

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE GRADO



**OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA
CEBOLLA MORADA (ALLIUM CEPA) PRODUCIDA EN EL
DEPARTAMENTO DE TARIJA**

Por:

JANETH LOLA VILTE ARCE

**Modalidad de graduación: Proyecto de Grado de Investigación
Aplicada: presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

2024

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez
DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

MSc. Ing. Fernando Erick Cortez Michel
VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Dr. Ing. Jorge Erazo A.

Ing. Raúl Alfredo Mejía Mogrovejo

Ing. Meribet Cibeles Ordoñez Fidel

Advertencia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

Dedicatoria:

El presente proyecto está dedicado a todas las personas que han formado parte de mi vida.

A Dios por darme la fuerza necesaria para lograr este objetivo.

A mis padres Janeth Arce Paz y Sadi Vilte Vega, quienes con su amor incondicional y su ejemplo me han enseñado la importancia de la perseverancia y la dedicación.

A mi hermano Neymar Vilte Arce, mi cómplice en todo momento.

A mis amigos y compañeros por su apoyo incondicional y su cariño.

Agradecimiento:

Agradezco a Dios, fuente infinita de sabiduría y amor, por guiarme en este camino y brindarme las herramientas necesarias para alcanzar esta meta.

A mi madre, mi mejor amiga, por su amor incondicional, sus consejos sabios y su apoyo constante. Gracias por creer en mí siempre y por ser mi mayor inspiración.

A mi padre, mi héroe, por su dedicación y esfuerzo incansable. Su ejemplo de trabajo duro y perseverancia me han motivado a alcanzar mis sueños.

Agradezco a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por haberme permitido formarme profesionalmente. A mis docentes por compartir sus conocimientos y por su paciencia.

“El éxito no se alcanza solo con el talento, sino también con mucha determinación, trabajo duro y un poco de magia.”

Walt Disney

ÍNDICE GENERAL

ADVERTENCIAS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PENSAMIENTO	iv
RESUMEN.....	v

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	23
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	28
JUSTIFICACIÓN.....	28
MARCO TEÓRICO.....	32

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Colorantes.....	32
1.1.1 Colorantes naturales.....	32
1.1.2 Colorantes artificiales.....	33
1.1.3 Colorantes minerales.....	33
1.2 Clasificación de los colorantes naturales según su composición química	33
1.3 Flavonoides.....	34

1.4	Estructura química de los flavonoides.....	34
1.5	Clasificación de los flavonoides.....	35
1.6	Características de los flavonoides.....	36
1.7	Los flavonoides: Quercetina.....	37
1.8	Beneficios de los flavonoides.....	37
1.9	Métodos y técnicas de extracción de colorantes naturales.....	42
1.9.1	Arrastre con vapor.....	42
1.9.2	Extracción con equipo Soxhlet.....	43
1.9.3	Extracción con Fluidos Supercríticos.....	43
1.9.10	Extracción mediante maceración dinámica con reflujo.....	44
1.10	Factores que influyen en la velocidad y rendimiento de extracción....	45
1.10.1	Tamaño de partícula.....	45
1.10.2	Tiempo de extracción.....	45
1.10.3	Tipo de solvente.....	46
1.10.4	Agitación del solvente.....	46
1.10.5	Temperatura del solvente.....	46
1.11	Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas del grupo Flavonoides	46
1.11.1	Método de Espectrofotometría UV.....	46
1.11.2	Técnica de Shinoda.....	48
1.11.3	Técnica con Zn/HCl.....	48
1.11.4	Técnica con Hidróxido de Sodio.....	49
1.12	Ventajas y desventajas de los métodos de extracción.....	49

1.13	Materia Prima: Cebolla Morada.....	51
1.13.1	Origen.....	51
1.13.2	Propiedades.....	51
1.13.3	Aspectos Nutricionales de la Cebolla.....	52
1.13.4	Zonas de producción en Bolivia.....	53
1.13.5	Clasificación Taxonómica de la Cebolla.....	53
1.13.6	Características morfológicas.....	54

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

PARTE EXPERIMENTAL.....	57
2.1 Materia prima para la extracción del colorante natural.....	57
2.2 Selección del método para la extracción.....	57
2.3 Descripción del método de investigación.....	59
2.4 Diseño Experimental.....	60
2.5 Diseño Factorial.....	60
2.5.1 Factores.....	60
2.5.2 Variable respuesta.....	62
2.5.3 Número de combinaciones.....	62
2.6 Equipos.....	64
2.6.1 Equipo de Maceración.....	64
2.6.2 Estufa Tiro forzado.....	64
2.6.3 Molino de Martillo.....	64

2.6.4 Rota Evaporador.....	64
2.6.5 Balanza Analítica.....	65
2.6.6 Espectrofotómetro UV-Vis.....	65
2.7 Materiales de Laboratorio.....	65
2.8 Reactivo de Extracción.....	66
2.9 Proceso de extracción de colorante natural de la cáscara de la cebolla morada.....	67
2.9.1 Recolección de la materia prima.....	68
2.9.2 Caracterización de la materia prima.....	68
2.9.3 Acondicionamiento.....	69
2.9.4 Secado.....	69
2.9.5 Molienda.....	70
2.9.6 Extracción.....	71
2.9.7 Filtración.....	71
2.9.8 Concentración.....	72
2.9.9 Almacenamiento.....	73
2.10 Pruebas Cualitativas de Identificación de Flavonoides.....	73
2.10.1 Prueba de Shinoda Zn/HCl.....	74
2.10.2 Prueba con Hidróxido de Sodio al 5%.....	74
2.11 Prueba Cuantitativa de Flavonoides por Espectrofotometría.....	75
2.11.1 Preparación de Curva de Calibración.....	75
2.11.2 Preparación del Extracto.....	76

2.11.3 Preparación del Blanco.....	77
------------------------------------	----

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
3.1 Análisis proximal de la materia prima.....	79
3.2 Resultados de los análisis de la materia prima.....	79
3.3 Resultados del proceso de extracción.....	79
3.3.1 Datos experimentales del proceso de extracción.....	80
3.4 Rendimiento del colorante obtenido a partir de la cáscara de la cebolla morada.....	81
3.5 Diseño Factorial.....	84
3.5.1 Análisis estadístico del diseño factorial en el proceso de extracción por maceración dinámica con reflujo.....	84
3.5.2 Análisis de regresión lineal en la etapa de extracción.....	87
3.6 Resultado de análisis cuantitativo al Extracto concentrado de la cáscara de cebolla morada.....	92
3.6.1 Barrido espectral.....	92
3.6.2 Curva de calibración para la cuantificación del extracto de colorante de la cáscara de la cebolla morada	94
3.7 Resultado de la caracterización del color del extracto concentrado de la cáscara de cebolla morada.....	95
3.8 Resultado de las pruebas espectrofotométricas.....	96

3.9 Resultados de análisis cualitativo al producto colorante natural.....	97
3.9.1 Prueba de Shinoda con Zn/HCl.....	97
3.9.2 Prueba con Hidróxido de Sodio al 5%.....	97
3.10 Resultado del análisis realizado al colorante obtenido.....	98
3.11 Balance de Materia y Energía del proceso.....	99
3.11.1 Balance de materia en la etapa de la Selección y Limpieza de la materia prima.....	101
3.11.2 Balance de Materia en la etapa de Secado.....	101
3.11.3 Balance de Materia en la etapa de Molienda.....	102
3.11.4 Balance de Materia en la etapa de Extracción.....	103
3.11.5 Balance de materia en la etapa de Filtración.....	104
3.11.6 Balance de materia en la etapa de Concentrado.....	105
3.12 Balance de Energía para la extracción de colorante natural a partir de la cáscara de la cebolla morada.....	106
3.12.1 Balance de energía en el Secador.....	108
3.12.2 Balance de energía en el equipo de extracción.....	109
3.12.3 Balance de energía en el rota-evaporador.....	110

CAPÍTULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

COSTOS DEL PROYECTO.....	115
4.1 Evaluación de costos.....	115
4.2 Costo de producción.....	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
5.1 Conclusiones.....	120
5.2 Recomendaciones.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
ANEXOS.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Clasificación de los colorantes naturales.....	33
Tabla I-2 Clasificación de los Flavonoides.....	35
Tabla I-3: Ventajas y desventajas de los métodos de extracción.....	50
Tabla I-4 Composición nutritiva de la cebolla por 100 gr de producto comestible	52
Tabla I-5: Zona de Producción de cebolla en Bolivia.....	53
Tabla I-6: Taxonomía de la Cebolla.....	53
Tabla II-1: Factores a evaluar para la selección del método.....	58
Tabla II-2: Escala de puntaje a emplear.....	58
Tabla II-3: Cuadro de selección del método de extracción.....	59
Tabla II-4: Niveles de los factores.....	61
Tabla II-5: Codificación de las variables.....	61
Tabla II-6: Matriz de experimentos y plan de experimentos.....	62
Tabla II-7: Codificación de los experimentos para la extracción del colorante natural.....	63
Tabla II-7: Materiales de Laboratorio.....	65
TablaII-8: Propiedades fisicoquímico del Etanol.....	66
Tabla III-1: Resultados análisis proximales Materia Prima: Cáscara cebolla morada.....	79
Tabla III-2: Datos experimentales de la extracción del colorante en el 1er análisis.....	80

Tabla III-3: Datos experimentales de la extracción del colorante en el 2do análisis.....	81
Tabla III-4: Rendimiento del colorante obtenido en el 1er análisis.....	83
Tabla III-5: Rendimiento del colorante obtenido en el 2do análisis.....	84
Tabla III-6: Matriz de diseño experimental en la etapa de Extracción.....	85
Tabla III-7: Análisis de Varianza ANOVA en la etapa de extracción.....	86
Tabla III-8: Resumen del Modelo Matemático.....	87
Tabla III-9 ANOVA Datos y Resultados Obtenidos Aplicando Regresión Lineal en el proceso de Extracción.....	88
Tabla III-10: Coeficiente del Modelo.....	88
Tabla III-11: Coeficiente del Modelo Modificado.....	89
Tabla III- 12: Comparación del Rendimiento observado y % de rendimiento calculado del modelo.....	91
Tabla III-13: Resultados del Barrido espectral.....	93
Tabla III-14: Resultados de la curva de calibración.....	94
Tabla III-15: Resultados de la concentración de los extractos medido en el espectrofotómetro UV.....	96
Tabla III-16: Resultados análisis del colorante obtenido.....	98
Tabla III-17: Resumen general del balance de materia en la extracción de colorante natural a partir de la cáscara de la cebolla morada.....	106
Tabla III-18: Resumen del Balance de Energía.....	113
Tabla IV-1: Detalle de Costos de insumos y materia prima.....	115
Tabla IV-2: Detalle de Costos de Materiales.....	115

Tabla IV-3: Detalles de los costos de análisis.....	116
Tabla IV-4: Detalle de Costos Material de Apoyo.....	116
Tabla IV-5: Detalle de Costos de energía.....	117
Tabla IV-6: Detalle de Costos totales del estudio.....	117
Tabla IV-7: Costo total de producción.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Estructura química básica del flavonoide.....	34
Figura 1-2: Equipo de destilación por arrastre con vapor escala laboratorio.42	
Figura 1-3 Equipo para extracción Soxhlet.....43	
Figura 1-3: Equipo de extracción con Fluidos Supercríticos.....44	
Figura 1-4: Equipo de Extracción maceración dinámica con reflujo.....45	
Figura 2-1: Proceso de Extracción del colorante natural.....	67
Figura 2-2: Recolección de la materia prima para la extracción del colorante.....	68
Figura 2:3 Selección de la materia prima para la extracción del colorante....	69
Figura 2-4: Secado de la materia prima para la extracción del colorante natural.....	70
Figura 2-5: Molienda de la cáscara de cebolla morada seca.....	70
Figura 2-6: Extracción del colorante natural de la cáscara de la cebolla morada.....	71
Figura 2-7: Filtración del extracto del colorante natural.....	72
Figura 2-8: Concentración del extracto concentrado del colorante natural... 	72
Figura 2-9: Almacenamiento del extracto concentrado del colorante natural.....	73
Figura 2-10: Materiales para realizar la prueba cualitativa Zn/HCl.....	74
Figura 2-11: Materiales para realizar la prueba cualitativa con NaOH 5%.....	75
Figura 2-12: Preparación de la curva de calibración.....	76

Figura 2-13: Preparación del Extracto conc. de la cáscara de la cebolla morada.....	76
Figura 3-1: Modelo Lineal.....	90
Figura 3-2: Comparación gráfica del %Rendimiento de extracción observado y el % Rendimiento de extracción calculado.....	92
Figura 3-3: Gráfico de los resultados del barrido espectral.....	93
Figura 3-4: Curva de calibración Quercetina.....	94
Figura 3-5: Resultado de la caracterización de color del extracto.....	95
Figura 3-6: Resultados de la prueba cualitativa con Zn/HCl.....	97
Figura 3-7: Resultados de la prueba cualitativa con NaOH 5%.....	98
Figura 3-8: Diagrama de flujo del balance de materia general para la obtención de un colorante natural a partir de la cáscara de la cebolla morada.....	100