras, es un problema de gran magnitud que genera pérdidas económicas y ambientales considerables. Si bien la producción de berenjenas en esta región ha aumentado significativamente en los últimos años, también lo ha hecho el porcentaje de frutos que se descarta debido a diversos factores como ser:

Sobreproducción: La producción de berenjenas en Comayagua ha superado la demanda del mercado local e internacional, lo que genera un excedente de frutos que no encuentran compradores. Este excedente se traduce en pérdidas económicas para los productores y un aumento en el desperdicio de alimentos.

Estándares de calidad Altos: Los mercados internacionales demandan berenjenas que cumplan con estándares de calidad específicos en cuanto a tamaño, forma, color y ausencia de defectos. Una gran cantidad de frutos no cumple con estos estándares, lo que los convierte en no comercializables y contribuye al desperdicio.

Falta de diversificación en el uso de la berenjena: La berenjena se utiliza principalmente en su estado fresco para consumo humano. La falta de alternativas para su procesamiento o transformación en otros productos limita las opciones de comercialización y contribuye al desperdicio(Avelar y Antonio s. f.)

3.3 Composición Nutricional de Berenjena

La berenjena es una hortaliza baja en calorías y rica en fibra, lo que la hace ideal para dietas de control de peso y para promover la salud digestiva. Es una excelente fuente de vitaminas y minerales, como la vitamina C, que actúa como antioxidante y fortalece el sistema inmunológico, y la vitamina K, importante para la coagulación sanguínea y la salud ósea. Además, contiene una buena cantidad de potasio, que ayuda a regular la presión arterial y la función muscular y nerviosa. En términos de macronutrientes, la berenjena es muy baja en grasa y contiene una cantidad mínima de proteínas. Su contenido de carbohidratos es principalmente fibra, lo que la convierte en una opción saludable para mantener niveles estables de azúcar en la sangre y promover la saciedad, la berenjena es una hortaliza versátil y nutritiva que puede incorporarse fácilmente en una dieta equilibrada para obtener una variedad de nutrientes esenciales y beneficios para la salud.

La base de datos compilada por el Dr. Duke identifica un total de 115 compuestos presentes en la *Solanum melongena* L., más comúnmente conocida como berenjena. Esta exhaustiva recopilación revela la diversidad química de este fruto, destacando la presencia de aminoácidos como alanina, 5-hidroxitriptamina, arginina, glicina, leucina y serina; ácidos carboxílicos como alfa-linolénico, araquidónico, ascórbico, aspártico, glutámico, oxálico y palmítico; aminas como fenilalanina y triptamina; flavonoides como delphinidin-3-rutinósido-3-(4'-coumaroilrutinósido)-5-glucósido; y una variedad de oligoelementos esenciales, entre los que se incluyen aluminio, bario, boro, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, potasio, selenio y sodio. Esta información, recopilada por el Dr. Duke en el año 2007, representa un valioso recurso para la investigación en el campo de la nutrición y la salud.

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la berenjena contiene 93 gramos de agua por cada 100 gramos del alimento. La tabla a continuación presenta la información nutricional detallada de la berenjena, destacando su contenido de hidratos de carbono. Cada fila de la tabla corresponde a un nutriente diferente y su cantidad específica por cada 100 gramos del producto:

Tabla 1 Composición nutricional

Nutriente	Por 100 g	
Energía (Kcal)	27	
Proteínas (g)	1,2	
Lípidos totales (g)	0,2	
AG saturados (g)	0,05	
AG monoinsaturados (g)	Tr	
AG poliinsaturados (g)	0,1	
ω -3 (g)	—	
C18:2 Linoleico (ω -6) (g)	—	
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	
Hidratos de carbono (g)	4,4	
Fibra (g)	1,2	
Agua (g)	93	
Calcio (mg)	11	
Hierro (mg)	0,7	
Yodo (μ g)	2	
Magnesio (mg)	12	
Zinc (mg)	0,28	
Sodio (mg)	2	
Potasio (mg)	214	
Fósforo (mg)	21,4	
Selenio (μ g)	1	
Tiamina (mg)	0,04	
Riboflavina (mg)	0,05	
Equivalentes niacina (mg)	0,6	
Vitamina B6 (mg)	0,08	
Folatos (μ g)	18	
Vitamina B12 (μ g)	0	
Vitamina C (mg)	6	
Vitamina A: Eq. Retinol (μ g)	3	
Vitamina D (μ g)	0	
Vitamina E (mg)	0,03	

Fuente:(USDA s. f.)

3.4 Pigmentos de la berenjena

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano, Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales, acumulados en las vacuolas de la célula. Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contaminación viral y microbiana.(Garzón 2008)

El interés por los pigmentos antociánicos e investigación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo. Por lo tanto, además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano. A pesar de las ventajas que ofrecen las antocianinas como sustitutos potenciales de los colorantes artificiales, factores como su baja estabilidad y la falta de disponibilidad de material vegetal limitan su aplicación comercial(Juan 2013)

Las antocianinas son interesantes por dos razones principales. En primer lugar, su impacto en las características sensoriales de los alimentos puede influir en su comportamiento tecnológico durante el procesamiento. En segundo lugar, tienen implicaciones significativas para la salud humana a través de diversas vías (Romero et al. 2008).

Estos pigmentos son de particular interés para la industria de colorantes alimenticios debido a su capacidad para impartir colores atractivos(Juan 2013). Recientemente, diversos materiales que contienen antocianinas están siendo incorporados a productos alimenticios. Estos productos requieren investigación futura para demostrar sus efectos fisiológicos. Actualmente, las antocianinas extraídas de maíz morado y azul se utilizan en la producción de tortillas azules coloreadas de manera natural. La incorporación de antocianinas como colorantes alimenticios no solo mejora la apariencia de los productos, sino que también aporta beneficios significativos para la salud.

Diversos estudios presentan evidencia científica de que los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante, atrapar radicales libres y actuar como agentes quimio protectores. Además, las antocianinas juegan un papel importante en las propiedades antidiabéticas, como el control de lípidos, la secreción de insulina y los efectos vaso protectores (Shipp y Abdel-Aal, 2010).

Las propiedades funcionales de las antocianinas abren nuevas perspectivas para la creación de productos coloreados con valor agregado para el consumo humano. El objetivo de esta revisión es ofrecer un panorama actualizado de las propiedades funcionales de las antocianinas, su potencial como ingredientes alimenticios y su impacto en la salud

3.5 Beneficios para la salud

Como se ha demostrado en diversos estudios, la berenjena es un alimento particularmente beneficioso para mejorar la circulación sanguínea, gracias a su capacidad para reducir los niveles de colesterol y prevenir la arteriosclerosis. Este efecto se logra facilitando la eliminación del colesterol a través de los intestinos, impidiendo que los ácidos grasos saturados se acumulen en las arterias. Además, la berenjena favorece el correcto funcionamiento hepático al estimular la secreción de bilis. (Natalie Butler, R.D., L.D 2021)

Las propiedades antiinflamatorias de la berenjena también juegan un papel importante en su uso terapéutico, ya que su aplicación en áreas doloridas del cuerpo puede producir un efecto relajante y aliviar el dolor.

En términos nutricionales, la berenjena es ideal para dietas de adelgazamiento debido a su bajo aporte calórico. Predominantemente compuesta por agua, también aporta minerales esenciales y una cantidad moderada de fibra. Los beneficios dietéticos de la berenjena no solo se atribuyen a sus propiedades nutricionales básicas, sino también a sus componentes antioxidantes, que son responsables tanto de sus beneficios para la salud como de su característico sabor ligeramente amargo.(Natalie Butler, R.D., L.D 2021)

3.6 Métodos de extracción de Pigmento

Se detalla a continuación el flujo de proceso para la extracción de pigmento de la cáscara de berenjena:

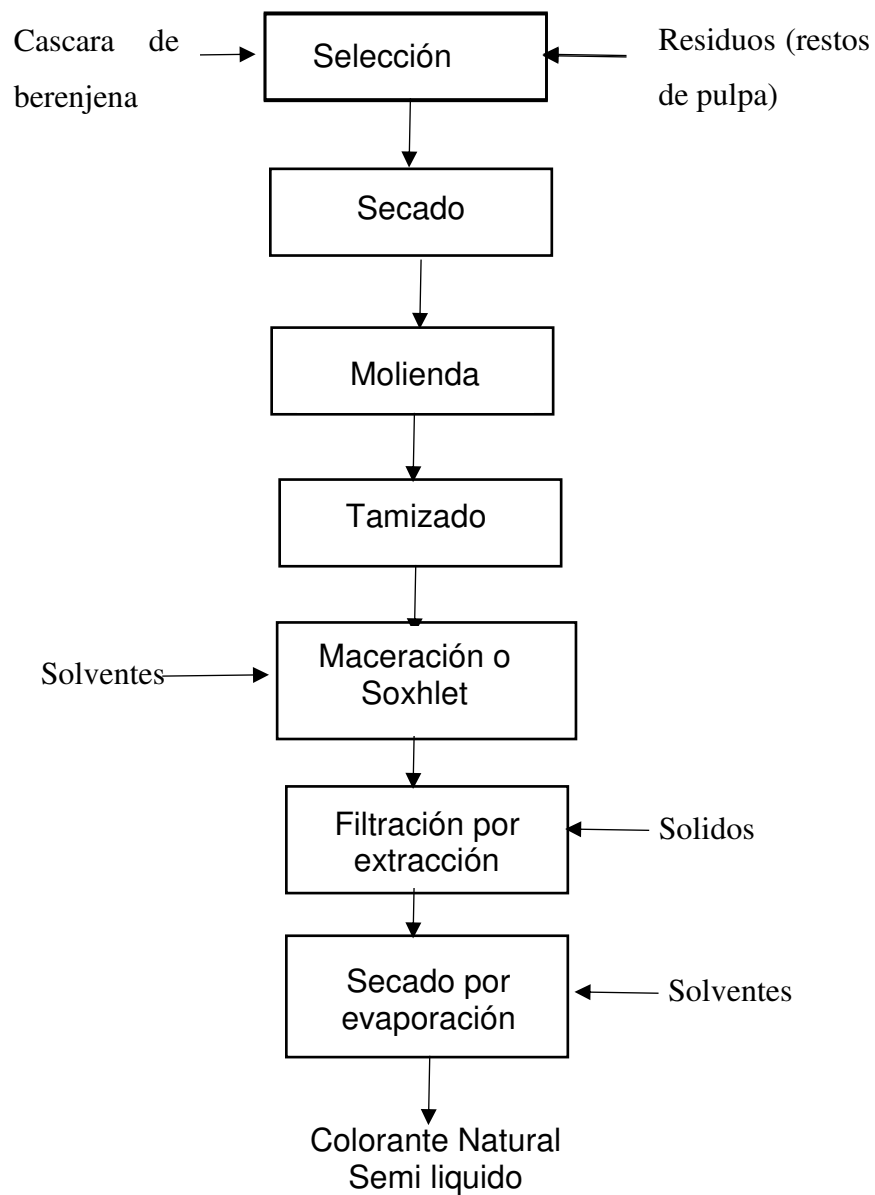


Ilustración 1 Diagrama de obtención de Pigmentos de berenjena

Maceración con Etanol

Las antocianinas son ampliamente extraídas con técnicas convencionales o clásicas como las extracciones sólido-líquido (maceración). Cabe señalar el enfoque es la extracción de las antocianinas de las cascaras de berenjena provenientes de los diferentes cultivos del valle de Comayagua.

En el ámbito de la investigación científica, el proceso de maceración emerge como una técnica fundamental en la extracción de compuestos bioactivos de diversos materiales. Este proceso implica la inmersión controlada de dicho material en un solvente específico, llevada a cabo en un recipiente adecuado(Beacker 100 ml) durante un periodo de tiempo que oscila entre 4 días, a una temperatura ambiente óptima que varía en función de la metodología empleada.(Azmir et al. 2013). La duración y las condiciones de la maceración son determinantes en la eficiencia y la calidad del proceso, influyendo directamente en la cantidad y la biodisponibilidad de los compuestos extraídos

La extracción más empleada es la de sólido-líquido, la cual usa solventes como el etanol, agua o mezclas de ellos y a veces acidulado en diferentes concentraciones, proporciones, temperaturas y tiempos de agitación constante. Las extracciones de las antocianinas son llevadas a cabo con solventes como etanol, metanol, agua, pudiendo ser acidulada con ácido cítrico al 10% o HCl 0.1 M. Se suele elegir al etanol por su toxicidad baja y por el uso en ensayos alimenticios o clínicos. Si la concentración del ácido es elevada puede causar la hidrólisis de los grupos acilo, especialmente en presencia de ácidos dicarboxílicos como en el ácido malónico, por lo que se sugiere utilizar ácidos débiles a bajas concentraciones.

Previamente al proceso de maceración, es imprescindible someter el material a un proceso de molienda hasta alcanzar partículas de tamaño reducido, generalmente en el rango de los micrómetros (μm). Este paso es crucial ya que permite la ruptura de la pared celular del material, facilitando así la liberación de los compuestos bioactivos presentes. Al aumentar la superficie de contacto del material con el solvente, se agiliza el proceso de extracción,

reduciendo tanto el tiempo de análisis como las posibilidades de oxidación de los compuestos bioactivos.(Cristianini y Guillén Sánchez 2020)

Método de Soxhlet

El método Soxhlet es la técnica de separación sólido-líquido comúnmente usada en la industria alimentaria y no alimentaria para la determinación del contenido graso en muestras de diferente naturaleza. De igual modo, puede ser usada como técnica preparativa de muestra como paso previo al análisis mediante otra técnica instrumental, el extractor Soxhlet constituye una herramienta fundamental en el ámbito de la química analítica y la investigación científica, especialmente para la extracción de sustancias con baja solubilidad en el disolvente de extracción. Este Equipo de laboratorio opera bajo un principio de extracción por reflujo, donde la muestra se sumerge en un disolvente caliente que se extrae periódicamente, destilándose y retornándose a la muestra. (Mario Rodríguez 2020)

Durante cada ciclo de extracción, una fracción del compuesto no volátil se disuelve en el disolvente. Tras múltiples ciclos, el compuesto de interés se concentra en el matraz de destilación. Posteriormente, el disolvente del matraz se evapora y se determina la masa del residuo, que corresponde al compuesto deseado. Este método ofrece una eficiente extracción y concentración de compuestos, siendo especialmente útil en el análisis de lípidos y otras sustancias con baja solubilidad en solventes convencionales.(Mario Rodríguez 2020)

4.6 Caracterización de pigmentos

Espectrofotometría

Según (Castillo Silva 2023)La espectrofotometría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones biológicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aun el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe longitud de ondas que pertenecen al espectro visible; el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo. La absorción de las radiaciones ultravioleta, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química, Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida. (Castillo Silva 2023)

El color de las sustancias se debe a que éstas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a nuestros ojos aquellas longitudes de onda no absorbida.(Juan 2013)

PH

En un entorno ácido, típicamente con un pH menor a 4, las antocianinas adoptan una estructura de tipo oxonio (catión flavilio), lo que les confiere colores vibrantes en tonos rojos intensos. Este fenómeno se debe a la presencia de una conjugación extendida entre los dos fragmentos aromáticos de la molécula, permitiendo la absorción de luz visible en una longitud de onda variable (480 - 550 nm.), la cual depende de los sustituyentes presentes en los anillos.

A un pH cercano a 4-5, estas moléculas experimentan un proceso de ataque nucleofílico sobre el carbono C2 por parte de una molécula de agua. Este proceso conduce a la adopción de una configuración de tipo carbinol pseudobase, la cual carece de color debido a la ausencia de conjugación entre el fragmento monocíclico y el resto de la molécula, impidiendo así la absorción de luz visible.

Sin embargo, cuando el pH se sitúa por encima de 5, las antocianinas vuelven a exhibir colores intensos en la gama de los azules, verdes y amarillos. Esto se debe al predominio de conformaciones neutras o aniónicas, las cuales presentan una fuerte conjugación, permitiendo nuevamente la absorción de luz visible y generando una variedad de colores en la molécula.(López y Torres 2018)

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Lugar de investigación

El estudio se realizó en Planta de Procesamientos Hortofrutícolas de la Facultad de Ciencias Tecnológicas, ubicada en la Universidad Nacional de Agricultura. Este campus se ubica en la ciudad de Catacamas en el departamento de Olancho, carretera hacia Dulce Nombre de Culmi, La materia prima (berenjena) se obtuvo en Queen Farms, SA, ubicada en la ciudad de Comayagua.

4.2 Materiales Y Equipo

Balanza Digital, deshidratador para frutas y vegetales (6PARRILLAS) (ST-03) 500W/110V/60HZ, Molino de Mano, Espectrofotómetro, Refractómetro digital (Fsherbrand), Ph metro (Medidor de PH), Placa Calefactora, Bureta (50ml), Soporte Universal, Vaso Precipitado, Matraz Erlenmeyer (250ml), Frascos Vidrio color ámbar, Embudo de plástico, Soporte de madera para embudo, Balón de vidrio (500ml), Condensador, Varilla de vidrio, Mortero con pilón, Piseta de Plástico, Probeta, Papel Filtro #40 11cm, Papel Filtro #41 11cm, Pipeta de plástico 1ml, Termómetro, Bolsas Ziploc, Agua destilada, Calculadora, Equipo Soxhlet.

Reactivos

Ácido Cítrico, Etanol al 70-95%, Fenolftaleína, Hidróxido de sodio

4.3 Metodología de Investigación

La obtención del pigmento de berenjena (*Solanum melongena* L.) se realizó siguiendo una metodología detallada que abarcó desde la recolección de la materia prima hasta la incorporación del pigmento en yogur. La recolección fue una etapa crucial, ya que la calidad del producto final dependió en gran medida de la selección inicial de las berenjenas. La extracción del pigmento se llevó a cabo mediante dos métodos: Soxhlet y maceración. Para lograr esta obtención, se realizaron diversas actividades, entre las cuales se incluyeron:

4.4 Recolección de Materia Prima

La recolección de la materia prima fue una etapa crucial en el proceso de obtención de pigmento de berenjena, ya que la calidad del producto final dependió en gran medida de la selección inicial de las berenjenas.

• Selección de Berenjenas

Se eligieron berenjenas que presentaran una piel lisa, brillante y sin defectos. Asegurándose de que las berenjenas estuvieran maduras, pero no demasiado, para optimizar la concentración de pigmentos.

Las berenjenas seleccionadas debieron estar libres de plagas y enfermedades. Se inspeccionaron visualmente cada berenjena para detectar cualquier signo de plaga por insectos, hongos o bacterias.

• Transporte de las Berenjenas

Se Transportaron las berenjenas recolectadas a un lugar fresco y seco inmediatamente después de la recolección. Esto fue esencial para evitar la deshidratación y el deterioro del producto. Utilizaron cajas de transporte con ventilación adecuada para mantener la frescura.

Se Manejaron las berenjenas con cuidado durante el transporte para prevenir magulladuras y daños físicos. Se aseguraron de que las cajas no estuvieran apiladas de manera que pudieran aplastar las berenjenas inferiores.

La recolección y el transporte adecuados de las berenjenas garantizaron que la materia prima llegara en óptimas condiciones a la planta Hortofrutícola, preservando sus propiedades físicas y químicas esenciales para la extracción de pigmentos.

- **Lavado de las berenjenas seleccionadas:**

Una vez seleccionadas las berenjenas adecuadas, se procedió a lavarlas con agua potable. Este proceso eliminó cualquier suciedad, residuo de tierra u otros contaminantes superficiales que pudieron estar presentes en la cascara de las berenjenas.

- **Desinfección**

Después del lavado inicial, se utilizó un desinfectante (Hipoclorito de Sodio), aplicado a una concentración de 20-30 ppm. Esto ayudó a reducir la carga microbiana en la superficie de las berenjenas, mejorando la seguridad alimentaria y prolongando su vida útil.

- **Pelado:**

Se utilizó un pelador de papas para retirar la cáscara exterior de las berenjenas, en pequeñas tiras de aproximadamente 1 mm de espesor.

- **Inactivación enzimática:**

Para prevenir la oxidación de la cáscara de berenjena pelada, se sumergió en una solución salina al 3.5 % durante 3 minutos. La sal actuó como un agente antioxidante que ayudó a mantener el color y la calidad de la cáscara, evitando cambios no deseados en su apariencia y sabor. Después de los 3 minutos de inmersión en la solución salina, se enjuagó la cáscara de berenjena con agua para eliminar cualquier residuo de solución salina en exceso.

4.5 Caracterización de la Berenjena

La caracterización de la berenjena de la Variedad "Meilin" fue una fase fundamental para evaluar las propiedades físicas y la calidad inicial de las berenjenas antes de su procesamiento. Este proceso incluyó la medición y registro de diversos parámetros físicos, los cuales fueron

fundamentales para garantizar la uniformidad y la calidad del producto final. (Ver en el apartado de Anexos)

• **Parámetros Físicos Medidos:**

Peso:

Se midió el peso de cada berenjena utilizando una balanza. Se registro el peso en gramos para asegurar precisión en los datos. El peso fue un indicador general de la masa y tamaño del vegetal, y fue crucial para la normalización de los siguientes procesos.

Diámetro:

Se midió el diámetro de cada berenjena en su punto más ancho, alto y largo utilizando un pie de rey y se registraron los valores en milímetros. El diámetro ayudó a clasificar las berenjenas por tamaño y garantizó uniformidad en el procesamiento.

Grosor de Pulpa:

Se cortó la berenjena en secciones representativas y se midió el grosor de la pulpa con un vernier (Pie de Rey). Se registraron los valores promedio de varias mediciones en milímetros m. El grosor de la pulpa fue un indicador de la pulpa del vegetal e influyó en la textura y la cantidad de material útil disponible para extracción.

Peso de la Cáscara:

Se separó la cáscara de la pulpa y se midió el peso de la cáscara utilizando una balanza de precisión. Se registró el peso en gramos. El peso de la cáscara fue esencial para calcular el rendimiento y la proporción de cáscara respecto al peso total del vegetal.

Porcentaje de Daño (% Daño):

Se evaluó visualmente cada berenjena para identificar daños causados por plagas, como áfidos, Alternaría y bacterias. Se estimó el porcentaje de área afectada en relación con el área total de la berenjena y se registró el % de daño. Evaluar el daño fue crucial para asegurar que solo las berenjenas en buen estado fueran utilizadas, garantizando la calidad del producto final.

4.6 Extracción de pigmento

Deshidratación de la cáscara de berenjena:

El proceso de deshidratación de la cáscara de berenjena tuvo como objetivo principal eliminar su humedad para prolongar la vida útil, facilitar el almacenamiento y optimizar la extracción de pigmentos. La cáscara se sometió a dos métodos de deshidratación: uno mediante deshidratación solar y otro con un deshidratador eléctrico de 6 parrillas (ST-03, 500W/110V/60Hz). En este último, se deshidrató a una temperatura controlada de 40 °C durante 5 horas, lo que permitió conservar los nutrientes y el color mientras se eliminaba gradualmente el contenido de agua.

Proceso de molienda:

Una vez que la cáscara de berenjena estuvo completamente deshidratada, se procedió a molerla hasta obtener un polvo fino utilizando un molino de mano. Este proceso transformó la cáscara deshidratada en partículas muy pequeñas, lo que facilitó la extracción de pigmentos.

4.7 Envasado de la harina de cáscara de berenjena:

Método de envasado:

Una vez molida, la cáscara de berenjena se envasó inmediatamente en bolsas de empaque al vacío. Este método de envasado ayudó a prolongar la vida útil del polvo de cáscara de berenjena al evitar la exposición al aire y a la humedad, lo cual contribuyó a prevenir la oxidación y pérdida de calidad del producto.

4.8 Métodos de extracción :

Para la extracción se implementaron dos métodos de extracción sólido-líquido: uno de los métodos fue la maceración, el segundo fue el método de Soxhlet.

- **Método por Maceración:**

Este método consistió en colocar una muestra, (según análisis estadístico) en un vaso de precipitado previamente esterilizado, al cual se añadieron de 100 a 150 ml de solvente (mezcla de agua y etanol al 70 y 95%) en una proporción, (según análisis estadístico), (v/v). Además, se agregó 10 ml de ácido cítrico al 20% para mejorar la extracción. La muestra se mantuvo en maceración durante un periodo de 12, 24,36 y 48 horas. Transcurrido este tiempo, se procedió a filtrar la muestra y luego se concentró a baño María durante 5 horas, a una temperatura de 60 C°, evitando el contacto directo con el pigmento extraído, para obtener el pigmento en estado semilíquido.

- **Método de Soxhlet**

Las cáscaras trituradas de berenjena se colocaron en un cartucho de papel de filtro o un dedal de extracción, que se introdujo en el extractor Soxhlet.

El proceso comenzó calentando el balón para evaporar el solvente (Alcohol al 70%), que luego se condensó y goteó sobre las cáscaras, extrayendo los pigmentos. Este ciclo continuó durante 4, 3, 5 horas, hasta que el solvente en el matraz adquirió un color significativo o la parte del extractor donde se encontraba el cartucho con la muestra estuvo incolora, indicando una extracción completa.

Una vez finalizada la extracción, se realizó la evaporación en baño María, sumergiendo la muestra extraída por 5 horas, para obtener una muestra semilíquida.

4.9 Análisis Físicoquímicos del Pigmento

Obtenido el pigmento de la cáscara de berenjena se realizaron análisis físicoquímicos En el laboratorio de investigación de la planta Hortofrutícola de la Facultad de Ciencias Tecnológicas El pigmento de la cáscara de berenjena se caracterizará con los siguientes Análisis:

- **PH:** Se realizo con un pH-metro ATC, colocando una muestra del pigmento para poder ser analizada con los electrodos de medición.

- **Acidez Titulable:** Este análisis se realizó mediante titulación. Para ello, se tomó una muestra del pigmento y se tituló utilizando una solución de NaOH a 0.098 N, con fenolftaleína como indicador. Para poder realizar el cálculo el porcentaje de acidez, se empleó la siguiente fórmula:

$$Acidez \% = NaOH\ Gastado \left(\frac{N\ meq/g}{1000meq} \right) * \frac{Peso\ Molecular\ Acido}{Meq} * \frac{x\ g}{v} * 100$$

donde:

Gasto de NaOH: Es el volumen de la solución de hidróxido de sodio (NaOH) que se ha utilizado en la titulación.

N meq/g: Es la normalidad de la solución de NaOH.

1000meq: Constante dada por la formula

Meq: Miliequivalentes Presentes en la muestra

meq ácido: Es el peso equivalente en miliequivalentes (meq) del ácido que se está titulando. Este valor depende del ácido específico que se está midiendo.

V: Es el volumen de la muestra que se está analizando, normalmente expresado en mililitros (mL).

100: Es un factor de conversión para expresar la acidez en porcentaje.

• Espectrofotometría:

Para evaluar la eficiencia de los procesos de extracción utilizados y la calidad del pigmento, se utilizó un espectrofotómetro, (Thermo Scientific Evolution 201). Este instrumento permitió medir la absorbancia de la muestra a diferentes longitudes de onda, proporcionando información precisa sobre la concentración del pigmento y sus características cromáticas.

Para la obtención de datos de espectrofotometría, el equipo realizó 50 lecturas, y al finalizar las lecturas, nos arrojó un promedio, el cual fue el dato de la absorbancia presente en el pigmento.

- **°Brix:**

Para realizar este análisis, se utilizó un refractómetro con el fin de medir los sólidos solubles presentes en el pigmento de berenjena. Este instrumento fue fundamental en la evaluación de la calidad del pigmento, ya que permitió determinar la concentración de sustancias disueltas que contribuyeron a las propiedades organolépticas y fisicoquímicas del producto final.

4.10 Adición pigmento a Yogur:

Se aplicó el pigmento extraído de cáscara de berenjena al yogur en una concentración única del 9% para evaluar su efecto en la coloración.

Para poder Calcular la cantidad de Pigmento se utilizo la siguiente formula

$$vp = \left(\frac{\% \text{ deseado}}{100} \right) * \text{Volumen total de Yogur}$$

Donde:

Vp= Volumen de Pigmento

100= Constante establecida

4.11 Aceptabilidad del Yogur con pigmento:

Para evaluar la aceptación del yogur pigmentado con cáscara de berenjena, se realizó una prueba de aceptación general hedónica utilizando un panel sensorial no entrenado compuesto por 65 participantes. Se presentaron a los evaluadores varias muestras de yogur, cada una con una concentración de pigmento, las cuales fueron codificadas de manera aleatoria.

Los participantes evaluaron cada muestra utilizando una escala hedónica de 5 puntos, donde el valor 1 significaba "Me disgusta mucho" y el 5 "Me gusta mucho".

Se analizaron atributos específicos como el sabor, aroma, color y aceptación general del yogur. Este enfoque detallado permitió obtener una comprensión más profunda de cómo las variaciones en la concentración de pigmento afectaron la percepción sensorial del yogur. Los datos recolectados fueron sometidos a un análisis estadístico para determinar la aceptación general y las diferencias significativas entre las muestras. Esto facilitó la identificación de la concentración de pigmento que logró el mayor grado de aceptación entre los consumidores.

4.12 Análisis estadístico

El análisis estadístico realizado en este estudio se llevó a cabo utilizando el programa Statgraphics, que permitió la aplicación de tres modelos estadísticos para evaluar los efectos de los factores en el rendimiento de la variable de respuesta.

Análisis Estadístico para el método de Maceración al 70 %

Se empleó un diseño factorial para evaluar los efectos de tres factores en un total de 10 corridas experimentales. Este diseño se ejecutó en un único bloque, garantizando que las condiciones experimentales fueran homogéneas. Además, el orden de las corridas fue completamente aleatorizado, con el objetivo de minimizar el efecto de posibles fuentes de variabilidad no controladas y asegurar la validez estadística de los resultados obtenidos.

Tabla 2 Análisis estadístico de maceración al 70%

<i>Factores</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Continuo</i>
Cantidad de muestra	20.0	40.0	g	Sí
Dilución	70.0	90.0	mL	Sí
Tiempo	24.0	48.0	Horas	Sí
<i>Respuestas</i>			<i>Unidades</i>	
Rendimiento			G/ml	

Análisis estadístico para el método de Maceración al 95%

Se utilizó un diseño factorial para estudiar los efectos de tres factores: Cantidad de Muestra (10.0 a 20.0 g), Dilución (70.0 a 90.0 mL) y Tiempo (24.0 a 48.0 horas) en 10 corridas experimentales, realizadas en un único bloque. El orden de los experimentos fue aleatorizado con el programa StatGraphics, asegurando validez y minimizando variabilidad externa. Este enfoque permitió evaluar tanto los efectos principales como las interacciones entre los factores de manera eficiente y fiable.

Tabla 3 Análisis estadístico de Maceración al 95%

<i>Factores</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Continuo</i>
Cantidad Muestra	10.0	20.0	G	Sí
Dilución	70.0	90.0	ML	Sí
Tiempo	24.0	48.0		Sí
<i>Respuestas</i>			<i>Unidades</i>	
Rendimiento			G/ML	

Análisis estadístico para el método de Soxhlet

Se implementó un diseño factorial para estudiar los efectos de tres factores: Cantidad de Muestra (5.0 a 10.0 g), Solvente (150.0 a 200.0 mL) y Tiempo (3.0 a 5.0 horas) en el rendimiento (g/mL), con un total de 10 corridas experimentales. Este diseño se ejecutó en un solo bloque, lo que garantizó la homogeneidad de las condiciones experimentales. Además, el orden de los experimentos fue completamente aleatorizado.

Tabla 4 Análisis estadístico de Método Soxhlet

<i>Factores</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Continuo</i>
Cantidad Muestra	5.0	10.0	G	Sí
Solvente	150.0	200.0	ML	Sí
Tiempo	3.0	5.0		Sí
<i>Respuestas</i>			<i>Unidades</i>	
Rendimiento			G/ml	

El diseño factorial empleado en este estudio permitió evaluar de manera precisa cómo tres factores Cantidad de Muestra, Solvente y Tiempo afectan el rendimiento. Se realizaron un total de 30 corridas experimentales, distribuidas entre tres métodos de extracción: maceración al 70%, maceración al 95% y Soxhlet, con el objetivo de optimizar el proceso

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis físico-químicos del método de Maceración al 70 %

Absorbancia de pigmento de cascara de berenjena con el método de Maceración al 70%

En el diagrama de Pareto se observa que la concentración del material (CM) es el factor que más influye en la absorbancia, con una menor relevancia del tiempo y un impacto mínimo de la dilución. Aunque el análisis de varianza (ANOVA) no identifica efectos estadísticamente significativos, el factor A está cerca de alcanzar significancia, lo que sugiere una tendencia que podría ser relevante en muestras adicionales o en un ajuste fino del diseño experimental. La R-cuadrada del 46.52% indica que el modelo explica una proporción moderada de la variabilidad en la absorbancia, pero el R-cuadrada ajustado de 19.78% muestra limitaciones en la capacidad de predicción del modelo.

En comparación con otros estudios sobre pigmentos naturales y su absorbancia, como los trabajos de análisis espectrofotométrico en mezclas de algas o pigmentos vegetales, también se observa la importancia de factores como la concentración y el método de extracción, para optimizar la absorbancia,(Thrane et al. 2015),(Lu et al. 2023). Estos estudios muestran que la concentración del pigmento y las condiciones experimentales (como el tiempo y la técnica de extracción) afectan la estabilidad y la precisión de los resultados de absorbancia.

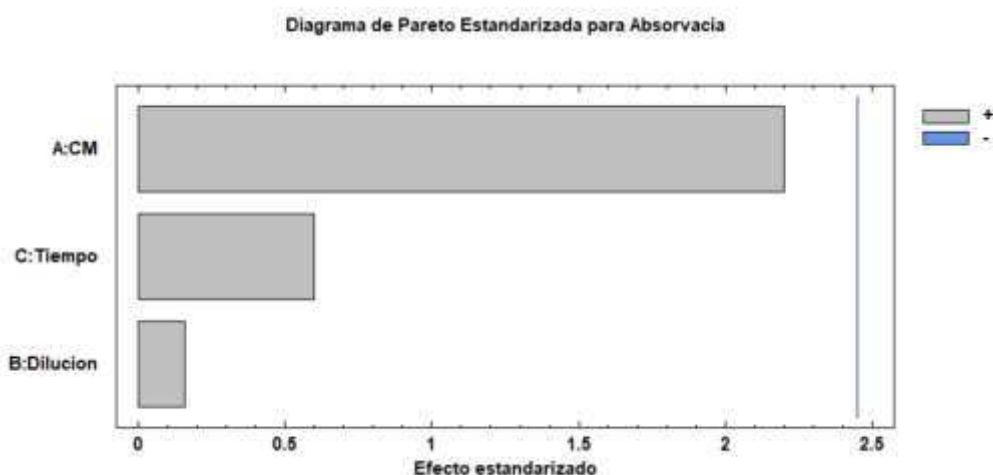


Ilustración 2 Diagrama de Pareto para Absorbancia Maceración 70%

Rendimiento de pigmento de cascara de berenjena Maceración al 70%

El Diagrama de Pareto para rendimiento, en la extracción de pigmentos de la cáscara de berenjena muestra que, a diferencia del estudio de (Shahabi Mohammadabadi et al. 2022), en este estudio ninguno de los factores evaluados (CM, Dilución, Tiempo) alcanzó significancia estadística ($P > 0.05$), lo que indica que estos factores no tienen un impacto significativo en el rendimiento de extracción. Además, el valor de R-cuadrada ajustada en este estudio fue de 0.0%, lo que sugiere una baja capacidad de predicción del modelo, en contraste con el R-cuadrada ajustado de 0.96 en el estudio comparado, lo que refleja una mayor precisión y capacidad predictiva en ese modelo.

Aunque la prueba de falta de ajuste en el modelo no mostró resultados significativos ($P = 0.6742$), la baja capacidad explicativa y la ausencia de términos significativos señalan limitaciones en el modelo propuesto. Por otro lado, el (Shahabi Mohammadabadi et al. 2022). identificó varios factores relevantes con valores de $P < 0.0001$.

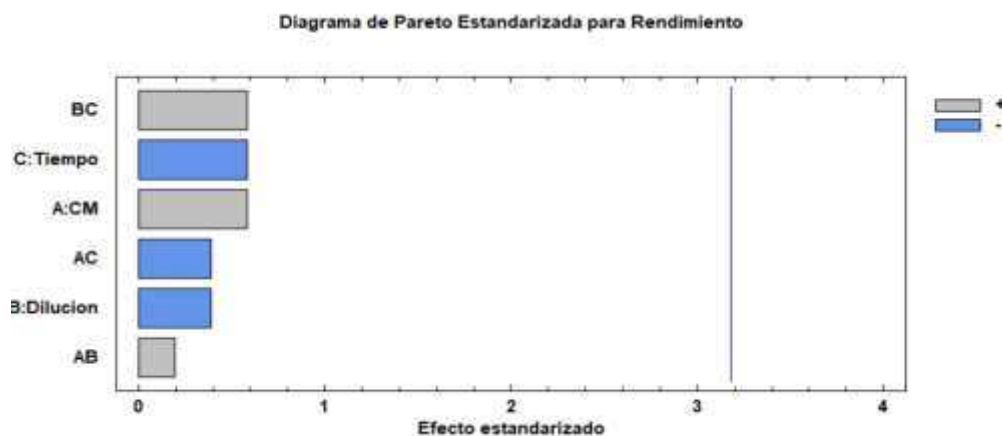


Ilustración 3 Diagrama de Pareto para Rendimiento Maceración 70%

% Acidez de pigmento de cascara de berenjena Maceración al 70%

según(Salinas-Moreno et al. 2012) el análisis de varianza (ANOVA) sobre el porcentaje de acidez muestra que la cantidad de muestra (CM) tiene el mayor impacto, aunque no alcanza la significancia estadística al 95% ($P = 0.0900$). La interacción entre los factores A y C (AC) también se muestra relevante. Por otro lado el estudio de .(Sánchez-Feria et al. 2018) representa que el diagrama de Pareto estandarizado respalda estos hallazgos, destacando el efecto considerable de CM y AC, mientras que la dilución y el tiempo (BC) tienen un impacto mínimo. La R-cuadrada del 63.0878% sugiere que el modelo explica una gran parte de la variabilidad en la acidez, aunque la R-cuadrada ajustada del 44.6317% indica la posible influencia de otros factores no considerados.

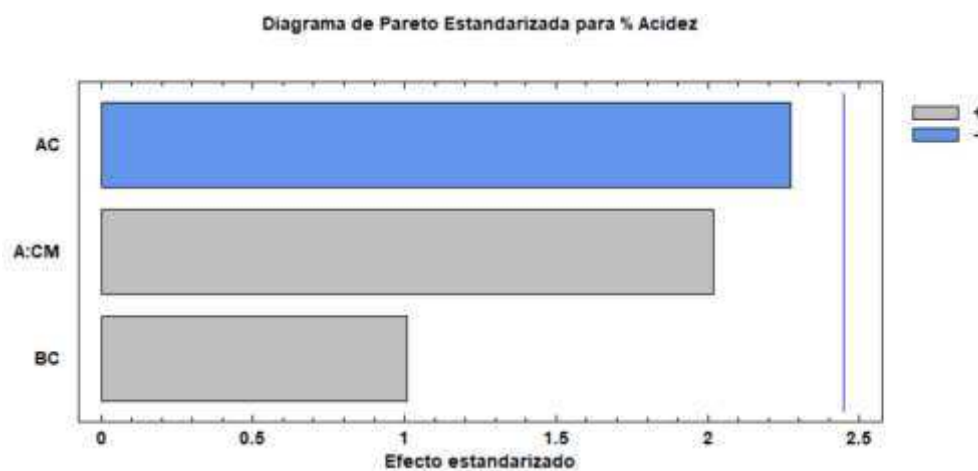


Ilustración 4 Diagrama de Pareto para % Acidez Maceración 70%.

5.2 Resultado de Análisis físico-químicos de método de Maceración al 95 %

Absorbancia de pigmento de cascara de berenjena Maceración al 95%

El diagrama de Pareto estandarizado en el análisis de absorbancia identifica la "Cantidad de Muestra" (A) y el "Tiempo" (C) como factores con efectos significativos en la absorbancia, superando el umbral crítico de relevancia (2.0). Esto coincide con el estudio de, (Cristianini y Guillén Sánchez 2020), que también encontraron que aumentar estos factores mejora la absorbancia. El diagrama señala interacciones menos significativas (como BC y AB) con efectos negativos más bajos, sugiriendo que las combinaciones de factores influyen menos en el resultado.

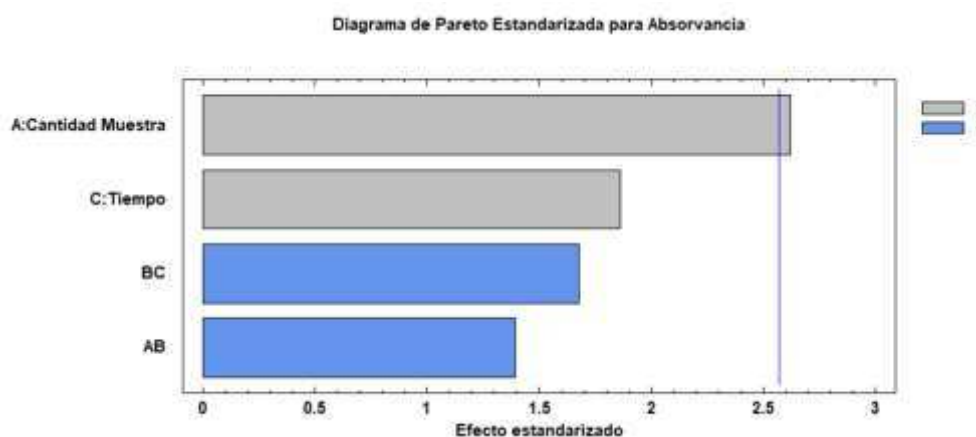


Ilustración 5 Diagrama de pareto para Absorbancia Maceración 95%

Rendimiento de pigmento de cascara de berenjena Maceración al 95%

El Diagrama de Pareto Estandarizado para Rendimiento destaca que los factores "Cantidad de Muestra" y "Tiempo" son cruciales para la eficiencia de extracción de antocianinas. El "Tiempo" tiene un efecto negativo significativo, indicando que incrementarlo puede reducir la eficacia. Esto es coherente con (Cristianini y Guillén Sánchez 2020), quienes subrayan la optimización del tiempo para evitar la degradación de antocianinas. La interacción entre

"Cantidad de Muestra" y "Tiempo" mejora el rendimiento, coincidiendo con, (Castañeda-Ovando et al. 2009). Otros factores, como "Dilución" y las interacciones "AB" y "BC", tienen efectos menos significativos, sugiriendo que impactan poco individualmente. Este análisis subraya la importancia de gestionar bien la cantidad de muestra y el tiempo para maximizar la eficiencia

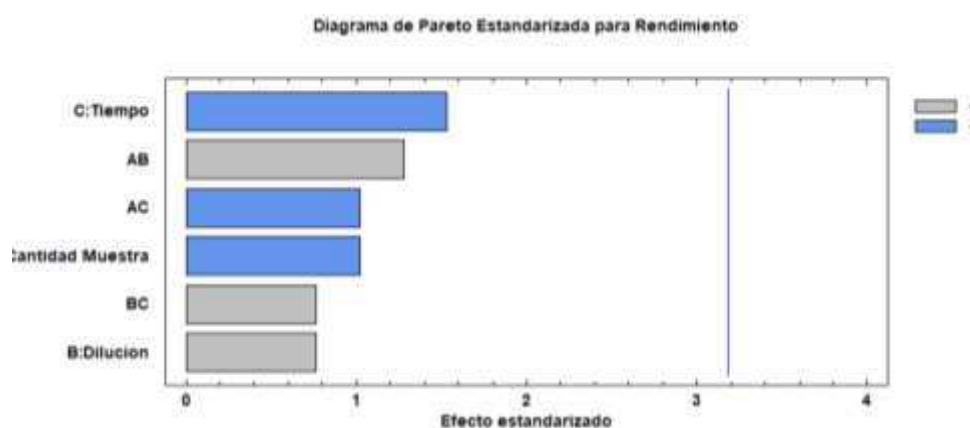


Ilustración 6 Diagrama de pareto para Rendimiento Maceración 95%

%Acidez de pigmento de cascara de berenjena Maceración al 95%

El análisis del Diagrama de Pareto indica que la "Dilución" (B) es el factor más influyente en la acidez titulable, seguido de las interacciones "Cantidad de Muestra x Dilución" (AB) y "Dilución x Tiempo" (BC). Sin embargo, la "Cantidad de Muestra" (A), aunque presenta un efecto menor, no alcanza significancia estadística al 95%. Estos resultados coinciden con estudios como el de (Cristianini y Guillén Sánchez 2020), quienes subrayan la importancia de optimizar la cantidad de muestra para evitar la degradación de compuestos durante procesos de extracción.

Además, el estudio (Hernandez 2004) destaca la relevancia de la dilución y el uso de ácidos débiles para preservar la estabilidad de las antocianinas, reforzando el papel crítico de B como

principal factor en el diagrama. Por otro lado, (Sánchez Huauya 2018) examinó la influencia del tiempo en la estabilidad de las antocianinas durante la pasteurización, concluyendo que tiempos excesivos pueden degradar estos compuestos. Esto concuerda con los efectos observados en la interacción BC, donde un tiempo prolongado, combinado con una dilución inapropiada, afecta negativamente la acidez y estabilidad...

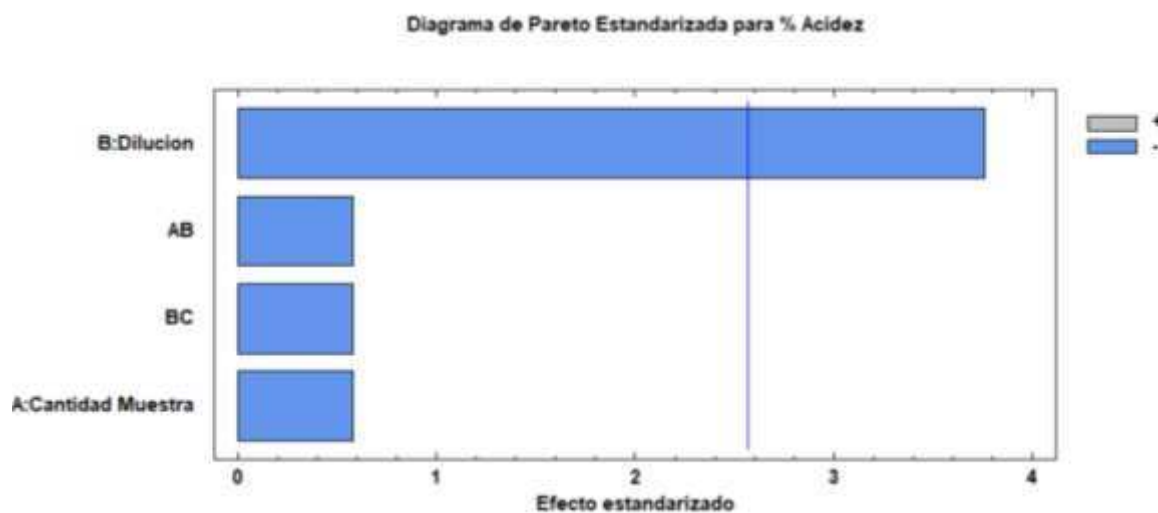


Ilustración 7 Diagrama de pareto para %Acidez Maceración 95%

5.3 Resultado de Análisis físico-químicos método de Soxhlet con alcohol al 70%

Absorbancia de pigmento de cascara de berenjena con método Soxhlet al 70%

El gráfico "Soxhlet 70%" muestra variaciones en la absorbancia de antocianinas, lo cual sugiere que las condiciones de extracción influyen significativamente en su estabilidad y concentración. Estudios como el de (Giusti y Wrolstad 2001), encontraron que factores como el tipo de solvente y la temperatura afectan la absorbancia de antocianinas, apoyando la necesidad de optimizar estos parámetros para lograr estabilidad en los extractos. Además, (Pérez-Hernández et al. 2013), subrayan la importancia de ajustar las condiciones experimentales para maximizar la eficiencia de extracción de compuestos bioactivos.

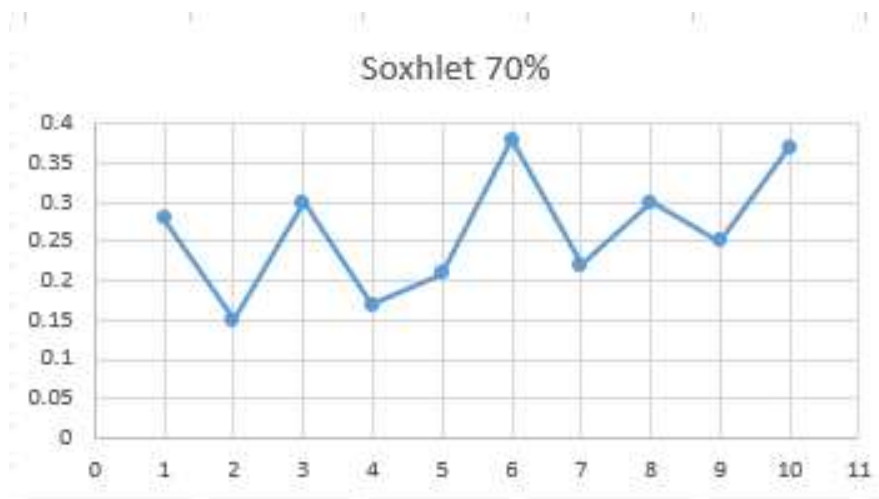


Ilustración 8 Grafica de comparación para Absorbancia Soxhlet

Rendimiento de pigmento de cascara de berenjena con método Soxhlet al 70%

El Diagrama de Pareto Estandarizado para la extracción de antocianinas muestra cómo las variables impactan en el rendimiento del proceso. La ****Cantidad de Muestra (A)**, tiene el mayor efecto positivo, indicando que al incrementarla se optimiza la extracción, en línea con los hallazgos de (Koraqi et al. 2023), que señalan cómo las condiciones iniciales pueden maximizar resultados. Sin embargo, el **Tiempo (C)** presenta un efecto negativo significativo, sugiriendo que un tiempo excesivo puede reducir la eficiencia, similar a lo observado por (Loum et al. 2021) sobre el impacto negativo del tiempo excesivo en procesos de rendimiento. Además, las interacciones **AB** y **BC** muestran efectos negativos, mientras que la combinación **AC** tiene un efecto positivo, sugiriendo que un equilibrio entre cantidad de muestra y tiempo controlado mejora los resultados.

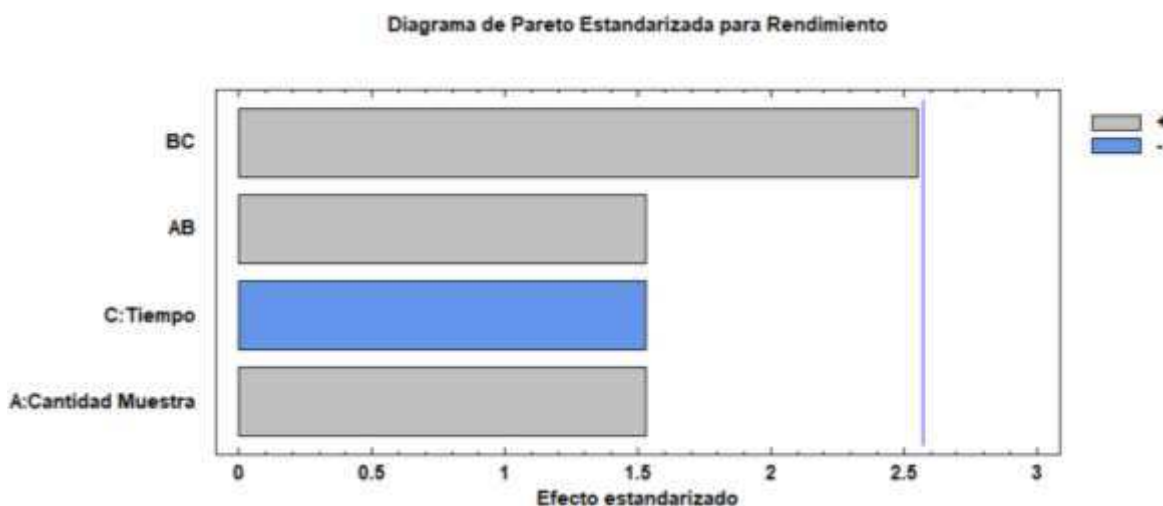


Ilustración 9 Diagrama de Pareto para Rendimiento Soxhlet

% Acidez para método Soxhlet

La interacción AC (Cantidad de Muestra y Tiempo) muestra el efecto negativo más significativo, lo que sugiere que, a mayores tiempos de exposición y cantidades de muestra, se produce una reducción de la acidez titulable. Esto podría deberse a la degradación de compuestos ácidos en condiciones prolongadas, lo que coincide con otros estudios que apuntan a la importancia de controlar el tiempo de extracción para preservar la acidez (Ochoa Velasco et al. 2012).

Por otro lado, la interacción BC (Dilución y Tiempo) también presenta un efecto negativo, aunque menos pronunciado, lo que sugiere que una mayor dilución en combinación con el tiempo tiende a reducir la acidez, posiblemente debido a la dispersión de los compuestos ácidos en un volumen mayor de disolvente. En contraste, la interacción ABC (Cantidad de Muestra, Dilución y Tiempo) tiene un efecto positivo significativo, sugiriendo que la combinación de estos tres factores puede optimizar la acidez titulable, posiblemente porque se logra un equilibrio entre la concentración y el tiempo de exposición que favorece la acidez.

Estos hallazgos coinciden con los de (Arrazola et al. 2014), quienes observaron que el tiempo y la cantidad de muestra son factores críticos para la estabilidad del pigmento durante la microencapsulación de antocianinas de berenjena. Asimismo, (Arrazola 2013), reportó que la cantidad de muestra y el tiempo influyen directamente en la acidez durante la extracción de

antocianinas, resaltando la necesidad de ajustar estos parámetros para obtener una acidez óptima en el pigmento final.

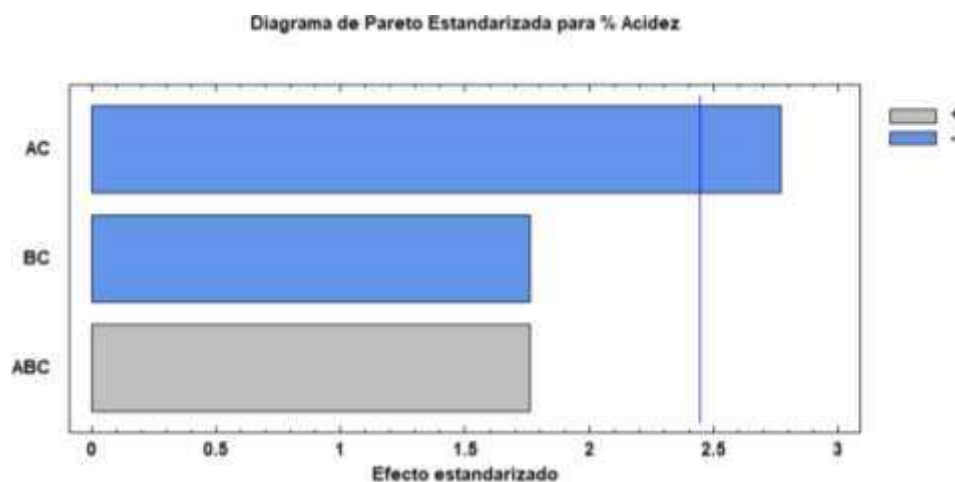


Ilustración 10 Diagrama de pareto para %Acidez Soxhlet

5.4 Comparaciones Fisicoquímicas entre los Tratamientos

%Acidez para todos los tratamientos

La gráfica de **% de Acidez** en extractos de cáscara de berenjena muestra que la **maceración con etanol al 70%** tiende a conservar un mayor contenido de acidez en comparación con otros métodos. La **maceración con etanol al 95%** y la **extracción Soxhlet** presentan valores menores de acidez, lo cual según (Ochoa Velasco et al. 2012), podría deberse a que el etanol al 95% extrae más compuestos neutros que diluyen la acidez, y el método Soxhlet, por su uso intensivo de calor, puede descomponer compuestos ácidos.

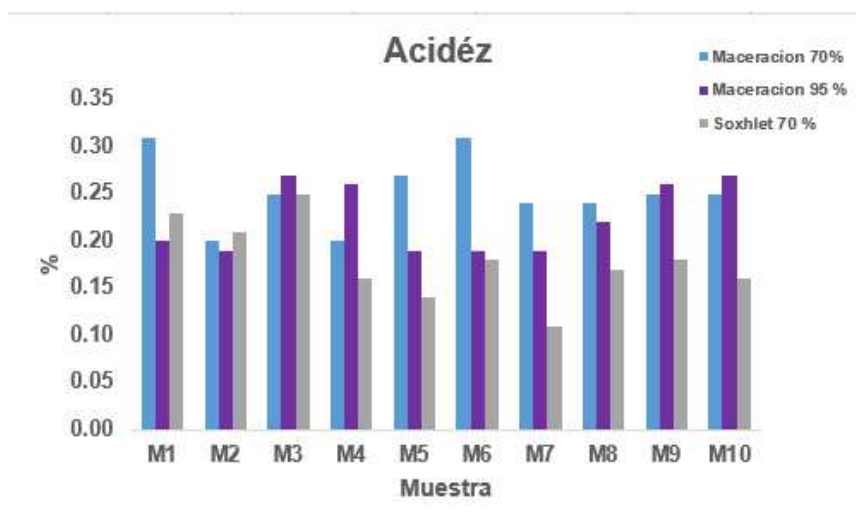


Ilustración 11 Grafica de Comparación entre los tratamientos para Acidez

5.5 °Brix del extracto de cascara de berenjena

La gráfica muestra la acidez de pigmentos de cáscara de berenjena extraídos mediante tres métodos: maceración con etanol al 70%, maceración con etanol al 95% y extracción Soxhlet al 70%. Se observa que las muestras extraídas con maceración al 70% presentan niveles de acidez generalmente más altos, lo cual sugiere que esta concentración de etanol optimiza la extracción de compuestos ácidos. Estos resultados coinciden con estudios previos, los cuales indican que la elección del método de extracción y la concentración del solvente afectan significativamente el rendimiento y la estabilidad de compuestos bioactivos en pigmentos naturales.(V et al., 2022)

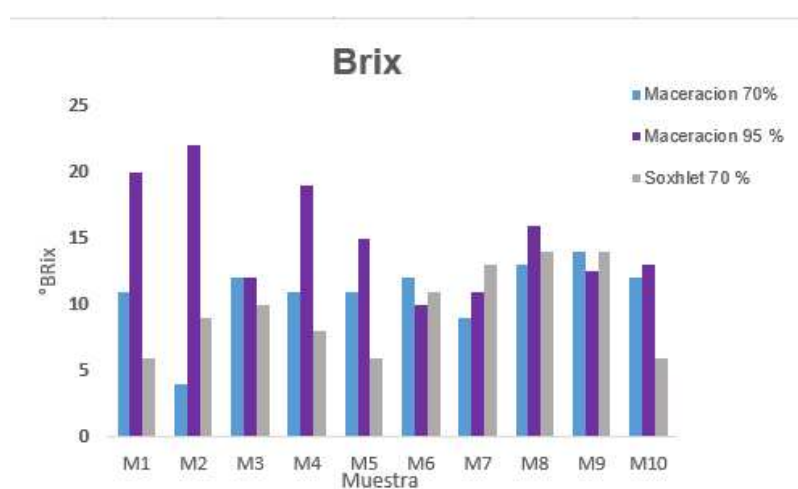


Ilustración 12 Grafica de Comparación entre los tratamientos para °Brix

Ph de extracto de cascara de berenjena

En esta investigación, se observó que el método Soxhlet, al emplearse con un solvente al 70%, produce un pH generalmente más bajo en comparación con los métodos de maceración. Esto puede atribuirse a la intensidad del proceso de Soxhlet, que facilita la extracción de compuestos ácidos al aplicar calor de manera continua, lo que intensifica la liberación de ácidos orgánicos presentes en la matriz vegetal. Estudios como el de (Arrazola et al. 2014), demuestran que este método puede afectar significativamente el perfil ácido de los extractos, lo que coincide con los resultados obtenidos aquí. Asimismo, (Zapata 2014) hallaron que variaciones en el método de extracción generan fluctuaciones en el pH, afectando la estabilidad del pigmento.

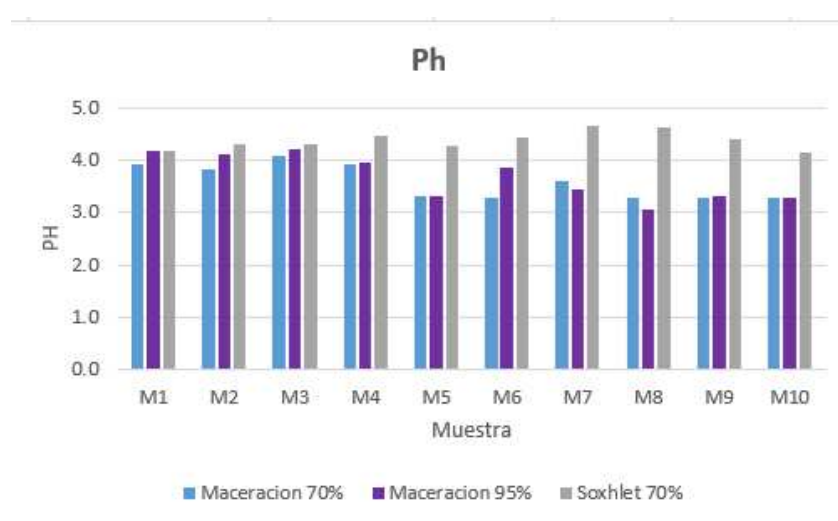


Ilustración 13 Grafica de Comparación entre los tratamientos para Ph

Resultados Prueba Sensorial de Yogurt con Pigmento

La gráfica de Aceptación General de Yogurt con Pigmento de Cáscara de Berenjena, ilustra la valoración sensorial en tres aspectos: color, aroma y sabor, con diferentes tratamientos del pigmento (T1, T2, T3, T4). En el parámetro de color, el pigmento a T1, (Muestra 3 Maceración a 70%) recibió la mayor aceptación, con alrededor del 70%, mientras que el T4, (Muestra 10 Soxhlet), tuvo la valoración más baja, lo cual sugiere una menor preferencia visual. En cuanto al aroma, las evaluaciones fueron consistentes entre los tratamientos, con el pigmento T1 mostrando una ligera ventaja. Finalmente, en el aspecto de sabor, el tratamiento

T1, fue nuevamente el mejor valorado, mientras que los otros tratamientos se mantuvieron en niveles de aceptación más bajos. Estos resultados sugieren que el pigmento extraído del T1, (Muestra 3 Maceración a 70%) es el más adecuado para la aceptación general del yogurt, destacándose especialmente en el color y el sabor.

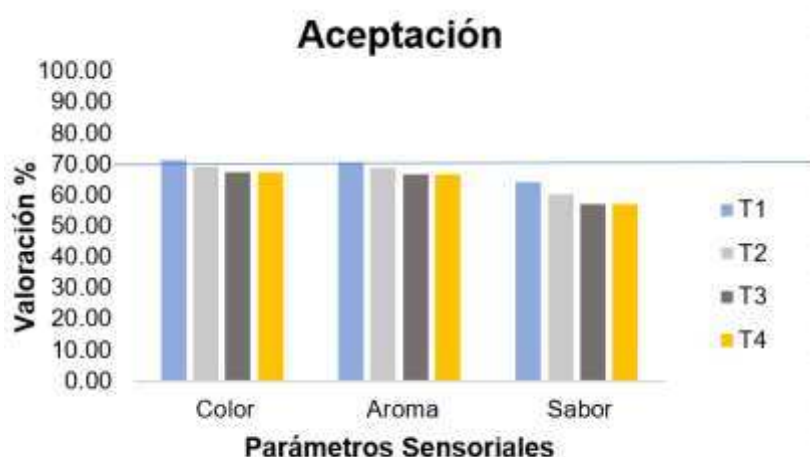


Ilustración 13 Grafica de resultado Aceptación General de Yogur

Comparación de medias entre lo tratamientos

Los resultados indican que, en términos de color, aroma y sabor, no hay diferencias significativas entre las muestras evaluadas, ya que todas las medias comparten la misma letra "A" en superíndice, según el análisis de Tukey. Esto sugiere que las variaciones observadas en los valores de color, aroma y sabor son pequeñas y no estadísticamente significativas.

Tabla 5 análisis estadístico de medias y desviaciones estándar

Muestra	Color	Muestra	Aroma	Muestra	Sabor
T1	6.43±1.71 ^A	T1	6.37±1.87 ^A	T1	5.77±2.17 ^A
T2	6.23±1.54 ^A	T2	6.20±1.87 ^A	T2	5.63±2.64 ^A
T3	6.08±1.70 ^A	T3	6.02±1.74 ^A	T3	5.15±2.30 ^A
T4	6.52±1.80 ^A	T4	6.25±1.57 ^A	T4	5.75±2.00 ^A

VI. CONCLUSIONES

La utilización de cáscaras de berenjena para la extracción de pigmentos no solo aprovecha un subproducto que generalmente se descarta, sino que también aporta beneficios antioxidantes al yogurt, mejorando su perfil nutricional y alineándose con las tendencias actuales hacia productos más naturales y sostenibles

La extracción de pigmentos de la cáscara de berenjena, principalmente antocianinas, es viable utilizando disolventes como etanol, con una eficiencia que depende de factores como la temperatura, el tiempo de extracción y el tipo de disolvente.

Según los resultados obtenidos, el método de extracción por maceración demostró ser el más eficiente, alcanzando un rendimiento del 95%. Esto resalta su eficacia en comparación con otros métodos, destacándose como la opción más adecuada para la extracción de compuestos bioactivos, al garantizar altos niveles de calidad y aprovechamiento del material.

La extracción y uso de antocianinas de la cáscara de berenjena como colorante natural en yogurt presenta una alternativa viable y saludable frente a colorantes artificiales, mejorando tanto la calidad nutricional como la sostenibilidad del producto

Según el análisis sensorial, el tratamiento T1 obtuvo la mayor aceptación general, destacándose por sus características organolépticas superiores en comparación con los demás tratamientos. Esto demuestra que las condiciones empleadas en T1 fueron las más adecuadas para satisfacer las preferencias de los evaluadores.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar Análisis de Absorbancia por el método FTIR para cuantificar antocianinas:
- Realizar Análisis Bromatológicos al pigmento extraído:
- Realizar Análisis de Color al pigmento con la escala LAB

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarado Andres. 2019. Miniestudio comayagua | PDF (en línea, sitio web). Consultado 11 jun. 2024. Disponible en <https://es.slideshare.net/cicurc/miniestudio-comayagua>.

Arrazola, G. 2013. Optimization of the Anthocyanin Extraction Process and Evaluation of the Antioxidant Capacity of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Informacion Tecnologica* Información Tecnológica:93-102.

Arrazola, G; Herazo, I; Alvis, A. 2014. Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información tecnológica* 25(3):31-42. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>.

_____. 2014. Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información tecnológica* 25(3):31-42. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>.

Avelar, R; Antonio, R. s. f. 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. .

Azmir, J; Zaidul, ISM; Rahman, MM; Sharif, KM; Mohamed, A; Sahena, F; Jahurul, MHA; Ghafoor, K; Norulaini, NAN; Omar, AKM. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering (Serie SI: Extraction and Encapsulation)* 117(4):426-436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>.

Castañeda-Ovando, A; Pacheco-Hernández, Ma de L; Páez-Hernández, MaE; Rodríguez, JA; Galán-Vidal, CA. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry* 113(4):859-871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>.

Castillo Silva, R. 2023. Extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de *Raphanus sativus* L. (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria (en línea) (En accepted: 2023-01-25t13:37:46z). Universidad Nacional de Cajamarca . Consultado 2 may 2024. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5373>.

Cristianini, M; Guillén Sánchez, JS. 2020. Extraction of bioactive compounds from purple corn using emerging technologies: A review. *Journal of Food Science* 85(4):862-869. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15074>.

_____. 2020. Extraction of bioactive compounds from purple corn using emerging technologies: A review. *Journal of Food Science* 85(4):862-869. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15074>.

Garzón, GA. 2008. LAS ANTOCIANINAS COMO COLORANTES NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS: REVISIÓN. *Acta Biológica Colombiana* 13(3):27-36.

Giusti, MM; Wrolstad, RE. 2001. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 00(1):F1.2.1-F1.2.13. DOI: <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>.

González-Lavaut, JA; Montes de Oca-Rojas, Y; Domínguez-Mesa, MI. 2007. Breve reseña de la especie *Solanum melongena* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 12(3):0-0.

Hernandez, CMQ. 2004. Efecto de la copigmentación sobre el color y estabilidad del pigmento en un sistema modelo (bebida), usando antocianina de rabano (en línea, sitio web). Consultado 16 nov. 2024. Disponible en https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/quintero_h_cm/.

Juan, RS. 2013. LA QUIMICA DEL COLOR EN LOS ALIMENTOS. .

_____. 2013. La Química Del Color En Los Alimentos. *Química Viva* 12(3):234-246.

Koraqi, H; Petkoska, AT; Khalid, W; Sehrish, A; Ambreen, S; Lorenzo, JM. 2023. Optimization of the Extraction Conditions of Antioxidant Phenolic Compounds from Strawberry Fruits (*Fragaria x ananassa* Duch.) Using Response Surface Methodology. *Food Analytical Methods* 16(6):1030-1042. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-023-02469-6>.

López, AMA; Torres, S. 2018. Extracción e identificación de antocianinas. .

Loum, J; Byamukama, R; Wanyama, PAG. 2021. Efficient Extraction of Natural Dyes from Selected Plant Species. *Chemistry Africa* 4(3):677-689. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42250-021-00248-6>.

Lu, X; Li, W; Wang, Q; Wang, J; Qin, S. 2023. Progress on the Extraction, Separation, Biological Activity, and Delivery of Natural Plant Pigments. *Molecules* 28(14):5364. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28145364>.

Marcano, D. s. f. Introducción a la Química de los Colorantes. .

Mario Rodriguez. 2020. Funcionalidades y Ventajas del Extractor Soxhlet | TECNILAB (en línea, sitio web). Consultado 2 may 2024. Disponible en <https://www.tecnilab.es/soxhlet-automatico/>.

Natalie Butler, R.D., L.D. 2021. Berenjena: nutrientes y beneficios para la salud (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2024. Disponible en <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/berenjena>.

Ochoa Velasco, CE; García Vidal, V; Luna Guevara, JJ; Luna Guevara, ML; Hernández Carranza, P; Guerrero Beltrán, JÁ. 2012. Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria* 3(4):279-289.

Pérez-Hernández, LM; Chávez-Quiroz, K; Medina-Juárez, LÁ; Gámez Meza, N. 2013. COMPUESTOS FENÓLICOS, MELANOIDINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CAFE VERDE Y PROCESADO DE LAS ESPECIES *Coffea arabica* Y *Coffea canephora*. *BIOtecnica* 15(1):51. DOI: <https://doi.org/10.18633/bt.v15i1.136>.

Pino, M del. 2015. La berenjena (en línea). *Contacto Rural* no. 3 (2015). Consultado 1 may 2024. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68006>.

Rodríguez, M. 2008. Estudio de la de la situación actual de la producción y exportación de berenjena (*Solanum melongena*) y pepino peludo (*Cucumis sativus*) caso; Comayagua, Honduras. .

Romero, I; Teresa Sanchez-Ballesta, M; Maldonado, R; Isabel Escribano, M; Merodio, C. 2008. Antocianina, actividad antioxidante y expresión genética inducida por estrés en uvas de mesa tratadas con alto contenido de CO₂ y almacenadas a baja temperatura. *Journal of Plant Physiology* 165(5):522-530. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.12.011>.

Salinas-Moreno, Y; Zúñiga-Hernández, ARE; Jiménez-De la Torre, LB; Serrano-Altamirano, V; Sánchez-Feria, C. 2012. Color en cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y su relación con características fisicoquímicas de sus extractos acuosos. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 18(3):395-407. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.08.038>.

Sánchez Huauya, I. 2018. “Efecto de la temperatura y el tiempo en la cinética de degradación térmica de las antocianinas del néctar de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)” (en línea). . Consultado 12 nov. 2024. Disponible en <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3390>.

Sánchez-Feria, C; Salinas-Moreno, Y; González-Hernández, VA; Ybarra-Moncada, M del C; Cruz-Huerta, N; Soto-Hernández, RM; Sánchez-Feria, C; Salinas-Moreno, Y; González-Hernández, VA; Ybarra-Moncada, M del C; Cruz-Huerta, N; Soto-Hernández, RM. 2018. Genotipo y ambiente de producción afectan la composición fenólica, ácidos carboxílicos y acidez titulable de cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. *Revista fitotecnica mexicana* 41(4):373-383. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.373-383>.

Shahabi Mohammadabadi, S; Goli, M; Naji Tabasi, S. 2022. Optimization of Bioactive Compound Extraction from Eggplant Peel by Response Surface Methodology: Ultrasound-Assisted Solvent Qualitative and Quantitative Effect. *Foods* 11(20):3263. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11203263>.

Thrane, J-E; Kyle, M; Striebel, M; Haande, S; Grung, M; Rohrlack, T; Andersen, T. 2015. Spectrophotometric Analysis of Pigments: A Critical Assessment of a High-Throughput Method for Analysis of Algal Pigment Mixtures by Spectral Deconvolution. *PLOS ONE* 10(9):e0137645. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137645>.

USDA. 2024. FoodData Central (en línea, sitio web). Consultado 2 may 2024. Disponible en <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169228/nutrients>.

Zapata, LM. 2014. OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE ANTOCIANINAS A PARTIR DE ARÁNDANOS PARA SER UTILIZADO COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA (en línea). Valencia (Spain), Universitat Politècnica de València. DOI: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/39105>.

ANEXOS

Anexo 1 Recoleccion de materia prima



Anexo 2 Lavado de Vegetal



Anexo 3 Pelado de Berenjena



Anexo 4 Deshidratado de cascara de Berenjena



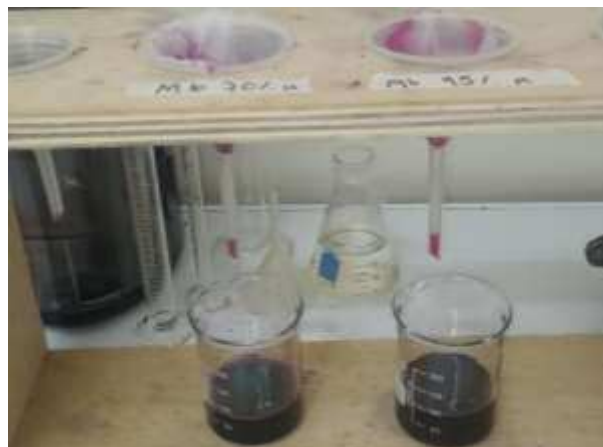
Anexo 5 cascara deshidratado y empaque de harina



Anexo 6 Maceración con dos tipos de solvente



Anexo 7 Filtrado de Extracto



Anexo 8 Método de Extracción Soxhlet



Anexo 9 Baño María



Anexo 10 Resultados estadísticos para Maceración al 70%

Análisis de Varianza para Absorción

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CM	0.15125	1	0.15125	4.83	0.0702
B:Dilucion	0.0008	1	0.0008	0.03	0.8782
C:Tiempo	0.01125	1	0.01125	0.36	0.5707
Error total	0.18771	6	0.031285		
Total (corr.)	0.35101	9			

R-cuadrada = 46.5229 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 19.7843 por ciento

Error estándar del est. = 0.176876

Error absoluto medio = 0.1134

Estadístico Durbin-Watson = 2.55807 (P=0.9016)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.289137

Análisis de Varianza para Rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CM	112.5	1	112.5	0.34	0.6003
B:Dilucion	50.0	1	50.0	0.15	0.7231
C:Tiempo	112.5	1	112.5	0.34	0.6003
AB	12.5	1	12.5	0.04	0.8581
AC	50.0	1	50.0	0.15	0.7231
BC	112.5	1	112.5	0.34	0.6003
Error total	990.0	3	330.0		
Total (corr.)	1440.0	9			

R-cuadrada = 51.25 por ciento

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

Error estándar del est. = 18.1639

Error absoluto medio = 5.8

Estadístico Durbin-Watson = 2.24747 (P=0.7044)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.142424

Análisis de Varianza para % Acidez

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CM	0.0032	1	0.0032	4.08	0.0900
AC	0.00405	1	0.00405	5.16	0.0635
BC	0.0008	1	0.0008	1.02	0.3517
Error total	0.00471	6	0.000785		
Total (corr.)	0.01276	9			

R-cuadrada = 63.0878 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 44.6317 por ciento

Error estándar del est. = 0.0280179

Error absoluto medio = 0.0156

Estadístico Durbin-Watson = 2.2983 (P=0.7000)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.251115

Anexo 11 Resultados estadísticos para Maceración al 95

Análisis de Varianza para Absorcancia					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Cantidad Muestra	0.154013	1	0.154013	6.86	0.0472
C: Tiempo	0.0780125	1	0.0780125	3.47	0.1214
AB	0.0435125	1	0.0435125	1.94	0.2227
BC	0.0630125	1	0.0630125	2.81	0.1548
Error total	0.11229	5	0.022458		
Total (corr.)	0.45084	9			

R-cuadrada = 75.0932 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 55.1677 por ciento
Error estándar del est. = 0.14986
Error absoluto medio = 0.0972
Estadístico Durbin-Watson = 0.386499 (P=0.0171)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.726058

Análisis de Varianza para % Acidez					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Cantidad Muestra	0.0002	1	0.0002	0.33	0.5881
B: Dilución	0.00845	1	0.00845	14.13	0.0132
AB	0.0002	1	0.0002	0.33	0.5881
BC	0.0002	1	0.0002	0.33	0.5881
Error total	0.00299	5	0.000598		
Total (corr.)	0.01204	9			

R-cuadrada = 75.1661 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 55.299 por ciento
Error estándar del est. = 0.024434
Error absoluto medio = 0.0136
Estadístico Durbin-Watson = 2.88462 (P=0.9505)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.456438

Análisis de Varianza para Absorcancia					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
AB	0.00005	1	0.00005	0.01	0.9089
AC	0.0072	1	0.0072	2.05	0.2020
BC	0.02645	1	0.02645	7.54	0.0335
Error total	0.02106	6	0.00351		
Total (corr.)	0.05476	9			

R-cuadrada = 61.5413 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 42.3119 por ciento
Error estándar del est. = 0.0592453
Error absoluto medio = 0.0334
Estadístico Durbin-Watson = 2.21273 (P=0.8650)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.121747

Anexo 12 Resultados estadísticos para método Soxhlet

Análisis de Varianza para % Acidez					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Cantidad Muestra	0.0002	1	0.0002	0.33	0.5881
B: Dilución	0.00845	1	0.00845	14.13	0.0132
AB	0.0002	1	0.0002	0.33	0.5881
BC	0.0002	1	0.0002	0.33	0.5881
Error total	0.00299	5	0.000598		
Total (corr.)	0.01204	9			

R-cuadrada = 75.1661 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 55.299 por ciento
Error estándar del est. = 0.024434
Error absoluto medio = 0.0136
Estadístico Durbin-Watson = 2.88462 (P=0.9505)

Análisis de Varianza para Rendimiento					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Cantidad Muestra	28.125	1	28.125	2.34	0.1863
C: Tiempo	28.125	1	28.125	2.34	0.1863
AB	28.125	1	28.125	2.34	0.1863
BC	28.125	1	28.125	6.51	0.0512
Error total	60.0	5	12.0		
Total (corr.)	222.5	9			

R-cuadrada = 73.0337 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 51.4807 por ciento
Error estándar del est. = 1.4641
Error absoluto medio = 1.8
Estadístico Durbin-Watson = 1.66667 (P=0.4871)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0046667

Análisis de Varianza para Absorcancia					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
AB	0.00005	1	0.00005	0.01	0.9089
AC	0.0072	1	0.0072	2.05	0.2020
BC	0.02645	1	0.02645	7.54	0.0335
Error total	0.02106	6	0.00351		
Total (corr.)	0.05476	9			

R-cuadrada = 61.5413 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 42.3119 por ciento
Error estándar del est. = 0.0592453
Error absoluto medio = 0.0334
Estadístico Durbin-Watson = 2.21273 (P=0.8650)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.121747

Anexo 13 Estadísticas descriptiva de Berenjena

	Caja 1		Caja 2		Caja 3	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Color	#251018	#36292d	#250817	#281c24	#35282a	#352027
Peso	297.34	343.92	253.33	257.61	308.2	167.01
Gp	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
% Daño	20	10	15	20	10	5