

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



EXTRACCIÓN DE BETALAÍNAS A PARTIR DE REMOLACHA

(BETA VULGARIS)

POR:

MARIA VANESSA COLQUE ESPINOZA

Trabajo final de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado Académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

NOVIEMBRE - 2025

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria a mí misma

A mí, por la constancia y la fuerza que me sostuvieron en los momentos más difíciles. Por cada sacrificio realizado, por cada noche de desvelo y cada día de esfuerzo que hicieron posible este logro. Esta tesis es testimonio de mi perseverancia, de mi compromiso con el conocimiento y de mi capacidad de transformar los obstáculos en oportunidades. Hoy celebro no solo un resultado académico, sino también mi propia resiliencia.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Planteamiento del problema	4
1.5	Formulación del problema	4
1.6	Objeto de estudio.....	4
1.7	Campo de acción	4
1.8	Planteamiento de la hipótesis	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de las betalaínas.....	6
2.2	Definición de betalaínas	6
2.3	Clasificación de las betalaínas.....	6
2.4	Tipos de betacianinas	6
2.5	Composición fisicoquímica de las betalaínas.....	7
2.6	Propiedades físicas de las betalaínas	9
2.7	Aplicaciones de las betalaínas.....	9
2.8	Beneficios del consumo de las betalaínas y sus efectos en la salud del ser humano	10
2.9	Factores que afectan la estabilidad de las betalaínas.....	11
2.10	Caracterización de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	12
2.10.1	Clasificación taxonómica de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>).....	12
2.10.2	Composición fisicoquímica de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	13

2.11	Caracterización de los insumos utilizados en la extracción de betalaínas.....	13
2.11.1	Agua ultrapura.....	13
2.11.2	Aplicación del agua ultrapura.....	14
2.11.3	Etanol	14
2.11.4	Aplicaciones del etanol.....	15
2.11.5	Ácido cítrico.....	15
2.11.6	Aplicaciones del ácido cítrico	16
2.12	Descripción del método a ser utilizado en la extracción por solvente (etanol y agua) de las betalaínas de remolacha	16
2.13	Espectrofotometría UV-Vis (Ultravioleta-Visible).....	18
2.13.1	Principio de funcionamiento de la espectrofotometría UV-Visible	18
2.13.2	Ley de Beer-Lambert	19
2.13.3	Absorbancia.....	20
2.13.4	Transmitancia	21
2.13.5	Rango espectral aplicado en análisis de colorantes.....	21
1.13.6	Relación entre absorbancia y color percibido	21
2.13.7	Longitudes de onda y percepción del color.....	22

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1	Desarrollo de la parte experimental	23
3.2	Tipo de Intervención experimental.....	23
3.3	Paradigma de la investigación.....	23
3.4	Paradigma positivista	24
3.5	Enfoque de la investigación	24
3.6	Métodos, técnicas e instrumentos.....	24
3.6.1	Análisis fisicoquímico y microbiológico de remolacha	25
3.6.2	Análisis microbiológico de remolacha	25
3.6.2	Análisis físico de la remolacha.....	26
3.6.3	Procedimiento para la determinación cuantitativa de las <i>betalaínas</i>	26

3.7	Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios.....	28
3.7.1	Equipos de laboratorio	28
3.7.2	Instrumentos de laboratorio.....	29
3.7.3	Material de laboratorio.....	32
3.6.4	Utensilios de cocina	33
3.6.5	Reactivos de uso alimentario	33
3.7	Determinación de la longitud de onda de betalaínas.....	33
3.8	Determinación de la curva patrón para betalaínas	34
3.9	Preparación de las soluciones orgánicas (etanol-agua)	35
3.10	Diagrama experimental para la extracción de betalaínas	36
3.10.1	Descripción del diagrama experimental para obtener extracto de betalaínas de la remolacha.....	37
3.11	Diseño experimental.....	39
3.11.1	Diseño factorial	39
3.11.1.1	Diseño factorial 2 ³ en el proceso de extracción de betalaínas	40
3.11.1.2	Algoritmo del diseño factorial 2 ³ de la extracción de betalaínas.....	42

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Caracterización de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	44
4.1.1	Propiedades físicas de la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>).....	44
4.1.2	Análisis fisicoquímico de la remolacha.....	45
4.1.3	Análisis microbiológico de la remolacha	46
4.1.4	Análisis de micronutrientes de la remolacha.....	47
4.2	Caracterización de las variables para el extracto de betalaínas de remolacha	47
4.2.1	Procedimiento experimental para el extracto de betalaínas de remolacha	47
4.2.2	Determinación de longitud de onda de betalaínas por barrido espectral .	48
4.2.3	Determinación de la curva patrón del extracto de betalaínas.....	50
4.2.4	Determinación de la concentración del extracto de betalaínas	52

4.2.4.1	Pruebas preliminares de la concentración del extracto de betalaínas de remolacha	52
4.2.4.2	Análisis del pH y selección de condiciones	53
4.2.5	Determinación de la concentración de las betalaínas.....	55
4.2.5.1	Determinación de la absorbancia en función de la concentración del extracto de betalaínas en la prueba 1	56
4.2.5.2	Determinación de la absorbancia en función de la concentración del extracto de betalaínas en prueba 2.....	58
4.2.5.3	Determinación de la absorbancia en función de la concentración del extracto de betalaínas prueba 3	60
4.2.5.4	Comparación de absorbancia entre la curva patrón, prueba 1, prueba 2 y prueba 3 del extracto de betalaínas	62
4.2.6	Determinación de transmitancia de betalaínas de remolacha	63
4.2.7	Transmitancia del extracto comercial de betalaínas para la curva patrón	64
4.2.7.1	Transmitancia del extracto de betalaínas para la prueba 1	65
4.2.7.2	Transmitancia del extracto de betalaínas para la prueba 2	67
4.2.7.3	Transmitancia del extracto de betalaínas para prueba 3	68
4.2.7.4	Comparación de la transmitancia de curva patrón, prueba 1, prueba 2 y prueba 3 del extracto de betalaínas	70
4.3	Diseño factorial 2^3 en el extracto de betalaínas de remolacha	71
4.3.1	Análisis de varianza para el diseño factorial del rendimiento del extracto de betalaínas de remolacha.....	72
4.3.2	Coefficiente de regresión del rendimiento del extracto de betalaínas	75
4.3.3	Optimización del rendimiento del extracto concentrado de betalaínas....	76

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	77
5.2	Recomendaciones.....	78

BIBLIOGRAFÍA.....	79
-------------------	----

ANEXOS