

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS DE LA CORONTA DEL MAÍZ
MORADO

Por:

MARIMTHIA CARVALLO HUMACATA

**Proyecto de grado presentado a consideración por la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Química**

Julio de 2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Roberto
Álvarez Gozalves

DECANO

.....
M. Sc. Ing. Elizabeth Castro
Figueroa

VICEDECANA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Ignacio Velázquez Sosa

.....
Ing. María Luz Cáceres M.

.....
Ing. Myrian A. Barrero O.

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

Dedicado especialmente a mi hermanita Alejandra que está en el cielo.

Dedicado a mi madre Claudia Humacata Altamirano que se esforzó cada día de su vida por verme salir adelante y llenarme de fortaleza para vencer cualquier obstáculo. Dedicado a mis padres Mirtha Castillo y Gonzalo Aneiva por acompañarme en todos estos años y apoyarme incondicionalmente. Dedicado a mis hermanos pequeños y mayores Moira y Mauricio.

Dedicado a mi compañero de vida Pablo Truillo por nunca dudar de mi.

Agradezco al Licenciado Juan Carlos Callisaya por apoyarme en cada etapa de este proyecto, al CEANID y LOU por darme un espacio en sus instalaciones.

Agradezco a mis tribunales por poner de su tiempo para para guiarme en la realización del proyecto.

No hay tiempo como el que no se valorar
aun. (Anónimo 2016).

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PRINCIPALES EXPORTADORES MUNDIALES DE ANTOCIANINAS ...	2
1.3. PERÚ EXPORTADOR DE ANTOCIANINAS DE CORONTA Y MAIZ MORADO	4
1.4. EMPRESAS Y PIGMENTOS (ANTOCIANINAS E-163) EN EL MUNDO	5
1.5. ANTOCIANINAS EN MAIZ BOLIVIANO – INVESTIGACIONES	6
1.6. PRODUCCIÓN DE MAÍZ MORADO EN BOLIVIA.....	7
1.7. OBJETIVOS.....	8
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.8. JUSTIFICACIÓN.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA DEL MAÍZ MORADO (<i>Zea Mays</i>)	10
2.2. LA CORONTA	10
2.2.1. ESTRUCTURA DE LA CORONTA.....	11
2.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CORONTA.....	12
2.2.3. DESARROLLO DEL PIGMENTO MORADO DE LA CORONTA ..	12
2.3. PIGMENTOS NATURALES	13
2.4. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO: ANTOCIANINAS	15

2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS ANTOCIANINAS	15
2.5.1. ESTRUCTURA DE LAS ANTOCIANINAS	18
2.5.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ANTOCIANINAS	19
2.5.3. FACTORES QUÍMICOS QUE DETERMINAN EL COLOR Y LA ESTABILIDAD DE LAS ANTOCIANINAS	20
2.5.4. APLICACIONES: ANTOCIANINAS	22
2.5.5. MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV	23
2.5.6. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS.....	24
2.5.7. ETAPA DE EXTRACCIÓN - DIAGRAMA DE ETAPA DE EXTRACCIÓN.....	25
2.5.8. INFLUENCIA DE PARÁMETROS EN EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINA DE LA CORONTA	26
2.6. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	29

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
3.1.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (CORONTA).....	35
3.1.2. CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA DEL COLORANTE (ANTOCIANINAS) EN LA CORONTA.....	35
3.2. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS VARIABLES DE PARTIDA	37
3.2.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE SOLVENTE	37
3.2.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE ANTOCIANINAS POR ULTRASONIDO.....	38

3.2.2.1.	RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	39
3.2.2.2.	SELECCIÓN DE LA CORONTA Y ELIMINACIÓN DE RESTOS DE MAÍZ.....	40
3.2.2.3.	TRITURACIÓN MANUAL DE LA CORONTA CON MARTILLO.....	41
3.2.2.4.	MOLIENDA DE LA CORONTA.....	41
3.2.2.5.	GRANULOMETRÍA TAMIZ VIBRATORIO	42
3.2.2.6.	EXTRACCIÓN CON SOLVENTE.....	43
3.2.2.7.	FILTRACIÓN AL VACÍO	45
3.2.2.8.	CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS	46
3.2.3.	PROCESO DE OBTENCIÓN DE ANTOCIANINAS POR AGITACION MAGNÉTICA	48
3.2.4.	SELECCIÓN DE LA ETAPA DE EXTRACCIÓN	51
3.2.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL	52
3.2.5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE EXTRACCIÓN	54
3.2.5.1.1.	PESAJE DE LA CORONTA CON SOLVENTE.....	54
3.2.5.1.2.	AGITACIÓN	54
3.2.5.1.3.	FILTRACIÓN AL VACÍO.....	55
3.2.5.1.4.	DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS.....	56
3.2.5.1.5.	EVAPORACIÓN.....	57
3.2.6.	BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....	59
3.2.6.1.	BALANCE DE MATERIA	64
3.2.6.2.	BALANCE DE ENERGÍA	82

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	85
4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO.....	86
4.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - MOLIENDA	87
4.4. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	90
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	95
4.5.1. DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS PARA DISEÑO FACTORIAL 2 ²	96
4.6. COSTOS.....	100
4.6.1. COSTO DE PRODUCCIÓN	101

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	103
5.2. RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXOS	

TABLAS

Tabla I - 1 EXPORTADORES DEL SISTEMA ARMONIZADO: 320300 Materias colorantes de origen vegetal o animal - En miles de US\$.....	3
Tabla I - 2 Mercados para la exportación de antocianina, durante el periodo 2008 – 2012, expresados en valor FOB	4
Tabla I - 3 Empresas que producen antocianinas.....	5
Tabla I - 4 Aplicación de la coronta en comunidades de Bolivia	6
Tabla I - 5 Producción de maíz morado en los departamentos de Bolivia.....	7
Tabla II - 1 Composición Físicoquímica de la coronta y granos	12
Tabla II - 2 Composición química de la coronta.....	12
Tabla II - 3 Colorantes usados en la Industria Alimentaria.	14
Tabla II - 4 Color y distribución de las antocianinas más comunes en diversas frutas y vegetales.....	19
Tabla II - 5 Parámetros durante la extracción asistida por Ultrasonido.....	25
Tabla II - 6 Influencia del tamaño de partícula en la extracción de Antocianinas.....	27
Tabla II - 7 Influencia del tiempo de maceración en extracción de antocianinas.....	27
Tabla II - 8 Influencia de la relación materia prima / solvente de extracción.....	28
Tabla II - 9 Influencia de la temperatura en la extracción de antocianinas.....	29
Tabla II - 10 Variación de pH	31
Tabla III - 1 Elección del solvente	37
Tabla III - 2 Características de la materia prima.....	40
Tabla III - 3 Selección del método más adecuado	51
Tabla III - 4 Niveles de los factores	52
Tabla III - 5 Diseño Factorial para la etapa de extracción	53
Tabla III - 6 Simbología de las corrientes	59
Tabla III - 7 Especificación de las corrientes.....	60

Tabla III - 8 Datos del proceso para resolución del balance de materia y energía	62
Tabla IV - 1 Resultados de análisis materia prima	85
Tabla IV - 2 Resultados de análisis extracto	86
Tabla IV - 3: Resultados del análisis realizado en el Ceanid	86
Tabla IV - 4 Resultados de fotolorimetría.....	87
Tabla IV - 5 Primera etapa de tamizado.....	88
Tabla IV - 6 Segunda etapa de tamizado	88
Tabla IV - 7 Tercera etapa de tamizado	89
Tabla IV - 8 Resultado final – coronta obtenida en cada malla.....	89
Tabla IV - 9 Absorbancia ΔA totales pH: 2,5 – Temperatura 20°C	91
Tabla IV - 10 Absorbancia ΔA pH: 3,5 – Temperatura 20°C.....	92
Tabla IV - 11 Absorbancia ΔA totales pH: 2,5 – Temperatura 40°C	92
Tabla IV - 12 Absorbancia ΔA totales pH: 3,5 – Temperatura 40°C	93
Tabla IV - 13 Antocianinas totales 57,897 g muestra pH 2,5 Temperatura 20 °C ...	93
Tabla IV - 14 Antocianinas totales 57,897 g muestra pH 3,5 Temperatura 20 °C ...	94
Tabla IV - 15 Antocianinas totales 57,897 g muestra pH 2,5 Temperatura 40 °C ...	94
Tabla IV - 16 Antocianinas totales 57,897 g muestra pH 3,5 Temperatura 40 °C ...	95
Tabla IV - 17 Factores Intersujetos	95
Tabla IV - 18 Rendimiento de la extracción	96
Tabla IV - 19 Anova	97
Tabla IV - 20 Coeficientes	97
Tabla IV - 21 Análisis de varianza.....	99
Tabla IV - 22 Costos de elaboración del proyecto.....	100
Tabla IV - 23 Costo de funcionamiento de los equipos	101
Tabla IV - 24 Costo de reactivos	102

FIGURAS

Figura II - 1 Coronta morada – corte horizontal	10
Figura II - 2 Estructura de la coronta	11
Figura II - 3 Ruta General de biosíntesis de las antocianinas	17
Figura II - 4 Estructura y sustituyentes de las antocianinas	18
Figura II - 5 Estructura de las antocianinas a diferentes valores de pH.....	21
Figura II - 6 Rastreo de la longitud de onda máxima de absorción del extracto colorante de la coronta de maíz morado	23
Figura II - 7 Flujo general de operaciones para la obtención de antocianinas de maíz morado	26
Figura III - 1 Ubicación Geográfica del municipio de Tupiza – Santa Rosa.....	35
Figura III - 2 Vista microscópica del colorante natural de la coronta de maíz morado	36
Figura III - 3 Nylon de 3x4 metros – Secado del Maíz.....	39
Figura III - 4 Selección de las corontas y pesaje.....	40
Figura III - 5 Trituración con martillo.....	41
Figura III - 6 Molino de bolas – Coronta de maíz morado	42
Figura III - 7 Pesado de la muestra Balanza Kern ABS.....	44
Figura III - 8 Baño de ultrasonido, etapa de extracción.....	44
Figura III - 9 Etapa de filtración y coronta desgastada	45
Figura III - 10 Extracto obtenido por ultrasonido	46
Figura III - 11 Banda de absorción	46
Figura III - 12 0,1 ml de muestra en 2,9 ml Buffers pH 4,5 y 1	47
Figura III - 13 Pesado de la muestra Balanza Kern ABS.....	49
Figura III - 14 Extracción con solvente - Agitador magnético	50
Figura III - 15 Extracto obtenido por agitación magnética	50
Figura III - 16 Pesaje solución etanólica pH 3,5 y g de coronta	54
Figura III - 17 Agitación de la muestra.....	55

Figura III - 18 Extractos de coronta morada filtrados.....	55
Figura III - 19 Buffer pH 4,5 y pH 1	57
Figura III - 20 Evaporación y concentración del colorante en rota evaporador.....	58
Figura III - 21 Concentrado rico en antocianinas - Almacenamiento	58
Figura III - 22 Especificación general de los valores.....	59
Figura IV - 2 Número de malla vs porcentaje de rechazo.....	90
Figura IV - 3 Modelo lineal	98
Figura IV - 4 Rendimiento Observado – Rendimiento ideal modelo	98
Figura IV - 5 Error entre el Rendimiento observado y modelo.	99