

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS
PARA LA OBTENCIÓN POR EVAPORACIÓN DE
ANTOCIANINAS A BASE DE UN EXTRACTO
HIDROALCOHÓLICO DE CORONTA DE MAÍZ MORADO
(*Zea Mays L.*) VAR. AREQUIPEÑO”**

TESIS

Presentada por:

Bach. ADRIANA XIMENA VELARDE CÁRDENAS

**Para optar el Título Profesional de: INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TACNA – PERU

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias


Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

TESIS

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS
PARA LA OBTENCIÓN POR EVAPORACIÓN DE
ANTOCIANINAS A BASE DE UN EXTRACTO
HIDROALCOHÓLICO DE CORONTA DE MAÍZ MORADO
(*Zea Mays L.*) VAR. AREQUIPEÑO”**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 26 DE OCTUBRE DEL 2017,
POR EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

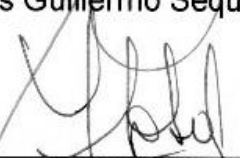
PRESIDENTE:


Dra. Liliana del Carmen Lanchipa Bergamini

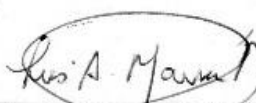
SECRETARIO:


Mgr. Nicolás Guillermo Sequeiros Flores

VOCAL:


Msc. Yolanda Esther Sosa Gutiérrez

ASESOR:


Ing. Luis Alberto Marín Aliaga

Dedicatoria:

A mis queridos padres:

Rodolfo Velarde B. y Magdalena Cárdenas G., a mi hermana, porque ellos siempre estuvieron brindándome su cariño, paciencia y su apoyo incondicional para alcanzar mis metas.

A todos mis amigos, quienes de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

Agradecimientos:

Este nuevo logro es en gran parte a mi familia, gracias a ustedes he logrado concluir con éxito un proyecto que parecía una tarea colosal, ayudándome en lo que les fuera posible, incluso más que eso.

A Dios por darme la fortaleza para seguir adelante y no desfallecer en el camino.

A mi asesor Msc. Luis Marín Aliaga por su orientación en el desarrollo y culminación de la presente tesis.

Al Prof. Leonardo Espillico C.; por su colaboración y apoyo para el logro de las metas propuestas durante el desarrollo de la investigación.

A todos muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION..... 1

CAPITULO I: EL PROBLEMA..... 4

1.1. Planteamiento del problema..... 4

1.2. Formulación del problema 5

1.3. Delimitación de la investigación..... 6

1.4. Justificación 7

1.5. Limitaciones..... 8

1.6. Objetivos..... 9

1.6.1. Objetivo general..... 9

1.6.2. Objetivos específicos 9

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 11

2.1.	Conceptos generales y definiciones	11
2.1.1.	Origen y hábitat del maíz morado	11
2.1.2.	Clasificación taxonómica del maíz morado	12
2.1.3.	Partes del maíz morado	13
2.1.4.	Variedades de maíz morado	14
2.1.5.	Características genéticas del maíz morado	15
2.1.6.	Composición química proximal del maíz morado.....	16
2.1.7.	Usos y beneficios del maíz morado	17
2.1.8.	Colorantes naturales.....	19
2.1.9.	Compuestos Fenólicos	20
2.1.10.	Las antocianinas.....	20
2.1.11.	Factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas.....	29
2.1.12.	Métodos de extracción de antocianinas.....	34
2.1.13.	Factores que influyen en la extracción de antocianinas.....	37
2.1.14.	Aplicación de la antocianina del maíz morado en la Industria Alimentaria	40
2.2.	Enfoques Teóricos – Técnicos.....	40
2.2.1.	¿Qué es un Extracto?	40
2.2.2.	Métodos Espectrales	42
2.2.3.	Método de Análisis Sensorial – Método Afectivo	45

2.3. Marco Referencial.....	47
2.3.1. Antecedentes	47
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	50
3.1. Hipótesis	50
3.1.1. Hipótesis General	50
3.1.2. Hipótesis Nula.....	50
3.2. Variables.....	51
3.2.1. Identificación de variables.....	51
3.2.2. Indicadores de las variables	51
3.3. Operacionalización de variables	52
3.4. Matriz de consistencia	54
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	55
4.1. Tipo de Investigación	55
4.2. Población y muestra	55
4.3. Materiales y métodos.....	57
4.3.1. Instrumentos de medición.....	57
4.3.2. Métodos	60
CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	69
5.1. Técnicas aplicadas en la recolección de la información	69
5.2. Resultados.....	70

5.2.1. Materia prima	70
5.2.2. Obtención del extracto hidroalcohólico de la coronta Del maíz morado.....	70
5.2.3. Determinación de fenoles: Método Folin - Ciocalteu.....	76
5.2.4. Análisis fisicoquímico	78
5.2.5. Análisis organoléptico	80
5.3. Discusión de resultados.....	80
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	91
ANEXOS.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz morado.....	13
Tabla 2. Composición del maíz morado entero y solo coronta (Contenido en 100 g)	17
Tabla 3. Contenido de antocianinas de la coronta y del grano del maíz morado	24
Tabla 4. Alimentos que contienen antocianinas	28
Tabla 5. Colores reflejados según longitud de onda.....	45
Tabla 6. Tabla hedónica para la evaluación sensorial.....	46
Tabla 7. Operacionalización de Variables Independientes y Dependientes.....	53
Tabla 8. Matriz de consistencia	54
Tabla 9. Características del equipo evaporador rotatorio	58
Tabla 10. Lecturas de las absorbancias de los diferentes tratamientos	78
Tabla 11. Puntos centrales.....	79
Tabla 12. Reactivos y volúmenes para determinar la curva de calibración y para la muestra de extracto fenólico.	79
Tabla 13. Atributos del Diseño.....	81
Tabla 14. Efectos estimados para antocianinas totales (mg/100 g)	82
Tabla 15. Resultados estimados para antocianinas totales.....	85

Tabla 16. Maximización de los factores.....	86
Tabla 17. Análisis de varianza de acuerdo al Color.....	107
Tabla 18. Análisis de varianza de acuerdo al Sabor.....	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del maíz morado.....	13
Figura 2. Estructura del flavilio y la antocianina.....	22
Figura 3. Estructuras de las antocianidinas más importantes.....	23
Figura 4. Espectro electromagnético.....	44
Figura 5. Partes de un evaporador rotatorio.....	59
Figura 6. Obtención del extracto hidroalcohólico del maíz morado (<i>Zea Mays L</i>).....	62
Figura 7. Flujograma para la obtención del extracto hidroalcohólico del maíz morado (<i>Zea mays L</i>).	64
Figura 8. Muestras tratadas para las lecturas espectrofotométricas.....	76
Figura 9. Diagrama de Pareto.....	84
Figura 10. Efectos principales para obtención de antocianinas totales.....	84
Figura 11. Interacción para antocianinas totales.....	86
Figura 12. Superficie de respuesta estimada.....	87
Figura 13. Preferencia individual de acuerdo al color.....	107
Figura 14. Porcentaje de preferencia de acuerdo al color.....	108
Figura 15. Preferencia individual de acuerdo al Sabor.....	109
Figura 16. Porcentaje de preferencia de acuerdo al Sabor.....	110

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Método para la determinación del contenido de antocianinas totales (Acys)	97
Anexo 2. Cuantificación de antocianinas en los diferentes tratamientos expresado en mg de Acys/100 g)	98
Anexo 3. Hoja de evaluación organoléptica - prueba de preferencia simple por ordenación.....	99
Anexo 4. Cálculos para la Preparación del solvente hidroalcohólico	100
Anexo 5. Análisis estadísticos de acuerdo al color	101
Anexo 6. Análisis estadísticos de acuerdo al sabor	103
Anexo 7. ANOVA	105
Anexo 8. Análisis estadísticos.....	106
Anexo 9. Análisis organoléptico de acuerdo al color.....	107
Anexo 10. Análisis organoléptico de acuerdo al sabor.....	109
Anexo 11. Solicitud de uso del laboratorio para el desarrollo de los análisis.....	111
Anexo 12. Constancia de utilización del laboratorio para el desarrollo.....	112
Anexo 13. Fotos del proceso.....	113

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar los parámetros tecnológicos óptimos para la obtención por evaporación de antocianinas a base de un extracto hidroalcohólico de coronta de maíz morado y su aceptabilidad sensorial. Para la primera parte del estudio de tipo experimental se utilizó un diseño de mezclas obteniendo un extracto a partir de las corontas trituradas del maíz morado variedad arequipeño; utilizando para ello el método de extracción hidroalcohólica, y determinando la cantidad de antocianinas totales presentes en la solución mediante el método de diferencial de pH y utilizando la ecuación descrita por Giusti y Wrosltad expresado en mg/l.

Para el análisis de los resultados se utilizó la metodología de superficie de respuesta, lo que permite concluir que sí es posible determinar los parámetros tecnológicos óptimos para la obtención de antocianinas.

Se concluyó que la influencia de la temperatura y tiempo son significativas en un nivel del 5%, siendo el tratamiento 3 (T3) de 30°C y 90 minutos los parámetros óptimos que generan mayor cantidad de

antocianinas totales con 2 001,84 mg de Acys/100 g, y los de menor aporte fueron los parámetros de 50°C con 30 min con una cantidad de 1 426,32 mg de Acys/100 g. Así mismo, la aceptabilidad sensorial del extracto fue significativa tanto para el sabor y color. El tratamiento óptimo de mayor aceptación fue T3 con 22% junto con el T5 de 50°C y 90 min con respecto a la aceptación en color y 23% de acuerdo al sabor.

Palabras clave: *Determinación, extracto, maíz morado, aceptabilidad sensorial.*

ABSTRACT

This research aim to determinar the parameters technological optimal for the obtaining by evaporation of anthocyanins base on a hydroalcoholic extract of Cobs of purple corn and its sensory acceptability. Fort he first part of the experimental study was used a mix design that obtain a extract from crushed cobs of purple corn variety arequipeño; using the hydroalcoholic extraction method and determining the amount of total anthocyanins present in the solution by the differential method of ph and using the equation by Giusti y Wrosltad expressed in mg/l..

For the analysis of results the response surface methodology was applied, it was concluded that its posible to determine the optimal technological parameters for obtaining anthocyanins.

It was concluded that the influence of temperature and time are significant at a level of 5%, with treatment 3 (T3) of 30 °C and 90 min the optimum parameters that generate the highest amount of total anthocyanins with 2 001,84 mg of Acys / 100 g and the lowest contribution were the parameters of 50 ° C with 30 min with an amount of 1 426,32 mg of Acys /

100 g. Also the sensorial acceptability of the extract was significant both for flavor and color. The best accepted treatment was T3 with 22% along with the T5 of 50 °C and 90 min with respect to the acceptance in color and 23% according to the taste.

Keywords: *Determination, extract, purple corn, sensory acceptability.*

INTRODUCCION

El maíz es un producto básico a nivel mundial, una variedad pigmentada de *Zea mays L.*, cultivado en América Latina, principalmente en Perú y Bolivia que se utiliza tanto para la alimentación como para la agroindustria. Es considerado uno de los productos agrícolas más importantes en la economía mundial por su incidencia social debido a que el 75% de la producción total viene de unidades familiares campesinas y para muchas de ellas es la base de su economía. Además, es la principal materia prima para la elaboración de concentrados para la alimentación animal en especial en el sector avícola (Yúfera, 1995).

En el Perú, el colorante del maíz morado ha sido poco estudiado, sin embargo, se puede afirmar que por su alta concentración de pigmentos antociánicos puede ser utilizado como una fuente natural importante en la industria de alimentos, medicamentos y cosméticos. La investigación en este cultivo es necesaria debido a que es potencialmente exportable y apreciable para países cuya cultura se está orientando al consumo de productos naturales. Países como Estados Unidos, Alemania, Japón entre otros, vienen realizando investigaciones para la utilización del colorante extraído de la coronta y el grano del maíz morado con resultados bastante

satisfactorios, lo cual está dando origen a una gran demanda de este producto en los mercados internacionales (Sevilla y Valdez, 1985). En tal sentido, se presenta una gran oportunidad de incrementar más áreas de cultivo para poder exportar este producto.

La importancia del colorante del maíz morado (granos y coronta) se debe a que contienen antocianinas; en mayor cantidad la coronta. Estos compuestos proporcionan un amplio espectro de beneficios a la salud, debido a su capacidad antioxidante, presentan la propiedad de prevenir y combatir enfermedades del corazón y varias formas de cáncer, por ser colorantes naturales no requieren certificación.

Las antocianinas son colorantes naturales permitidos por la Comunidad Económica Europea y por la Administración de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de Estados Unidos (FDA).

El estudio presenta dos etapas. En la primera, se buscará obtener el extracto a base de corontas del maíz morado por medio del método hidroalcohólico, y la segunda etapa comprende la optimización de los parámetros tecnológicos en el tratamiento de evaporación de dicho extracto

para su posterior análisis y aplicación del mismo en muestras de yogurt para su aceptación sensorial.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Existe una cierta tendencia a utilizar cuando es posible, colorantes naturales en lugar de colorantes sintéticos, motivada por la presión de un sector importante de los consumidores. Los colorantes naturales son considerados en general como inocuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales. (Hrazdina, 1982).

El presente trabajo tiene por finalidad determinar los parámetros óptimos de evaporación en la extracción de antocianinas a base de un extracto hidroalcohólico de coronta de maíz morado para obtener un producto de mayor calidad; así como cumplir con los parámetros fisicoquímicos de acidez y cuantificación de las antocianinas en cada tratamiento.

El proceso de extracción del colorante del maíz morado (*Zea mays L.*) ha sido realizado en forma tradicional en el Perú desde el siglo XVI a través de la elaboración de chicha morada.

Día a día se acentúa la tendencia de regresar a productos naturales basados sobre materiales de origen natural (Bristhar Laboratorios, 2001).

El aspecto costo-beneficio es un punto en contra de los pigmentos naturales ya que en la mayoría de los casos los productos sintéticos tienen menor precio; otro punto es que los colorantes naturales son degradados por los efectos de la luz, el oxígeno, el aire y cambios de temperatura (Maldonado, 2002).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles serán los parámetros tecnológicos adecuados para la obtención de un colorante antociánico obtenido a partir de un extracto hidroalcohólico a base de la coronta de maíz morado variedad Arequipeño?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el tiempo y la temperatura adecuada a usar durante el proceso de concentración del extracto hidroalcohólico?
- ¿Cuál será la concentración del pigmento antociánico obtenido por este método?

- ¿Cómo determinar el grado de aceptabilidad del colorante obtenido?

1.3. Delimitación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en un periodo de 3 meses; iniciando en Octubre del 2015 y finalizando en Diciembre del 2015. El maíz morado (*Zea mays L.*) variedad Arequipeño utilizado fué obtenido de la provincia de Arequipa – distrito pampa de La Joya, sector San José.

El trabajo experimental respecto a la obtención del extracto hidroalcohólico se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias en el laboratorio de Tecnología Pesquera de la Escuela de Ingeniería Pesquera (ESIP) y lo referente a la evaluación organoléptica del concentrado del extracto aplicado a muestras de yogurt, se realizó en el salón de primer año de la E.A.P de Ing. en Industrias Alimentarias (ESIA).

Durante el desarrollo del presente trabajo se utilizó teorías y enfoques sobre los parámetros tecnológicos a usar para la obtención de un colorante natural como la antocianina a partir de un extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado (*Zea mays L.*).

La investigación se centrará en determinar los parámetros tecnológicos óptimos en la evaporación de un extracto hidroalcohólico a base de la coronta del maíz morado. Para ello se realizarán tratamientos con diferentes parámetros de temperatura y tiempo; y se analizará el efecto del concentrado del extracto sobre la aplicación en diferentes muestras de yogurt utilizando el método de preferencia simple por ordenación con escala hedónica de 7 puntos (Anexo 3) según indica la ASTM (American Society for Testing and Materials).

1.4. Justificación

El interés por los pigmentos antociánicos en investigaciones científicas se han incrementado en los últimos años, debido no sólo al color que confieren a los productos que las contienen sino en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes, efectos antiinflamatorios, mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo; estos efectos terapéuticos positivos, están principalmente asociados con sus propiedades antioxidantes.

Con la utilización de la antocianina en la industria cárnica, bebidas, productos extruidos y pastelería se podrá obtener una variedad de color para diferentes alimentos de manera más nutritiva y apetecible; además

podrá disminuir el consumo de productos artificiales o sintéticos en alimentos, además se buscará optimizar su extracción para mejorar su rendimiento de modo que pueda ser utilizado como aditivo para salvaguardar la salud de las personas evitando que ingieran alimentos con colorantes artificiales, pretendiendo de esta manera mejorar la calidad de vida de los consumidores evitando la aparición de enfermedades graves a largo plazo.

En la Agroindustria la extracción de los colorantes naturales será de gran beneficio para los agricultores pues ellos tendrían un mayor ingreso económico y con ello un mejor nivel de vida.

1.5. Limitaciones

- Por tratarse de un colorante natural con fines alimenticios se utilizará como solvente de extracción etanol, ciertamente no es el más eficaz pero es el más adecuado a usar en estos casos (Chiriboga y Francis 1970).
- Debido a las diversas variedades de maíz morado (*Zea mays L*) encontradas en el Perú se realizará estudios sobre la variedad arequipeña por ser una variedad cercana a la ciudad de Tacna y

además que poseen gran cantidad de antocianinas en relación a las demás variedades (Sevilla y Valdez, 1985).

- No se mencionará la rentabilidad del colorante natural obtenido del maíz morado ni la variación del rendimiento del colorante dependiendo de la variedad del maíz morado; siendo estos temas importantes, quedarán pendientes para futuras investigaciones.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

- Determinar los parámetros tecnológicos óptimos durante la etapa de evaporación para la obtención de un colorante antociánico obtenido de un extracto hidroalcohólico a base de la coronta del maíz morado (*Zea mays L.*) variedad Arequipeño.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar el tiempo y la temperatura adecuada en el proceso de concentración realizado en el evaporador rotatorio al vacío sobre el extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado.

- Determinar la cuantificación del colorante antociánico extraído según el método de pH diferencial y aplicado en la ecuación de Giusti y Wroslad.
- Evaluar el grado de aceptabilidad del colorante aplicado en yogurt.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Conceptos generales y definiciones

2.1.1. Origen y hábitat del maíz morado

El maíz morado comprende un conjunto de variedades de *Zea mays* L. que poseen un fruto (infrutescencia) de color morado. Crecen en los Andes de Perú, Bolivia y Argentina, dispersos y cultivados también en las costas del territorio peruano, desde mucho antes de los Incas. Desde la época precolombina, es el cereal de mayor importancia como producto básico en la alimentación, originario del continente americano. En Perú, el maíz morado se desarrolla entre los 1 200 a más de 4 000 msnm con muchos contrastes debido a los variados microclimas que se presentan en la cordillera de Los Andes. Existen diferentes variedades de maíz morado todas derivadas de un línea más ancestral denominada "Kculli". Dentro de su composición se encuentra las antocianinas, pigmento natural muy requerido en la industria alimentaria, que en los últimos años ha generado un gran

interés, sobre todo en los países desarrollados, donde se restringe el uso de colorantes artificiales o sintéticos (Sevilla y Valdez, 1985).

Zea mays L. es una planta monoica; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta. Si bien la planta es anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2,5 m de altura, con un tallo erguido, rígido y sólido; algunas variedades silvestres alcanzan los 7 m de altura. El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta (Sevilla y Valdez, 1985).

2.1.2. Clasificación taxonómica del maíz morado

La clasificación taxonómica del maíz morado se muestra a continuación en la tabla 1:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz morado

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Clase	Angiosperma
Orden	Gramideas
Familia	Gramideae
Género	Zea
Especie	<i>Zea mays L</i>

Fuente: Takhtajan, 1980

2.1.3. Partes del maíz morado

Las partes del maíz se aprecian en la figura 1.



Figura 1. Partes del maíz morado.

Fuente: Agronomy Departmente Purdue University (2004).

2.1.4. Variedades de maíz morado

En el Perú existen muchas variedades de maíz morado. A continuación, se describen las principales (Sevilla y Valdez, 1985):

➤ **Cuzco Morado:**

Relacionado a la raza Cuzco gigante. Es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas con hileras muy bien definidas. Se le cultiva en diferentes lugares en zonas intermedias de altitud en los departamentos de Cuzco y Apurímac.

➤ **Morado Canteño:**

Muy similar a la raza Cuzco morado, aunque de menores dimensiones. Se cultiva especialmente en las partes más altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, hasta los 2500 msnm. Es la variedad más consumida en los mercados de Lima.

➤ **Morado de Caraz:**

Derivada de las razas Ancashino y Alazán. Recibe este nombre porque se le cultiva en la localidad de Caraz, en el Callejón de Huaylas, en extensiones relativamente grandes. Es de precocidad intermedia y tiene la ventaja que puede adaptarse también a la costa. Entre las variedades

tradicionales es la que muestra mayor capacidad de rendimiento y la que presenta la tusa más pigmentada.

➤ **Arequipeño:**

Similar al morado de Caraz, pero más pequeño. Con tusa de mucha coloración. Es bastante precoz.

➤ **Negro de Junín:**

Variedad precoz de grano grande, negro, dispuesto irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Se le encuentra en la sierra, centro y sur.

➤ **Variedad mejorada**

La única que existe produciéndose es la PMV -581, desarrollado por el Programa de Maíz de la UNALM.

2.1.5. Características genéticas del maíz morado

Se conoce un gran número de variedades de maíz morado que se diferencian por la forma y tamaño de las mazorcas, por el número de hileras que varían de 8 a 12, por el tamaño, forma y color del pericarpio de los granos y por otras características morfológicas. El color de la

planta varía de verde a morado oscuro, pero la lígula de las hojas y de las anteras son invariables teniendo siempre un color morado oscuro (Sevilla y Valdez, 1985).

La diferencia entre un maíz fuertemente pigmentado y un maíz normal es originada por muchos genes. Los genes que se dan a continuación son necesarios para que el pericarpio sea morado: (Paralelo del Locus P, en cromosoma 1), que produce normalmente pericarpio rojo y tusa roja; P (alelo dominante en el cromosoma 6), produce color púrpura morado, causada por genes cuantitativos con efectos menores. Se supone que son muchos, porque a través de la selección la población se va haciendo cada vez más oscura, ocupando el pigmento todo el tejido de la tusa. Además de los genes mayores que están presentes al menos en 5 de los 10 cromosomas del maíz, existen genes menores que deben estar distribuidos en los 10 cromosomas (Sevilla y Valdez, 1985).

2.1.6. Composición química proximal del maíz morado

Se reporta en la tabla 2 la composición química del maíz morado:

Tabla 2. Composición del maíz morado entero y solo coronta (Contenido en 100 g)

Componentes	Porcentaje	
	Maíz grano	Coronta
Humedad	11,3	11,20
Proteína	6,70	3,74
Grasa	1,50	0,32
Fibra	1,80	24,01
Cenizas	1,70	3,29
Carbohidratos	76,9	57,44

Fuente: Malaspina, H., 2003

2.1.7. Usos y beneficios del maíz morado

❖ Usos

El origen del maíz morado es muy remoto y el uso de su extracto es también antiguo. Según dato de los historiadores se sabe que el maíz era empleado en la alimentación como bebida, con él se elaboraba, la “chicha de jora” que viene a ser una bebida fermentada. El uso de su extracto sufrió un cambio con el tiempo así es como en la colonia, por influencia de la repostería española y por el ingenio de las amas de casa criollas, aparecieron la “mazamorra” y la “chicha morada” de sabores exquisitos (Fernández, 1977).

Actualmente el maíz morado es usado a nivel casero como colorante natural, saborizante en bebidas y otros preparados alimenticios como la “mazamorra morada”. A nivel industrial, con fines de obtener colorantes se utiliza únicamente la coronta por el significativo porcentaje de antocianinas; sin embargo, también se puede aprovechar el grano para la obtención de almidones y/o derivados o en la elaboración de alimentos balanceados para animales. Las antocianinas extraídas de maíz morado se utiliza en la elaboración de yogurt (Salinas Rubio y Días, 2005). Arias (1958), sugirió la utilización del grano en la industria almidonera, dado su alto contenido de almidón, o en la obtención de levadura prensada o de jora.

❖ **Beneficios del maíz morado en la salud**

- Baja la presión sanguínea
- Baja el colesterol
- Promueve la buena circulación sanguínea
- Protege los vasos sanguíneos del daño oxidante
- Mejora la micro circulación
- Es antiinflamatorio
- Fomenta la regeneración del tejido conectivo
- Elimina los radicales libres

Fuente: Natural Productos from Perú – Maíz morado – Inkanatural.

2.1.8. Colorantes naturales

Los colorantes naturales fueron los únicos usados desde la antigüedad hasta que se descubrieron los sintéticos a mediados del siglo XIX. El uso del color es una necesidad estética de la humanidad y está inmersa en la historia de su desarrollo cultural. Desde tiempos remotos, los seres humanos fueron reconociendo y utilizando el color que en la naturaleza existía. Gradualmente fueron desarrollando y perfeccionando métodos de extracción y aplicación de tinturas naturales de origen vegetal, animal y mineral, las que utilizaron para dar color al universo cultural que simultáneamente se instituía (Fennema, 2000).

Los colorantes están presentes en casi todas las plantas. De éstos, unos son producidos directamente por la actividad fisiológica de las plantas, mientras que otros son producto de transformaciones artificiales de sustancias de procedencia vegetal. Los que se encuentran ya formados en la naturaleza, suelen estar disueltos o formando depósitos granulares en las células superficiales de las plantas. Los colorantes vegetales se hallan concentrados en las vacuolas celulares de un sinnúmero de plantas, en donde a su vez se encuentran en estado puro,

se asocian con otros principios como aceites, resinas, y en particular con los taninos que son de carácter astringente. (Klingeret *al.*, 2000).

Los colorantes naturales se pueden definir como “aquellos que se obtienen de la materia animal y vegetal sin proceso químico (Othmer, 1998).

2.1.9. Compuestos Fenólicos

La materia viva contiene una gran cantidad de compuestos fenólicos, aunque muy difundidos y de considerable importancia, no forman más que una fracción mínima de la sustancia orgánica del reino vegetal y animal. Pero los fenoles vegetales poseen especial interés. Un grupo de compuestos fenólicos naturales son, las antocianinas que son pigmentos hidrosolubles muy difundidos en el reino vegetal y responsable los vistosos colores de muchas flores, frutas y verduras (Marcus A. 1981).

2.1.10. Las antocianinas

Quispe (2006), menciona que las antocianinas son colorantes pertenecientes a la familia de los flavonoides, estos están ampliamente distribuidos entre las flores, frutos (particularmente en las bayas) y vegetales, son responsables por el color brillante tal como el azul, rojo y morado.

Lock,S.(1997), menciona que el término antocianina deriva del griego Antho “flor” y cyanin “azul”, fue utilizado por Marquant en 1835 para designar los pigmentos azules de las flores. Más tarde se descubrió que no solo era el color azul, sino también el púrpura, violeta, magenta y todos los tonos de rojo, rosado, escarlata, que aparecen en muchas flores, frutos y algunas hojas y raíces de plantas lo que se deberían a pigmentos químicamente similares a las antocianinas de Marquant.

Las antocianinas representan un grupo muy amplio de compuestos fenólicos vegetales, son uno de los numerosos pigmentos que se hallan en solución en la savia alveolar. Las innumerables tonalidades de azul, púrpura, violeta, malva y magenta y casi todas las tonalidades rojas de las flores, hojas, frutas y tallos de las plantas son debido a diferentes tipos de antocianinas. Es el pigmento más importante, después de la clorofila, que es visible al ojo humano. Las antocianinas, aunque son muy numerosas, poseen una estructura similar, químicamente son glicósidos de las antocianinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio (Baudi,

1999), también llamado 2-fenil-benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); el flavilio normalmente funciona como un catión como se puede ver en la Figura 2.

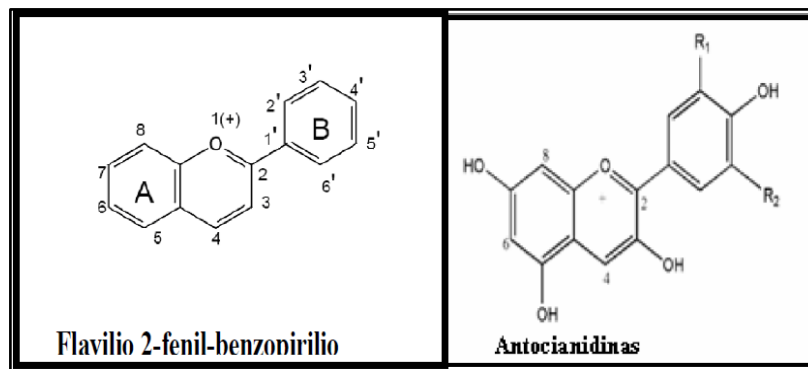


Figura 2. Estructura del flavilio y la antocianina.
Fuente: Fennema (2000)

De todas las antocianidinas que actualmente se conocen (aproximadamente 20), las más importantes son la pelargonidina, la delphinidina, la cianidina, la petunidina, la peonidina y la malvidina como se aprecia en la Figura 3, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 150 antocianinas (Badui, S 1999).

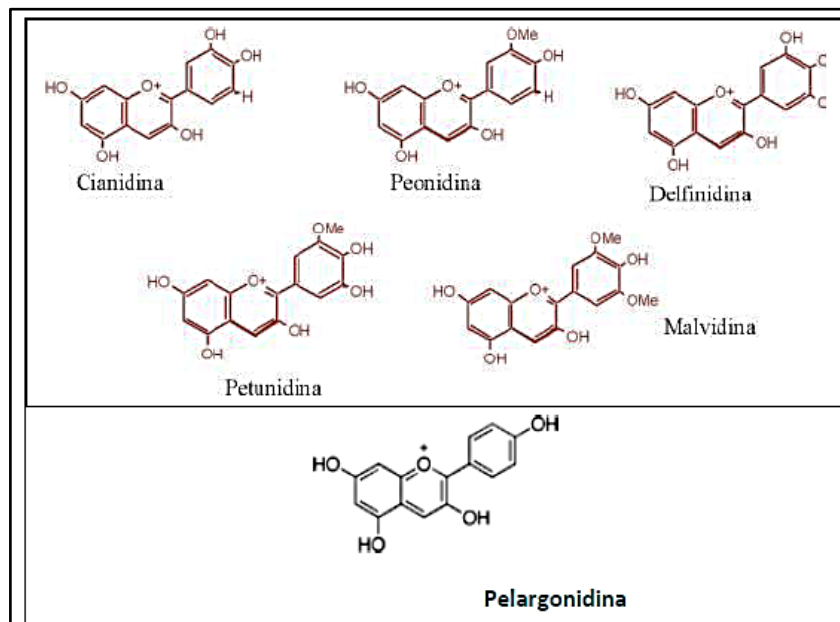


Figura 3. Estructuras de las antocianidinas más importantes.
Fuente: Fennema (2000)

La amplia variedad de sus colores se debe a alteraciones en la molécula básica, sin afectar la estructura molecular fundamental (Araujo, 1995).

Las antocianinas son el miembro más reconocido del grupo de los flavonoides. El efecto vaso protector de los flavonoides ha sido atribuido especialmente al pigmento antocianina el cual según Lock 1997 ha demostrado ser un potente antioxidante y un capturador excepcionalmente potente de radicales libres de oxígeno, los cuales tienen un rol crítico en la patogénesis de la enfermedad cardiovascular.

❖ Principio colorante del maíz morado

El principio colorante del maíz morado se basa en la existencia de la antocianina, la que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menores proporciones en el pericarpio (cáscara) del grano como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de antocianinas de la coronta y del grano del maíz morado

MUESTRA	CONTENIDO DE ANTOCIANINA	RENDIMIENTO (%)
Coronta	610,99 mg/l	79,47
Grano	51,93 mg/l	6,75
Grano molido	157,84 mg/l	20,53
TOTAL	768,83 mg/l	100,00

Fuente: Fernández, N.A. 1995

Nakatani et al. (1979), caracterizaron la antocianina presente en el maíz morado boliviano (*Zea mays L*). La longitud de onda máxima (339 nm) del aglucón fue idéntica con la de la auténtica cianidina. El componente azúcar fue identificado como glucosa. Consecuentemente de la base estas evidencias el mayor pigmento presente en granos y tusas de maíz morado fue identificado como cianidina 3-glucósido.

Arias (1958), encuentra resultados de pruebas cualitativas que le permiten afirmar que el grupo predominante, en el colorante de maíz morado, es el que corresponde al cloruro de cianidina. No obstante, Fernández, (1977) encuentra que el pigmento corresponde a los grupos antocianicos, pelargonidina e hirsutidina.

El color de las antocianinas y antocianidinas resulta de la excitación de la molécula por la luz visible. La facilidad con la que la molécula es excitada depende de la movilidad relativa de los electrones de la estructura. Los dobles enlaces, que son abundantes en antocianinas y en antocianidinas, son excitados más fácilmente y su presencia es esencial para el color (Fennema, 2000).

El aumento de sustituyentes en la molécula da como resultado un color más profundo. La profundidad del color da como resultado de un cambio batocrómico (mayor longitud de onda), lo que significa que la banda de absorción de la luz en el espectro visible se desplaza de la violeta hacia el rojo. El cambio opuesto se conoce como desplazamiento hipsocrómico. Los efectos batocrómicos son causados por grupos auxóchromos. Los

grupos auxóchromos son donadores de electrones y en el caso de las antocianidinas son los grupos hidroxilo y metoxilo.

Según Fernández N.A (1995), la gran variedad de colores, matices y tintes que ocurren en la naturaleza, son el resultado de cierto número de factores, entre los principales son:

A pH bajo esos pigmentos son rojos, el matiz puede ser diferente, pero ellos son todos rojizos. Así la pelargonidina es rojo naranja en solución ácida, mientras que la delfinidina es rojo azulino.

A pH alto las antocianinas pasan a través de un color violeta hasta alcanzar un color azul; a valores muy altos de pH, hay un viraje a verde y luego a amarillo (esto no es encontrado en plantas).

❖ **Ventajas del uso de antocianinas**

• **Usos**

Según Natural Products from Perú – Maíz morado; guía destinada a la comercialización y exportación de una variedad de productos nativos, las antocianinas son usadas para: Impartir color a bebidas, dulces y confites, productos de panadería, vegetales, conservas de

pescado, grasas y aceites, mermeladas y jaleas, frutas confitadas y en almíbar, jarabes de frutas, sopas y saborizantes.

Las antocianinas del maíz morado, se usan en la preparación de refrescos (chicha morada), dulces (mazamorra de maíz morado), coloración de jugos de frutas (fresa) y también en vermouth, vinos y vinagres. En Japón se utilizan para colorear caramelos, helados y bebidas.

El uso farmacéutico de las antocianinas es reconocido en Oftalmología, por sus propiedades de incrementar la agudeza visual y mejorar la visión nocturna; para el tratamiento de diversos trastornos de circulación de la sangre (Colesterol) y recientemente se concluyó que el principio activo del maíz morado, evita la presencia de cáncer al intestino grueso.

Este colorante natural tiene un potencial benéfico para la salud; por tratarse de un rico antioxidante con propiedades medicinales comprobadas a nivel mundial.

- **Beneficios**

La antocianina es un antioxidante natural, antimicrobial, que favorece la regeneración de los tejidos, mejora la actividad cardiaca,

la circulación sanguínea, inhibe la síntesis del colesterol y promueve la formación de colágeno. También desintoxica el cuerpo de los agentes de la contaminación ambiental, desactiva sustancias cancerígenas, fortalece el sistema inmune y protege al cuerpo del desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas como cataratas, artritis, tensión alta, diabetes, envejecimiento, arterosclerosis y enfermedades cardíacas. (Fuentes, 2002).

Este pigmento se encuentra en muchas frutas y vegetales. En la tabla 4 se detalla algunas fuentes de antocianina en varios alimentos.

Tabla 4. Alimentos que contienen antocianinas

Nombre científico	Nombre común
<i>Allium cepa</i>	Cebolla
<i>Brassicaoleracea</i>	Repollo rojo
<i>Cyphomandrabetaceae</i>	Berenjena
<i>Cynarascolymus</i>	Alcachofa
<i>Citrus cinnis</i>	Naranja
<i>Ficus carica</i>	Higos

Fuente: Equipo técnico PARA, ADRA- (2007).

2.1.11. Factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas

Las antocianinas son altamente reactivas y estos compuestos por lo tanto cambian de color bajo condiciones empleadas en el procesamiento y almacenamiento de productos alimenticios.

Amplia evidencia ha sido acumulada durante los pasados años que indica el rango de destrucción de pigmentos antociánicos es acelerada por un pH alto, presencia de oxígeno, alta temperatura, presencia de ácido ascórbico, azúcares, enzimas, etc. (Shrinkande,1976).

Según el mismo autor, la estabilidad de las antocianinas depende de factores como enzimas, pH, temperatura, oxígeno, luz, metales.

A. Efecto del pH

Este es uno de los factores más importantes. Las antocianinas son más estables en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino. En medio ácido la forma predominante es la del ión flavilio, el cual da el color rojo. Cuando ésta es sometida a pH básico o alcalino, el ión flavilio es susceptible al ataque nucleofílico por parte del agua, produciéndose la pseudo base carbinol, esto es a pH 4,5 y seguido se forma la chalcona; las dos formas son incoloras.

Conociendo esto, las antocianinas tienen su máxima expresión de color a pH ácidos, y su forma incolora se produce a pH neutros o alcalinos, debido a esta característica se utilizan a las antocianinas a pH ácido o ligeramente neutro.

B. Temperatura

La antocianina es destruida por el calor durante el procesamiento y almacenamiento. Un incremento logarítmico en la destrucción de la antocianina ocurre con un incremento en la temperatura.

Muchos estudios sobre la estabilidad de las antocianinas han indicado que estos pigmentos son fácilmente degradados por el calor. El porcentaje de degradación depende de la estructura de la antocianina, Adams (1973), mencionado por Furia (1978), concluyó que en el rango de pH de 2 a 4, la principal vía de degradación térmica de las antocianinas es la hidrólisis de la molécula de azúcar.

Las antocianinas son reconocidas al variar el porcentaje de hidrólisis (Harbome,1958), esto ha sido demostrado por Robinson, et al., 1966, citado por Shrikande (1976), quienes incorporaron mono y diglucósidos de uvas rojas a los vinos blancos evaluando la

estabilidad antes y después de almacenar los vinos a 48°C por 21 días.

Ellos concluyeron que los monoglucósidos muestran mayor tendencia a la decoloración bajo almacenamiento que los diglucósidos, aunque este último grupo mostró un aumento de color marrón. Ellos observaron también que el grado de hidroxilación de la molécula también afectaba la estabilidad de la antocianina.

Peonidina y malvidina proporcionan mayor estabilidad, mientras que la delphinidina moniglucósida es menos estable.

Hrazdina et al (1982), observaron que la estabilidad de los pigmentos va en incremento cuando se aumentan los grupos metoxilos y decrecen cuando se aumentan los grupos hidroxilo. En vinos, los más estables fueron la malvidina 3,5 - diglucósidos seguidos de peonidina, petunidina, cianidina y delphinidina 3,5-diglucósidos. La velocidad de degradación de las antocianinas aumenta al elevar la temperatura. Existe una relación logarítmica entre la retención del color y la temperatura de los procesos de esterilización o almacenamiento.

Por eso para mejorar la retención de los pigmentos, se aconseja la aplicación de tratamientos de alta temperatura y corto tiempo y el

almacenamiento a bajas temperaturas. Por ejemplo, podría decirse que el tiempo de calentamiento a 100°C, para la destrucción del 50% de pigmentos (vida media) es del orden de 1 hora; a 28°C (condiciones tropicales), unos 10 días; a 20°C, 50-66 días, y a 0°C aproximadamente 10 meses (Markakis, 1974).

C. Luz

El efecto que tiene la exposición a la luz de los pigmentos antociánicos no está bien estudiado hasta el momento, lo que conduce a cierta confusión. Los aglucones son rápidamente afectados por la luz. La cianidina expuesta en medio ácido a la luz difusa decrece su concentración en 10% en 6 horas y a la luz directa del sol, la pérdida es del 95%. La pérdida producida en glucósidos no ha sido aún bien determinada (Harper, 1957).

D. Ácido ascórbico a oxígeno

Si bien la presencia de ácido ascórbico en jugo de frutas es nutricionalmente importante, éste tiene un efecto perjudicial para las antocianinas. Beattie (1974), fué el primero en mostrar los cambios en el color que ocurren conjuntamente con pérdida progresiva de ácido ascórbico.

Starr y Francis (1968), demostraron el efecto del oxígeno y ácido ascórbico en el jugo del coctel de arándanos, A niveles más altos de oxígeno y ácido ascórbico se tienen menor estabilidad del pigmento.

E. Metales

Las antocianinas son únicamente estables en condiciones fuertemente ácidas. A causa de la inestabilidad de sus bases anhidro, estos compuestos favorecen la decoloración en el rango de pH de 4 a 6. Es muy posible que las antocianinas en su estado original, existen efectivamente en forma estable, ya que muchas frutas se encuentran en este rango de pH. Varios investigadores han señalado que las antocianinas se estabilizan a través de la formación de complejos metálicos. Esto es evidente, ya que por ejemplo la adición del cloruro de aluminio ha sido bastante reconocida como un método de diferenciación de antocianinas o antocianidinas con dos grupos hidroxilo adyacentes al anillo B, de aquellas con solamente un grupo oxidrilo libre. Por ejemplo, Sistrunk y Cash (1970), estabilizaron el color del puré de fresas con la adición de sales de estaño; mientras que Wrolstad y Erlandson (1973) llegaron a la conclusión de que la estabilización del color rojo no fue debida al complejo de estaño con el principal pigmento (pelargonidina-3-

glucósido), sino que ocurrió con cianidinas liberadas de leucocianidinas incoloras. Starr y Francis (1973) estudiaron el efecto del cobre, fierro, aluminio y estaño sobre la estabilidad del color del jugo de arándanos.

2.1.12. Métodos de extracción de antocianinas

La extracción es una operación disfuncional que implica la disolución de un soluto en un solvente. Muchos productos orgánicos naturales se separan de su estructura original por medio de la extracción, lavado, lixiviación, etc. (Treybal 1970 y Saux 1980).

a. Extracción por maceración:

Esta extracción es sencilla. Se somete únicamente a la disolución del soluto en un solvente, dejando reposar hasta que el solvente penetre en la estructura celular, lo ablande y disuelva las porciones solubles, controlando convenientemente la temperatura y la duración del proceso. Martin et al. (1965), recomienda que la maceración se realice a una temperatura de 15 a 20°C. Si el tiempo de maceración es muy prolongado debe usarse conservadores para evitar alteraciones microbianas (Yúfera, 1979). La ventaja de esta extracción es producir un extracto con una concentración uniforme,

sin embargo resulta laboriosa, y para conseguir mejores rendimientos se requiere de mayor tiempo de extracción. En esta etapa se evalúa lo siguiente:

- Influencia del tiempo y temperatura de maceración.
- Influencia de la relación materia prima /solvente de extracción.
- Influencia del ácido.
- Influencia de la concentración del ácido.

b. Extracción por el método de agitación mecánica o difusión:

La extracción consiste en colocar la muestra con el solvente elegido en un vaso de precipitado y mediante un agitador mecánico se pone en contacto el solvente con la materia prima para obtener el colorante deseado (Cabezudo, 1973; Zapata, 1978).

c. Extracción por cocciones:

Los cocimientos son preparados líquidos que se confeccionan hirviendo con agua las sustancias vegetales (Martin et al.1965). La muestra se coloca en un recipiente de vidrio, se agrega el solvente y se somete a ebullición por diferentes tiempos. La temperatura de extracción debe ser tal que no afecte a la estructura del colorante (Yúfera, 1979). En este método de extracción de la antocianina del maíz morado se evalúa:

- Influencia del número de etapas de extracción.
- Influencia del tiempo y temperatura de calentamiento en la extracción.

d. Método de Lixiviación:

La lixiviación es la extracción en la que una mezcla o una fase sólida se descompone en sus componentes o en la que un componente valioso se quita y recupera de una masa sólida mediante el tratamiento por un líquido. En general las operaciones que comprenden el tratamiento de sólidos por disolventes incluyen cierto número de circunstancias distintas. El sólido suele consistir en una mezcla heterogénea de varios constituyentes, uno o más de los cuales pueden ser líquidos o sólidos en disolución, pero puede ser una mezcla homogénea tal como una solución sólida o una sal doble. Los sólidos que se lixivian se hallan en una diversidad de formas físicas, y a menudo se requiere su desintegración para formar una gran superficie de contacto con el disolvente. Posiblemente, la clase más importante de las operaciones de lixiviación es la eliminación del componente soluble del interior del sólido inerte efectuado por un proceso lento de difusión a través de una membrana vegetal o animal.

Son ejemplos, la recuperación del disolvente de aceites de semillas, nueces y sustancias vegetales semejantes; los extractos medicinales; la extracción de taninos, trementina y colofonia a partir de la madera mediante el proceso por disolventes; de la clorofila a partir de la alfalfa; y la extracción del azúcar de remolacha por lixiviación con agua (Perry, 1979). Las fuerzas físicas que tienen efecto importante en la lixiviación son: gravedad, viscosidad, adherencia, fricción, ósmosis, capilaridad y solución (Martin et al, 1965).

2.1.13. Factores que influyen en la extracción de antocianinas

a. Temperatura

El calor facilita el pasaje de agua a través de las membranas semi permeables de las células vegetales. Esta deberá ser lo suficientemente alta para que permita una buena solubilidad del pigmento, sin llegar al extremo de hidrolizar al pigmento ni de solubilizar. Muchos estudios sobre la estabilidad de la antocianina han indicado que las antocianinas son fácilmente degradadas por el calor. La tasa de degradación depende de la estructura de la antocianina, recomienda usar temperaturas comprendidas entre 60 – 90°C (Furia, 1978).

b. Tiempo de extracción

El tiempo de extracción o difusión está en función inversa a los factores de temperatura y agitación. Pero generalmente se da el tiempo suficiente, como para lograr un buen contacto del sólido con el solvente (Yúfera, 1979).

c. Equilibrio entre el solvente y el soluto

Es necesario encontrar una relación adecuada entre el solvente y la materia prima a ser extraída. Una proporción alta da lugar a extractos demasiado diluidos y si es muy baja no habrá buena difusión. El equilibrio se alcanza cuando el soluto se disuelve totalmente y la concentración de la solución que se forma es uniforme (Yúfera, 1979).

d. Calidad del solvente

Un buen solvente debe ser selectivo y su viscosidad suficientemente baja para que pueda circular libremente. La concentración del soluto aumentará y la relación de extracción disminuirá progresivamente, debido a que la gradiente de concentración se va reduciendo; y porque la solución se hace más viscosa. Se ha mencionado diferentes solventes para la extracción de antocianinas, entre ellos tenemos: acetona, agua, etilen glicol, glicol de propileno, metiletil cetona, iso propanol, metanol y

etanol. Los dos últimos son superiores al resto de solventes mencionados pero el metanol no es muy recomendable para productos con fines alimenticios; la acetona es efectiva, pero aparentemente contribuye a la degradación de los pigmentos bajo un contacto prolongado. El agua es conveniente pero menos efectivo (Chiriboga y Francis 1970). Como las antocianinas son estables a pH ácidos es necesario incluir ácidos orgánicos e inorgánicos.

Se ha demostrado que el HCl estabiliza los pigmentos (Fulekiy Francis 1968).

En investigaciones recientes sobre extracción de antocianinas del maíz morado se demuestra que el ácido sulfúrico aumenta la eficiencia de extracción y da mayor estabilidad al pigmento; en cambio el ácido cítrico proporciona bajo porcentaje de extracción y aparentemente se produce cierta degradación del pigmento (Kan et al,1976) , señala que el ácido cítrico es menos corrosivo que el HCl y que los quelatos metálicos de ácido cítrico pueden tener efecto protector durante el secado por atomización.

2.1.14. Aplicación de la antocianina del maíz morado en la Industria Alimentaria

De acuerdo con la armonización internacional de las normas sobre aditivos alimentarios, la antocianina de maíz morado fue aceptada como un agente colorante natural desarrollado por el Japón para el uso en los alimentos. En Japón y EE.UU., el maíz morado ha sido ampliamente utilizado en la elaboración de diversos alimentos, como bebidas, dulces y postres congelados, desde su introducción comercial como agente colorante natural para alimentos en 1974.

La producción exitosa de color maíz morado en una escala industrial ha contribuido enormemente al enriquecimiento de la tonalidad y la expansión de la demanda de colorantes naturales con pigmentos de antocianina. El principal insumo con respecto al maíz morado es la coronta, que es utilizado en las industrias de colorantes naturales por su alto contenido de antocianina.

2.2. Enfoques Teóricos – Técnicos

2.2.1. ¿Qué es un Extracto?

Mezcla compleja, con multitud de compuestos químicos, obtenible por procesos físicos, químicos y/o microbiológicos a partir de una

fuente natural y utilizable en cualquier campo de la tecnología (Cabezudo, G 1973).

❖ **Extracción Hidroalcohólico:**

Los extractos hidroalcohólico se hará según lo realizado por Stanciuc V (2011) quien describe que este procedimiento se opera por extracción de la planta con una disolución de alcohol puro de 96 grados en agua del 30:70. El soluto se mezcla con el solvente periódicamente y se conserva en un recipiente cerrado en un lugar fresco y oscuro.

Pasado el tiempo establecido se filtra el extracto y se almacena adecuadamente para sus análisis fisicoquímicos.

❖ **Determinación de fenoles totales:**

La cantidad de fenoles totales se determinó según el método modificado de Folin-Ciocalteu usando ácido gálico como estándar; para esto se prepararon soluciones de 40, 80, 120, 160 y 200 ppm con las que se construyó la curva de calibración, dando un $r^2 = 0,9994$. El procedimiento para la evaluación de fenoles totales fue el siguiente: una alícuota de la muestra (0,7 mL) se mezcló con 7 mL del reactivo de Folin- Ciocalteu (10%) dejándose en reposo por 3 min; seguidamente se mezclaron con 7 mL de carbonato de sodio (7,5%) y la solución resultante se dejó en

reposo por 2 horas a temperatura ambiente protegida de la luz; las absorbancias de las muestras fueron leídas a 760 nm en el espectrofotómetro UV-Vis. Todas las muestras fueron analizadas por triplicado, y los fenoles totales fueron expresados como equivalentes miligramos de ácido gálico (GAE) por g de muestra.

2.2.2. Métodos Espectrales

❖ Espectro Ultravioleta:

El espectro UV permite el reconocimiento de grupos funcionales y grupos cromóforos (grupos químicos capaces de absorber en UV).

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones de ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm).

La región UV se define como el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm. Es una región de energía muy alta. Provoca daño al ojo humano así como quemadura común. Los compuestos con dobles enlaces aislados, triples enlaces, enlaces peptídicos, sistemas aromáticos, grupos carbonilos y otros heteroátomos tienen su máxima absorbancia en la región UV, por lo que ésta es muy importante para la determinación cualitativa y cuantitativa de compuestos orgánicos. Diversos factores - como pH, concentración de sal y el disolvente- que alteran la carga de las moléculas, provocan desplazamientos de los espectros UV. La fuente de radiación ultravioleta es una lámpara de deuterio. En la región visible se aprecia el color visible de una solución y que corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite, no que absorbe. El color que absorbe es el complementario del color que transmite. Por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesario utilizar la longitud de onda en la que absorbe luz la solución coloreada. La fuente de radiación visible suele ser una lámpara de tungsteno y no proporciona suficiente energía por debajo de 320nm (Espectrometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas). Nieves Abril Díaz, 2014. En la figura 4 se muestra un espectro electromagnético que va desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gama y los rayos x, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos,

hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud como las microondas.

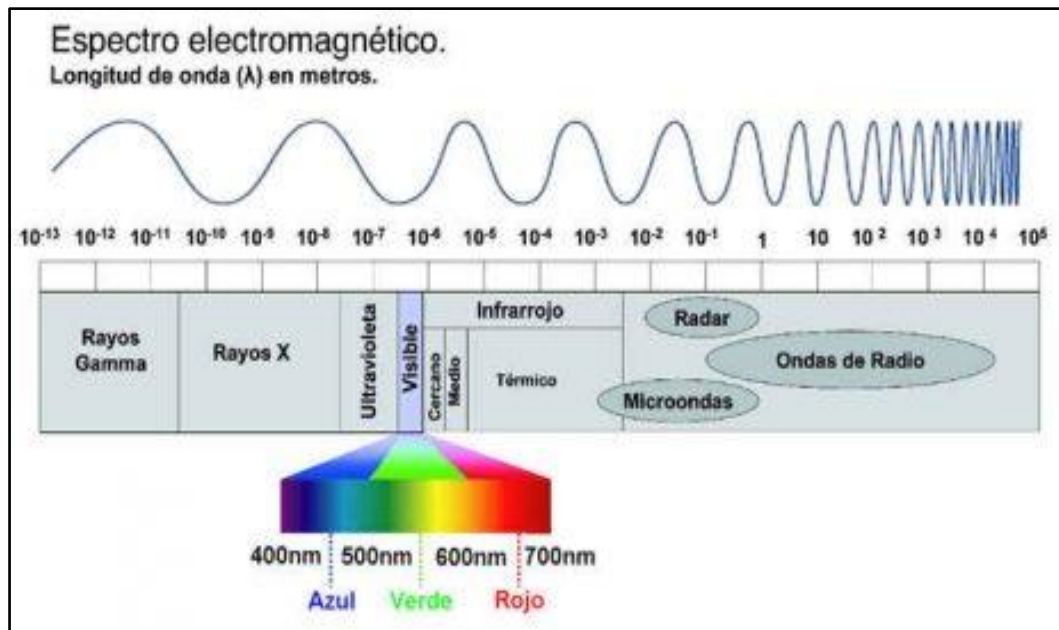


Figura 4. Espectro electromagnético

Fuente: Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.

En la tabla 5 se aprecia los colores reflejados en la región del espectro visible el cual está compuesto por radiaciones de longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nm estos generan un espectro visible al ojo humano con colores reflejados desde amarillo verdoso hasta verde azulado.

Tabla 5. Colores reflejados según longitud de onda

Longitud de onda (Aprox.)	Color de luz que se absorbe	Color de luz que se refleja o ve
<i>390-435nm</i>	Violeta	Amarillo verdoso
<i>435-490nm</i>	Azul	Amarillo
<i>490-580nm</i>	Verde	Rojo
<i>580-595nm</i>	Amarillo	Azul
<i>595-650nm</i>	Naranja	Azul verdoso
<i>650-780nm</i>	Rojo	Verde azulado

Fuente: Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.

2.2.3. Método de Análisis Sensorial – Método Afectivo

Los métodos afectivos se utilizan solo con panelistas inexpertos y consumidores, no requieren entrenamiento previo o conocimiento en análisis sensorial, se consideran las pruebas más sencillas de realizar, pero se debe tener cuidado, ya que los consumidores solo van a seguir las instrucciones que se le den en el momento de realizar la degustación o las que se encuentran en el formato de evaluación del mismo.

➤ **Prueba de preferencia simple por ordenamiento**

Esta prueba consiste en entregar dos o más muestras a un consumidor. Se emplean para definir el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado por parte del consumidor. Para estas pruebas se requiere de un grupo bastante numeroso de panelistas los cuales no necesariamente tienen que ser entrenados.

➤ Escala Hedónica

El uso de la escala hedónica permite, aparte de medir preferencias, medir estados psicológicos del consumidor. El método utiliza la medida de la reacción humana como elemento indirecto para evaluar el producto. Es una de las técnicas más usadas para la medición de la posible aceptación de un producto en el mercado, se le pide al consumidor que mida el nivel de agrado o desagrado con respecto al producto a través de una escala numérica, el número de puntos es impar para que el punto central sea un punto neutral, que generalmente corresponde a “no me gusta ni me disgusta”.

En la tabla 6 se observa el modelo de una escala hedónica consistente en 7 puntos de calificación.

Tabla 6. Tabla hedónica para la evaluación sensorial

Puntaje	Nivel de agrado
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

Fuente: Escala de Peryamm & Pilgrim, (1957).

2.3. Marco Referencial

2.3.1. Antecedentes

Stanciuc V. (2011), en su Proyecto de investigación titulado: *“Teñido de fibras sintéticas utilizando colorante extraído de Maíz morado (Zea mays L.)*, realiza la extracción del maíz morado en una mezcla de agua: alcohol etílico en relación 70:30 a un pH = 3 por un tiempo de maceración de 24 horas una relación solvente-zuros de 15:1 l/kg concentrando en un rota evaporador a 45° C y 60 rpm. El análisis por espectrofotometría UV – visible del colorante extraídos de las corontas de maíz morado (*Zea mays L.*) indicó una absorción máxima a una longitud de onda $\lambda = 537$ nm, lo que corresponde a las cianidina glucósido.

El espectro IR– infrarojo, del colorante, indica la existencia de grupos hidroxilo, alquilo, carbonilo y anillo aromático por la presencia de bandas a 3375, 3000, 1650 cm⁻¹., lo que demuestra la presencia de las antocianinas.”

Araujo (1995) en su estudio de Post Grado sobre la *“extracción del colorante de Maíz Morado (Zea Mays L) con el uso de enzimas”* halló que la que dió mejores resultados en la extracción de antocianinas del maíz morado a partir de las tusas, fue extrazime de novo nordick. Este

es un compuesto multienzimático constituido por carbohidratos, celulasa, β -glucanasa, hemicelulasa, pectinasas y xilanasas. Las indicaciones para la actividad óptima de este producto son: temperatura de 20 y 50 °C y pH de 4 y 6.

Según Salinas Moreno Y., Rubio Hernández D. y Díaz Velázquez A. (2005), en la *Tercera Publicación Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (Zea mays L.) como colorantes en yogur*, tiene por objetivo determinar el uso potencial de las antocianinas extraídas de granos de maíz, como colorantes en yogur. Las antocianinas extraídas de la fracción pericarpio capa de aleurona (FPCA) fueron añadidas a un yogur natural comercial, en concentración de 1 mg/100 g de yogur. Las muestras de yogur coloreadas se almacenaron bajo condiciones de refrigeración (4°C \pm 1) durante 25 días y se les midió color y pH cada 5 días. El más alto contenido de antocianinas se obtuvo en la FPCA del maíz peruano y fue de 259,4 mg/100 g de muestra. El color del yogur obtenido con los cuatro extractos fue diferente. Los coloreados con los extractos de los maíces Peruano y arrocillo mostraron un tono rojizo más intenso que los obtenidos con los de cónico y purepecha. El color de los yogures se mantuvo sin cambios durante los primeros cuatro días, pero entre los

días 5 y 10 de almacenamiento, cambió a una tonalidad más amarillenta. Sin embargo, estos cambios no fueron visualmente evidentes, por lo que es posible el uso de los pigmentos del grano de maíz para teñir alimentos de acidez intermedia como el yogur.”

Fernández (1995), en su estudio de Tesis para la “*Extracción y pre - purificación de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.)*” Concluye que las condiciones óptimas para la extracción y cuantificación de antocianinas a partir de la coronta es : 2mm de tamaño de partícula, una maceración de H₂O y 0.1% de H₂SO₄ con un pH=2.0 y una temperatura de 20°C por 12 horas, una proporción de materia prima solvente igual a 1/12 y la extracción por calentamiento debe ser en 3 etapas a 80°C por 30 minutos cada uno, obteniendo en la coronta 6 109.9 mg/ACYS Totales con un rendimiento de 79.47 %, en grano entero 519.35 mg/ACYS Totales, un rendimiento de 6.775 % y en grano molido 1 578.41 mg/ACYS Totales, un rendimiento de 20.53 %.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Hi: Si es posible determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la obtención de antocianinas en la etapa de evaporación de un extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado (*Zea mays L*) variedad Arequipeño.

3.1.2. Hipótesis Nula

Ho: No es posible determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la obtención de antocianinas en la etapa de evaporación de un extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado (*Zea mays L*) variedad Arequipeño.

3.2. Variables

3.2.1. Identificación de variables

a. Variables independientes

- Temperatura de concentración del extracto hidroalcohólico (30 °C; 40°C y 50°C).
- Tiempo de concentración del extracto hidroalcohólico (90 min; 60 min y 30 min).

b. Variables dependientes

- Concentración final de antocianinas obtenidas del producto final expresado en mg /100 g.
- Aceptabilidad del color aplicado en yogurt.

3.2.2. Indicadores de las variables

- #### **a. Indicador de la variable temperatura concentración del extracto hidroalcohólico:** Temperatura de tratamiento expresado en grados centígrados.

b. Indicador de la variable tiempo de concentración del extracto hidroalcohólico: Tiempo de tratamiento expresado en minutos.

c. Indicador de la variable concentración final de antocianinas obtenidas del producto final: Método que mide el grado de color del colorante antociánico expresado en mg/100 g.

d. Indicador de la variable aceptabilidad del color aplicado en yogurt: Característica de algún alimento que puede percibirse con los sentidos expresados en puntaje gracias a un registro de preferencia.

3.3. Operacionalización de variables

En la tabla 7 se observa la Operacionalización de variables independientes y variables dependientes.

Tabla 7. Operacionalización de Variables Independientes y Dependientes

Título: “Determinación de parámetros tecnológicos para la obtención por evaporación de antocianinas a base de un extracto hidroalcohólico de coronta de maíz morado (<i>Zea mays l.</i>) var. Arequipeño”				
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de medida
<p>❖ Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de concentración del extracto hidroalcohólico • Tiempo de concentración del extracto hidroalcohólico 	<p>Temperatura total de los tratamientos en grados centígrados.</p> <p>Tiempo total de tratamiento en minutos.</p>	<p>La medición se realizará haciendo uso de un termómetro en el equipo.</p> <p>Tiempos totales de tratamiento dentro de los cuales se concentrará el soluto y eliminará el solvente etanol por evaporación.</p>	<p>Grados centígrados</p> <p>Minutos</p>	<p>°C</p> <p>Min</p>
<p>❖ Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración final de antocianinas obtenidas del producto final • Aceptabilidad del color aplicado en yogurt. 	<p>Método que mide el grado de color del colorante antociánico.</p> <p>Característica de algún alimento que puede percibirse con los sentidos.</p>	<p>Análisis fisicoquímico de cuantificación a base de absorbancias usando para ello un espectrofotómetro.</p> <p>Análisis organoléptico de color, mediante hoja de evaluación.</p>	<p>Longitud de onda UV</p> <p>Registro de Preferencia</p>	<p>mg/100 g</p> <p>Puntaje</p>

Fuente: Elaboración propia (2015)

3.4. Matriz de consistencia

Tabla 8. Matriz de consistencia

Título: “Determinación de parámetros tecnológicos para la obtención por evaporación de antocianinas a base de un extracto hidroalcohólico de coronta de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) var. Arequipeño”							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MUESTRA	DISEÑO	INSTRUMENTO	ESTADÍGRAFO
<p>Problema Principal</p> <p>¿Cuáles serán los parámetros tecnológicos adecuados para la obtención de un colorante antociánico obtenido a partir de un extracto hidroalcohólico a base de la coronta de maíz morado variedad arequipeño?</p> <p>Problemas Secundarios</p> <p>a. ¿Cuál es el tiempo y la temperatura adecuada a usar durante el proceso de concentración del extracto hidroalcohólico?</p> <p>b. ¿Cuál será la concentración del pigmento antociánico obtenido por este método?</p> <p>c. ¿Cómo determinar el grado de aceptabilidad del colorante obtenido?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>-Determinar los parámetros tecnológicos óptimos durante la etapa de evaporación para la obtención un colorante antociánico obtenido de un extracto hidroalcohólico a base de la coronta del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) variedad arequipeño.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar el tiempo y la temperatura adecuada en el proceso de concentración realizado en el evaporador rotatorio sobre el extracto hidroalcohólico.</p> <p>b. Determinar la concentración del colorante antociánico extraído por el método de diferencia de pH.</p> <p>c. Evaluar el grado de aceptabilidad del colorante aplicado en yogurt.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Si es posible determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la obtención de antocianinas en la etapa de evaporación de un extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) variedad arequipeño.</p> <p>Hipótesis Nula</p> <p>No es posible determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la obtención de antocianinas en la etapa de evaporación de un extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) variedad arequipeño.</p>	<p>Independientes</p> <p>V1:</p> <p>Temperatura de concentración del extracto hidroalcohólico (30 °C ; 40°C y 50°C)</p> <p>V2:</p> <p>Tiempo de concentración del extracto hidroalcohólico (90 min; 60 min y 30 min)</p> <p>Dependientes</p> <p>V1:</p> <p>Concentración final de antocianinas obtenidas del producto final expresado en mg/100 g.</p> <p>V2:</p> <p>Aceptabilidad del color aplicado en yogurt.</p>	<p>Población</p> <p>Maíz morado producido en una hectárea ubicada en la región de Arequipa, distrito pampa de La Joya – San José.</p> <p>Muestra</p> <p>Calculado según formula.</p> $n = \frac{Z^2pqN}{E^2 (N - 1) + Z^2pq}$	<p>Tipo</p> <p>Experimental de nivel transversal descriptivo.</p> <p>Diseño</p> <p>Experimental.</p>	<p>Análisis fisicoquímicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinación de pH (pHmetro). - Cuantificación de antocianinas (Espectrofotómetro) <p>Fichas de evaluación organoléptica.</p>	<p>Análisis de varianza (ANOVA) usando Software IBM SPSS Statistic 20.</p> <p>Se empleará un diseño factorial a 3^k siendo dos variables independientes a analizar; temperatura y tiempo de evaporación en la extracción. Un total de 09 diferentes combinaciones fueron seleccionadas en orden aleatorio de acuerdo a la configuración del diseño para los dos factores. Las variables respuestas fueron, características fisicoquímicas (concentración de antocianinas y pH) y características sensoriales (Color y olor del extracto).</p>

Fuente: Elaboración Propia (2015)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de Investigación

Estudio de tipo experimental, se utilizó un diseño experimental y de nivel transversal descriptivo; transversal porque se estudian las variables en un momento determinado y el alcance de los resultados es descriptivo, ya que estuvo dirigido a determinar cómo es o como está la situación de las variables en la presencia o ausencia de algo.

4.2. Población y muestra

En el presente trabajo la población fué el número de plantas en cantidad representativa de un metro cuadrado de terreno del distrito pampa de la Joya - Sector San José de la ciudad de Arequipa, ubicado aproximadamente en latitud sur $16^{\circ}25'27''$ y longitud oeste $71^{\circ}48'43''$ sobre los 1644 metros sobre el nivel del mar, entre los meses de Febrero y Abril.

Se sabe que la producción de maíz morado es de 80 000 plantas x hectárea; entonces:

- 80 000 plantas/ha x ha/10 000 m²= 8 plantas / m²
- 6 mazorcas/planta x 8 plantas/m²= 48 mazorcas / m²

Entonces: La población representativa fué 48 mazorcas / m²

Para determinar la muestra se usó la siguiente fórmula estadística.

$$n = \frac{Z^2 pq N}{E^2 (N - 1) + Z^2 pq} \Rightarrow n = 48 \text{ mazorcas de maíz morado.}$$

Dónde:

Z : Distribución normal estandarizada

(Depende del grado de confianza) = 1,96

p : Proporción de la población con la característica de interés

80 % de la producción es buena = 0,8

q : Proporción de la población que no tiene la característica de interés

20 % = 0,2

& : Grado de confianza = 0,95

E : Error = 0,05

N : Población o universo = 48 mazorcas x m².

n : Tamaño de la muestra (Dato que se desea obtener)

Mediante la fórmula se obtuvo una muestra representativa de 48 mazorcas las cuales fueron recolectadas mediante un muestreo no probabilístico, promediando un peso de 5 kilogramos.

4.3. Materiales y métodos

4.3.1. Instrumentos de medición

Para la ejecución del estudio se utilizaron materiales, equipos y reactivos.

❖ Reactivos

- Etanol 96%
- HCl concentrado
- Soluciones buffer de pH = 1 y pH = 4,5
- Reactivo Folin - Ciocalteu 1N
- Carbonato de sodio anhidro.

❖ Materiales

- Maíz morado 5 kg.
- 5 balones de vidrio de 2500 ml.
- 5 vasos precipitados de 25 – 50 ml.
- 1 potenciómetro Allied Fisher Scientific, modelo 800 USA.

- 1 Termómetro de 0°C – 100°C.
- Tubos de espectrofotometría.
- 10 papel filtro whatman N°01.
- Agua destilada.
- 1 cronómetro.
- Recipientes ámbar, cuchillos, tabla de picar.

❖ **Equipos**

- Evaporador rotatorio Laborota 4000, Heidolph Instruments, Germany.

En la tabla 9 se puede apreciar algunas características específicas del equipo evaporador rotatorio.

Tabla 9. Características del equipo evaporador rotatorio

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	LABOROTA 4000eco
Accionamiento	Motor de capacitor con regulación electrónica de la velocidad
Margen de velocidad	20-270/min
Control de velocidad	Escala
Velocidad de elevación	Manual
Margen de temperatura del baño caliente	20 – 100°C
Precisión de regulación del baño caliente	+/- 2.5 k
Diámetro del baño caliente	240 mm
Tensión de conexión	230V/50/60Hz ó 115V/50/60Hz
Dimensiones (LxAxA)	396 x 440 x 360 mm
Cable de conexión	2 m
Condiciones ambientales	0-40°C a 80% humedad atmosférica

Fuente: Alibaba.com

A continuación, en la figura 5 se señalan las partes de un evaporador rotario, el mismo que se utilizó para la concentración del extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz.

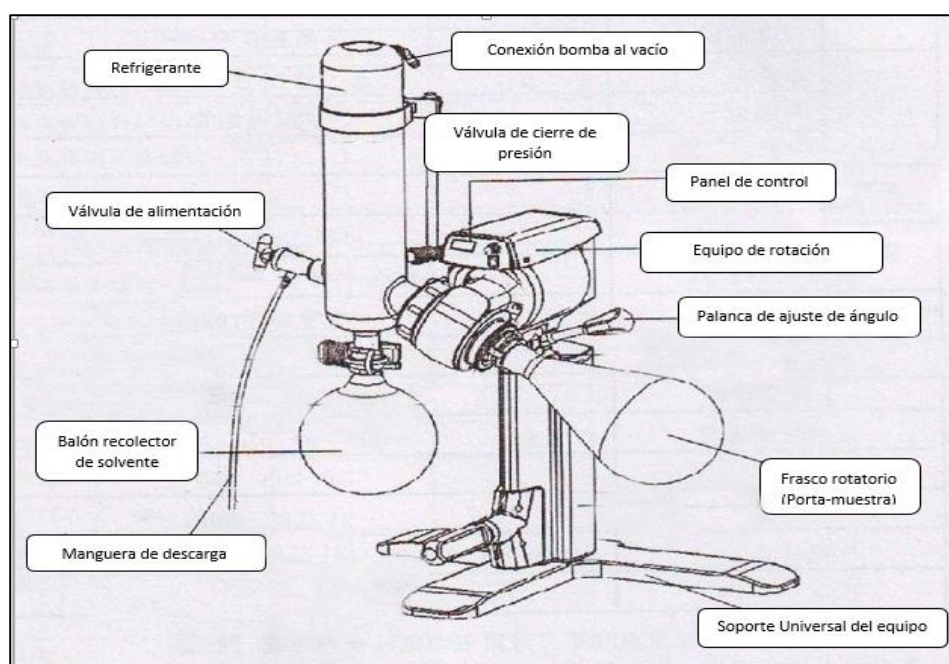


Figura 5. Partes de un evaporador rotatorio.

Fuente: Alibaba.com

- Secador de aire caliente, marca DIDACTA ITALIA 0 - 3 kw.
- Estufa 0 – 245 °C, marca Memmert, modelo M115 Alemana.
- Espectrofotómetro UV visible HEWLETH PACKARD 8453.
- Molino manual marca CORONA.
- Filtrador de vacío compuesto por motor, embudo, matraz kitasato, manguera.

- 1 balanza analítica. Marca Metter, modelo AJ150. Switzerland, lectura digital.

4.3.2. Métodos

a. Análisis a realizar a la materia prima

Determinación sensorial, eliminar impurezas, control de peso (Humedad),

b. Análisis fisicoquímicos de tratamientos

- Determinación de antocianinas totales: Cuantificación en base al método diferencial de pH y la calibración de las muestras patrones en el espectrofotómetro a 510 nm y 700 nm (Ver ficha anexo 1).

c. Análisis fisicoquímicos en el producto final

- Determinación de pH por método potenciométrico.
- Determinación de fenoles totales.

d. Análisis sensorial de los tratamientos

- Prueba de aceptación sensorial: color y sabor con la prueba hedónica según escala no estructurada (ver ficha Anexo 3).

e. Procedimiento estadístico

- Se empleó un diseño factorial a 2^k con 3 puntos centrales siendo dos variables independientes a analizar: temperatura y tiempo de evaporación en la extracción. Un total de 07 diferentes combinaciones fueron seleccionadas en orden aleatorio de acuerdo a la configuración del diseño para los dos factores. Se realizó un análisis de varianza ANOVA (Ver Anexo 6) utilizó el software Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.18). Las variables respuestas fueron las características fisicoquímicas (concentración de antocianinas y pH) y características sensoriales (Prueba de preferencia del extracto).

➤ **Diseño Experimental**

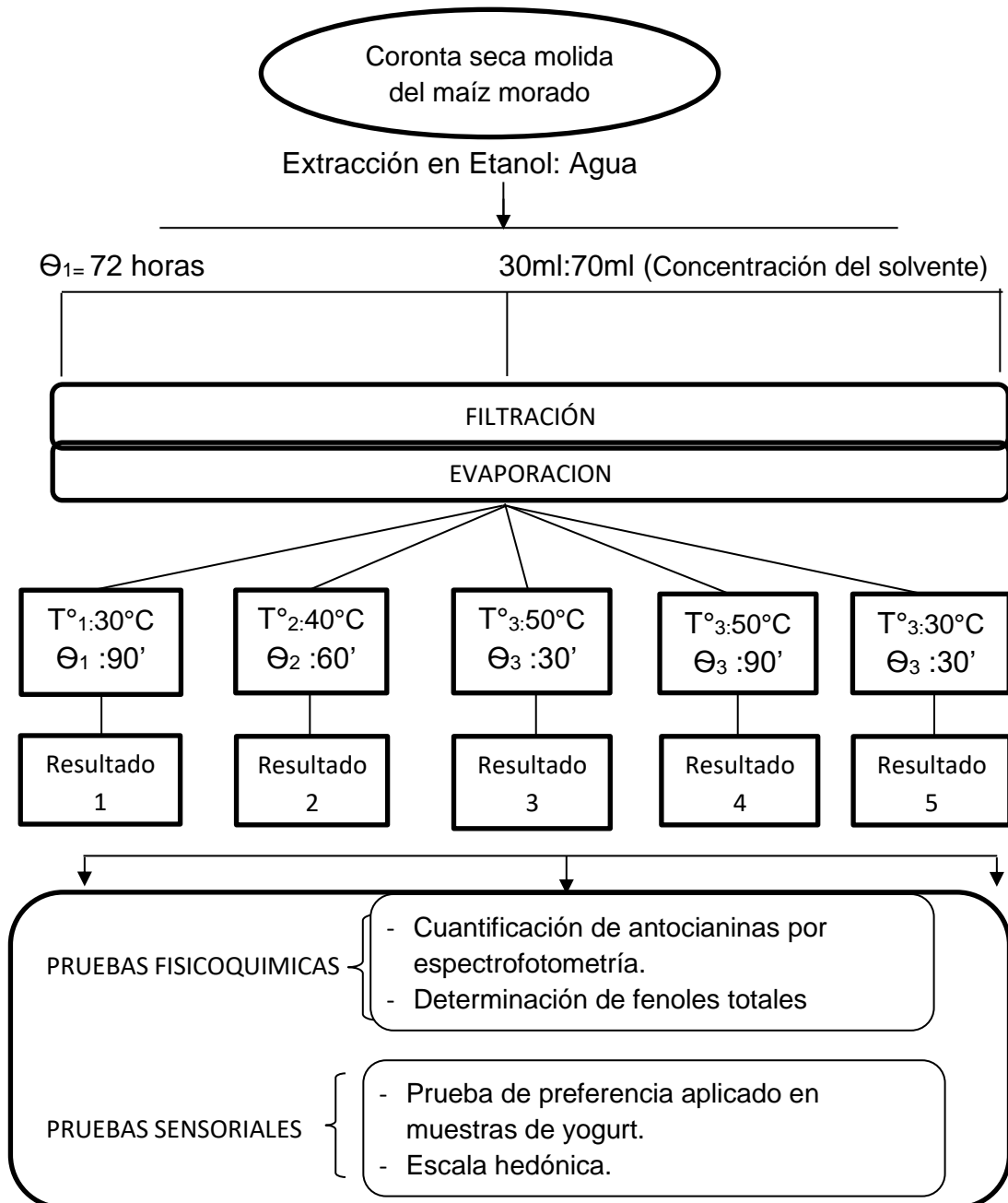
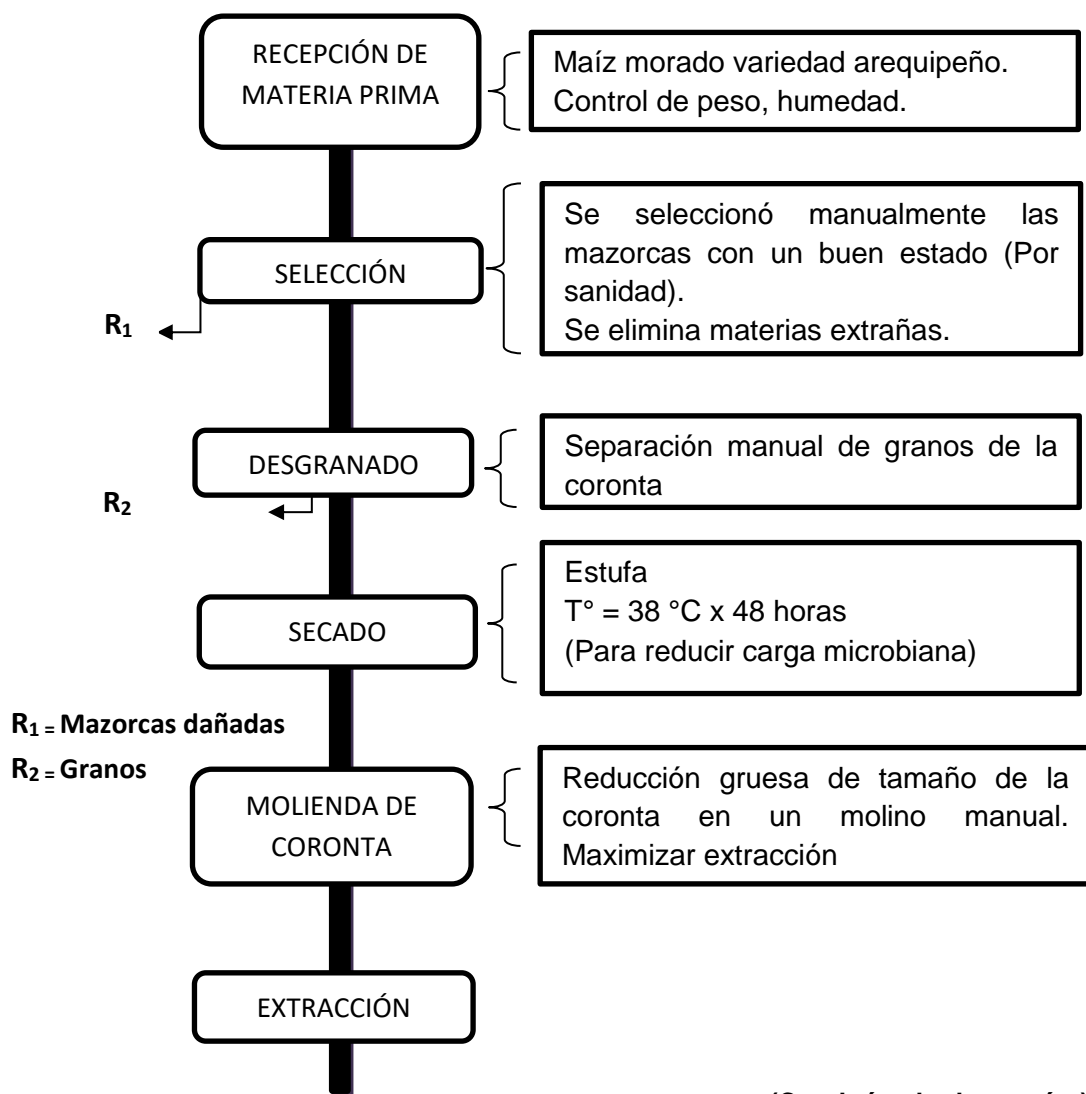
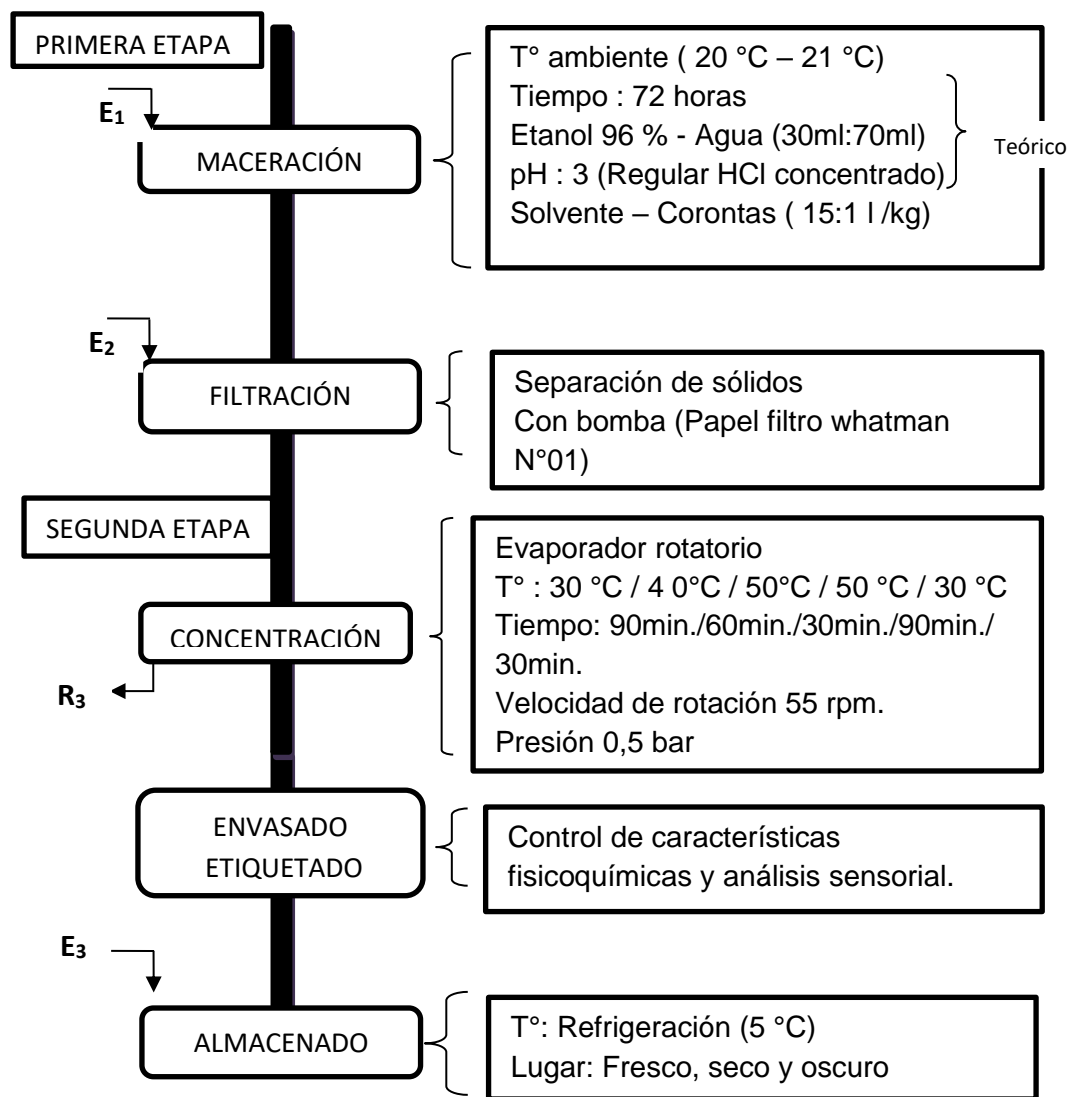


Figura 6. Obtención del extracto hidroalcohólico del maíz morado (Zea Mays L).
Fuente: Elaboración propia (2015)

➤ **Diagrama de flujo para la obtención del extracto hidroalcohólico**

Para la obtención del extracto hidroalcohólico del colorante de maíz morado (antocianina), se utilizó el flujo general de operaciones que se muestra en la Figura 7.





R₃= Residuo del filtrado

E₁=Coronta triturada

E₂= Solvente + coronta triturada

E₃= Envases color ámbar

Figura 7. Flujograma para la obtención del extracto hidroalcohólico del maíz morado (*Zea mays L.*).

Fuente: Elaboración propia (2015)

❖ **Proceso Tecnológico de la Investigación**

Para la obtención de antocianinas se siguió el flujo de diseño procedimental presentado en la figura 6, para lo cual se ejecutaron las siguientes etapas.

a. Recepción

La materia prima (Mazorcas de maíz morado) fue adquirida en el campo del Sector La Joya para garantizar la procedencia de las mazorcas. Se compraron en total 5 kg (Coronta más granos) a un precio de s/.3,20 por kilogramo (Precio chacra).

Se tomó una muestra para determinar el porcentaje de humedad.

b. Selección

Esta operación se realizó manualmente, con el fin de eliminar las mazorcas que presentaban signos de deterioro, posteriormente fueron acondicionadas retirando partículas extrañas y seleccionando las mejores. Se determinó un descenso de 3 % en el peso total de la mazorca.

c. Desgranado

Se sabe que la mayoría de los compuestos antociánicos del maíz morado se encuentran en la coronta y no tanto en los granos siendo relación respectiva de 80%: 20%. El desgranado se realizó en forma manual, separándose el grano de las corontas seleccionadas, quedando así únicamente la coronta libre para la siguiente operación.

d. Secado

Se colocaron trozos del mismo tamaño sobre una bandeja metálica, ubicándolos correctamente para un secado homogéneo, se realizó en una estufa a 38 °C por un periodo de 48 horas. Esta operación tiene por objeto evitar el crecimiento microbiano en la coronta de maíz.

e. Reducción de tamaño

Las corontas fueron sometidas a una reducción de tamaño en un molino manual de granulometría moderadamente gruesa con el objeto de aumentar la superficie de contacto interfacial entre soluto y solvente, y por lo tanto, maximizar la velocidad de extracción.

f. Extracción hidroalcohólica

Esta operación tuvo por finalidad separar las antocianinas de la coronta del maíz morado. En un recipiente se preparó una disolución (Etanol: Agua) – 30ml: 70 ml y se estabilizó el solvente con HCl a pH ácido (pH: 2,5 – 4). A continuación se procedió a incorporar la coronta triturada y se agitó la mezcla. Se dejó macerar en un lugar oscuro por un tiempo de 72 horas haciendo modificaciones a lo recomendado por Stanciuc (2011) a una temperatura ambiente de 20 – 21 °C.

g. Filtración

Se realizó un filtrado a vacío del extracto hidroalcohólico con una presión de trabajo de 0,6 bar. para retener los sólidos que pudieran alterar la extracción al momento de concentrar el extracto. Se utilizó el equipo de filtración al vacío: motor, manguera, matraz kitasato, embudo Büchner con tapón, papel filtro N°1.

h. Concentración

Esta operación tiene por finalidad concentrar y aumentar la eficiencia de extracción, esta operación se realizó en un evaporador rotatorio a diferentes temperaturas (30°C, 40°C, 50°C, 50°C y 30°C) con un tiempo de 90 min., 60 min., 30 min., 90 min. y 30 min, respectivamente.

i. Envasado, etiquetado y almacenado

Los concentrados resultantes fueron embotellados en recipientes opacos y protegidos tanto de la luz como de temperaturas elevadas, mediante refrigeración a 5°C para evitar la degradación, siendo etiquetadas para su reconocimiento. Posteriormente fueron sometidos a evaluaciones sensoriales y fisicoquímicas.

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1. Técnicas aplicadas en la recolección de la información

5.1.1. Recolección de datos

a) En la obtención del colorante natural obtenido del maíz morado.

- **Análisis fisicoquímicos**

- Determinación de pH por medio de un potenciómetro.
- Cuantificación de antocianinas por medio del método pH diferencial (Anexo 1).
- Determinación de fenoles totales.

- **Análisis Sensorial**

- Hoja de evaluación organoléptica – prueba de preferencia y escala hedónica (Anexo 3).

5.1.2. Procesamiento y análisis de datos

- Para interpretar los datos se utilizaron: Medidas estadísticas descriptivas y análisis exploratorio de datos.
- La presentación de los datos se hizo de dos formas: presentación tabular (Tablas) y presentación gráfica (Barras simples) (Anexo 2) – Tabla 10.
- Se utilizó el diseño factorial 2 a la k con 3 puntos centrales y un programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.18) para los cálculos estadísticos de los resultados obtenidos en el laboratorio; para la estadística del análisis sensorial se usó la prueba de preferencia.

5.2. Resultados

5.2.1. Materia prima

- **Humedad inicial:** Se determinó la humedad inicial total de 26.70 %

5.2.2. Obtención del extracto hidroalcohólico de la coronta del maíz morado

a. Preparación de la materia prima

Recolección de maíz morado, selección con el fin de eliminar partes dañadas e impurezas, obteniendo un valor aproximado de 3 % de merma. una vez limpias son desgranadas y colocadas en una estufa para evitar el crecimiento microbiano, secando a una temperatura de 38°C durante 48 horas. La reducción de tamaño se realizó en un molino manual hasta obtener partículas moderadamente gruesas y semifinas.

*Humedad final promedio fué de 14.60 %

b. Preparación del solvente hidroalcohólico

Paso 1: Se preparó el solvente (Etanol: Agua destilada) en proporción 30/70 de acuerdo al peso del soluto (coronta triturada) ha adicionar. Relación solvente: Solute (15 l/Kg). (Anexo 4)

Paso 2: Estabilizar el solvente con HCL concentrado hasta alcanzar un pH ácido (Mayor de 2,5 y menor de 4) agitar y medir pH.

pH inicial = 6,99

pH final = 2,62

T° = Ambiente (20.6°C)

Total solvente estabilizado : 9 008,4 ml

Total solvente estabilizado a usar : 8 150,0 ml

Total solvente a retirar : 858,40 ml

Paso 3:

Macerar: Adicionar los 545 g de coronta molida al solvente, remover y tapar sin exposición a la luz solar, a temperatura ambiente por 03 días, midiendo 1 vez por día el pH para comprobar el medio ácido de la solución; si ocurre un aumento de pH estabilizar la solución utilizando HCL concentrado.

c. Filtrado y concentración del extracto hidroalcohólico

Paso 4:

Filtrar: Cantidad total del filtrado a concentrar = 6 226 ml.

T° Ambiente (20,3 °C)

Tiempo total de filtrado = 7 h 30 min

Presión del filtrado = 0,5 bar

Paso 5: Se concentró el extracto filtrado en un evaporador rotatorio. Se dividió el total a evaporar en partes iguales para realizar cada tratamiento planteado.

Nota: Por defecto solo se concentró 1 200 ml por cada tratamiento.

❖ Tratamiento I

$$T^{\circ} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Theta = 30 \text{ minutos}$$

- Cantidad extracto inicial = 1 200 ml
- Cantidad extracto concentrado final = 1 136 ml
- Cantidad alcohol extraído = 64 ml
- pH extracto concentrado final = 3,5
- Tiempo total de trabajo = 2 horas

❖ Tratamiento II

$$T^{\circ} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Theta = 60 \text{ minutos}$$

- Cantidad extracto inicial = 1 200 ml
- Cantidad extracto concentrado final = 1 195,2 ml
- Cantidad alcohol extraído = 4,8 ml
- pH extracto concentrado final = 3,55
- Tiempo total de trabajo = 4 horas

❖ Tratamiento III

$T^{\circ} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$\Theta = 90 \text{ minutos}$

- Cantidad extracto inicial = 1 200 ml
- Cantidad extracto concentrado final = 1 997 ml
- Cantidad alcohol extraído = 3 ml
- pH extracto concentrado final = 4,5
- Tiempo total de trabajo = 6 horas

❖ Tratamiento IV

$T^{\circ} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$\Theta = 30 \text{ minutos}$

- Cantidad extracto inicial = 1 200 ml
- Cantidad extracto concentrado final = 1 994 ml
- Cantidad alcohol extraído = 6ml
- pH extracto concentrado final = 4,3
- Tiempo total de trabajo = 6 horas

❖ Tratamiento V

$T^{\circ} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$\Theta = 90 \text{ minutos}$

- Cantidad extracto inicial = 1 200 ml
- Cantidad extracto concentrado final = 1 194,6 ml
- Cantidad alcohol extraído = 5,4 ml
- pH extracto concentrado final = 4,2
- Tiempo total de trabajo = 6 horas

Concentración del extracto en un evaporador rotatorio con una presión de 0,6 bar.

d. Lectura en el espectrofotómetro.

Paso 6: Lectura de los tratamientos realizado a 02 días de su obtención en un espectrofotómetro de UV-VISIBLE, se tomó 40 ml de cada muestra. Cuantificación de antocianinas por medio del método por diferencia de pH (Anexo N°1).

En la figura 8 se observa algunas muestras obtenidas del proceso de concentración acondicionadas por diferencia de pH para sus lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro.

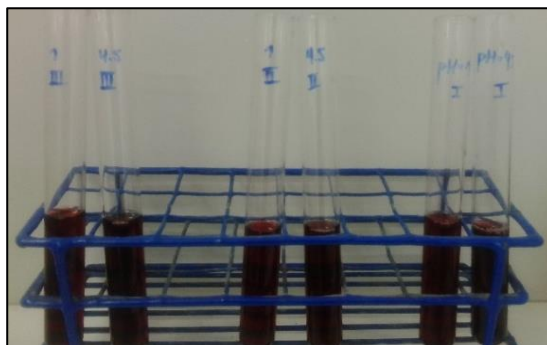


Figura 8. Muestras tratadas para las lecturas espectrofotométricas.

Fuente: Elaboración propia (2015)

5.2.3. Determinación de fenoles: Método Folin - Ciocalteu

➤ **Preparación de carbonato de sodio al 20%.**

La solución se preparó un día antes de la lectura espectrofotométrica. En un tubo de ensayo se diluyeron 2 g de carbonato de sodio anhidro en 8 ml de agua destilada, se llevó a ebullición y se enfrió al finalizar. Se cubrió el tubo para evitar la exposición a la luz y al aire. Se dejó reposar 24 horas a temperatura ambiente; luego de lo cual se filtró y enrazó hasta completar 10 ml.

➤ **Preparación de solución stock de ácido tánico (0,1 mg/ml)**

Se pesaron 25 mg de ácido tánico y se los disolvió en 25 ml de agua destilada (solución primaria de ácido tánico). Se tomó una alícuota de 1 ml, aforando a 10 ml de agua destilada en un tubo

de ensayo, de este modo se obtuvo la solución stock. Es importante resaltar que esta solución se debe usar lo más fresca posible, por lo que es preferible prepararla al instante ya que si se mantiene conservada, al momento de su aplicación no tendrá reacción cuando se le adicione el reactivo Folin - Ciocalteu.

➤ **Preparación de la curva de calibración de ácido tánico**

Este procedimiento se debe llevar a cabo en un ambiente con poca luz. Se requerirán 6 tubos de ensayo de preferencia pequeños; ya que los volúmenes de reactivos a adicionar están establecidos en microgramos; estos tubos estarán a su vez cubiertos con papel para evitar la reacción del ácido tánico con la luz. Terminada la preparación de tubos para la curva de calibración, se repite el procedimiento reemplazando el ácido tánico por el EFHO; para ello, en un tubo de ensayo se agrega los volúmenes indicados en la tabla 6, referente al EFHO. Luego de haber añadido los volúmenes indicados de reactivos se deja reposar por 2 h. Para la lectura en el espectrofotómetro a 725 nm, se utilizaron cubetas de plástico de 1 mm de paso óptico,

en las cuales se colocó el contenido de cada uno de los tubos de ensayo.

5.2.4. Análisis fisicoquímico

En la tabla 10 se presenta la lectura de las absorbancias obtenidas en el espectrofotómetro por el método de diferencia de pH.

Tabla 10. Lecturas de las absorbancias de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Proceso		Abs. pH = 1		Abs. pH= 4,5		* ΔA
	°C	min	510 nm	700 nm	510 nm	700 nm	AU
T1	50	30	3,62	0,29	3,04	0,18	0,47
T2	40	60	3,53	0,12	2,88	0,10	0,62
T3	30	90	3,68	0,23	2,94	0,15	0,66
T4	30	30	3,46	0,09	2,99	0,11	0,48
T5	50	90	3,67	0,11	3,05	0,12	0,63
T6	40	60	3,54	0,12	2,88	0,09	0,62
T7	40	60	3,54	0,12	2,89	0,09	0,62

* Cambio de Absorvancia

$$\Delta A = (\text{Abs } 510 \text{ nm} - \text{Abs } 700 \text{ nm}) \text{ pH } 1 - (\text{Abs } 510 \text{ nm} - \text{Abs } 700 \text{ nm}) \text{ pH } 4,5$$

Tabla 11. Puntos centrales

Temperatura	30 (-)	40 (o)	50 (+)
Tiempo	30 (-)	60 (o)	90 (+)

Temperatura	-	+	-	+	0	0	0
Tiempo	-	-	+	+	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla 12 se presenta reactivos y volúmenes para determinar la curva de calibración y para la muestra de extracto fenólico de la coronta del maíz morado.

Tabla 12. Reactivos y volúmenes para determinar la curva de calibración y para la muestra de extracto fenólico.

	Tubo	µl de solución stock Ác. Tánico 0,1 mg/ml	Agua destilada (µl)	Reactivo Folin - Ciocalteu (µl)	Solución Na₂CO₃ (µl)
Curva de calibración	Blanco	0	500	250	1 250
	1	20	480	250	1 250
	2	40	460	250	1 250
	3	60	440	250	1 250
	4	80	420	250	1 250
	5	100	400	250	1 250
Extracto hidroalcohólico	M	500	0	250	1 250

Nota: M =Extracto

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la cuantificación de antocianinas totales para la muestra T3 fue 2 001,84 mg de Acys/100 g coronta, los resultados de fenoles totales para dicha muestra fue de (40,584 mg GAE/g).

5.2.5. Análisis organoléptico

La información recolectada a través de los cuestionarios fueron digitadas en una computadora con el programa Excel 2010 en forma de puntaje en una matriz como se muestra en el Anexo 5 y Anexo 6. Los puntajes de calificación fueron: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, siendo 1 la menor calificación y 7 la mayor.

5.3. Discusión de resultados

5.3.1 Análisis fisicoquímico

La tabla 13 muestra el diseño Factorial en donde se analiza los efectos de 2 factores en 7 corridas.

Tabla 13. Atributos del Diseño

Factorial 2 ² con 3 puntos centrales			
Número de factores experimentales		2	
Número de corridas		7 incluyendo 3 ptos centrales por bloque	
Grados de libertad para el error		3	
Factores	Bajo	Alto	Unidades
Temperatura	30,0	50,0	°C
Tiempo	30,0	90,0	MIN

Fuente: Elaboración propia (2015)

En esta tabla 14 se muestra las estimaciones para cada uno de los efectos dados y las interacciones. Igualmente se muestran los intervalos de confianza del 90 % para los estimados.

Se nota también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1,0. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1.

Intervalos de confianza del 90% de confianza (intervalos) basados en el error total con 3 g.l. ($t = 2,35338$).

Tabla 14. Efectos estimados para antocianinas totales (mg/100 g)

Respuestas		Unidades	
Antocianinas totales		mg /100 g	
Efecto	Estimado	Int. Confianza	V.I.F.
Promedio	1780,91	+/- 120,237	
A: temperatura	-64,6822	+/- 318,117	1,0
B: tiempo	510,839	+/- 318,117	1,0
AB	-19,5551	+/- 318,117	1,0

Fuente: Elaboración propia (2015)

En el anexo 8 se muestra un análisis de varianza para antocianinas totales vs tiempo y temperatura donde se designa la variabilidad de antocianinas totales en piezas separadas para cada uno de los efectos, entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efecto tienen un valor-P menor que 0,1; indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 90 %.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 82,88% de la variabilidad en antocianinas totales. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 65,77%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 135,17. El error medio absoluto (MAE) de 87,55 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Debido a que el valor - P es menor que 10 %, hay una indicación de posible correlación serial al nivel de significancia del 10 %.

En la Figura 9 se observa la influencia de los factores sobre las antocianinas totales obtenidas. Existe una significancia estadística del factor tiempo en la extracción de antocianinas totales.

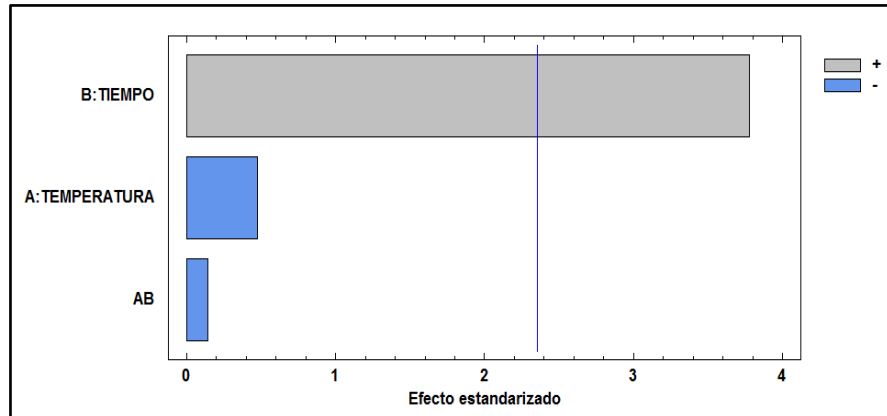


Figura 9. Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración propia (2015).

Según la Figura 10 de efectos principales, existe una proporcionalidad directa entre la relación tiempo y el contenido de antocianinas totales extraídas, este último es inversamente proporcional con respecto a la temperatura de extracción.

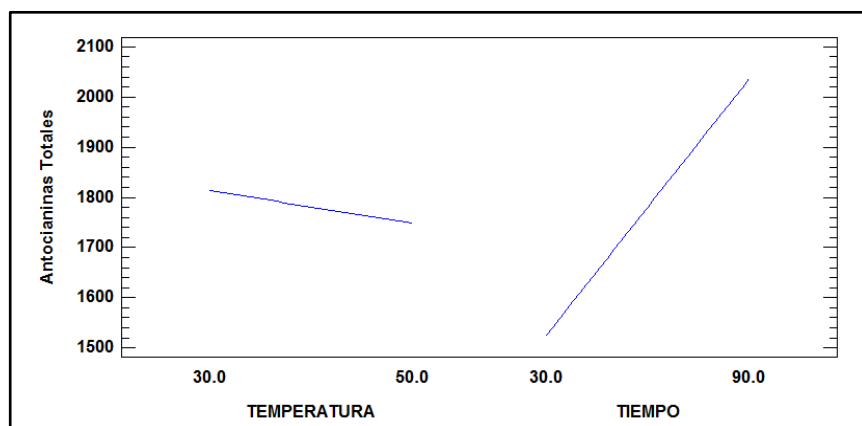


Figura 10. Efectos principales para obtención de antocianinas totales.

Fuente: Elaboración propia (2015)

La tabla 15 contiene información acerca de los valores de antocianinas totales generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- (1) Los valores observados de antocianinas totales.
- (2) El valor predicho de antocianinas totales usando el modelo ajustado
- (3) Intervalos de confianza del 95 % para la respuesta media

Promedio de 3 puntos centrales = 1 883,06

Promedio de las predicciones del modelo al centro = 1 780,91

Tabla 15. Resultados estimados para antocianinas totales

	Observados	Ajustados	Inferior 95 %	Superior 95 %
Fila	Valores	Valores	para Media	para Media
1	1471,45	1548,05	1141,57	1954,54
2	1426,32	1502,93	1096,44	1909,41
3	2001,84	2078,45	1671,96	2484,94
4	1917,60	1994,21	1587,72	2400,70
5	1887,82	1780,91	1618,32	1943,51
6	1882,40	1780,91	1618,32	1943,51
7	1878,94	1780,91	1618,32	1943,51

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la Figura 11, muestra que para un mismo valor de temperatura, las antocianinas totales extraídas son superiores al emplear el tiempo de 90 minutos. Para igual tiempo se obtienen mayores valores de Antocianinas Totales con una temperatura de extracción de 30 grados Celsius. Se obtiene un mayor contenido de

antocianinas totales con los niveles más bajos de ambos factores (30 °C y 90 min), que con los niveles más altos (50 °C y 30 min).

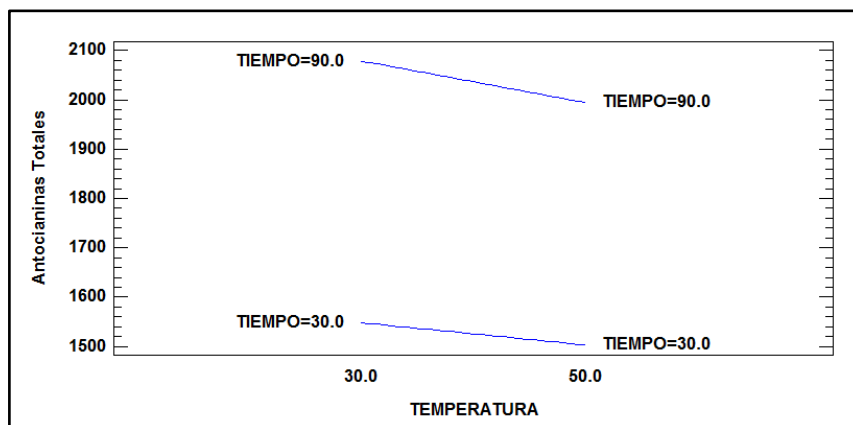


Figura 11. Interacción para antocianinas totales.
Fuente: Elaboración propia (2015).

Esta tabla 16 se muestra la combinación idónea de los niveles de los factores temperatura y tiempo, la cual maximiza antocianinas totales hasta llegar a un valor óptimo de 2078,45 mg/l.

Tabla 16. Maximización de los factores.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Temperatura	30,0	50,0	30,0
Tiempo	30,0	90,0	90,0

Fuente: Elaboración propia (2015)

En la figura 12 se muestra el gráfico de superficie de respuesta, donde el mayor valor de antocianinas totales es con el tiempo de extracción de 90 minutos y una temperatura de 30° es de 2 001,84 mg de Acys/100 g.

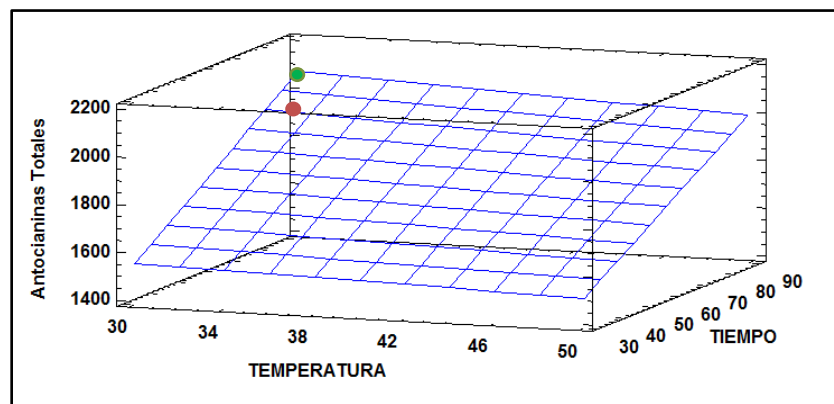


Figura 12. Superficie de respuesta estimada.
Fuente: Elaboración propia (2015)

- Cantidad de antocianinas totales obtenidas (2 001,84 mg de Acys/100 g).
- Cantidad de antocianinas totales maximizando factores (2 078,45 mg de Acys/100 g).

CONCLUSIONES

1. Se concluye que 90 minutos y 30 grados Celsius es el tiempo y temperatura óptimas de concentración durante la extracción de antocianinas a base de la coronta del maíz morado. A mayor temperatura se puede extraer rápidamente compuestos antociánicos pero, sin un control de tiempo el colorante puede llegar a descomponerse. A elevadas temperaturas el colorante sufre una degradación; va tomando una coloración marrón.
2. El extracto de la coronta del maíz morado variedad arequipeña que presentó una mayor concentración de antocianinas totales fue del tratamiento 3 con 2 001,83 mg de Acys/100 g.
3. En aceptabilidad sensorial de acuerdo al color se obtuvo que la preferencia promedio fue : Muestra 3 (22%), Muestra 5 (22%) , Muestra 4 (20%), Muestra 2 (11%), Muestra 1 (10%) , Muestra 6 (9%) y Muestra 7 (6%) según figura 14 (Anexo 9), lo que concluye una igualdad entre el tratamiento 3 (T3) de temperatura 30 °C y un tiempo de 90 min con el tratamiento 5 (T5) de temperatura 50°C y un tiempo de 90 min. En aceptabilidad de acuerdo al sabor se obtuvo

que la preferencia promedio fue: Muestra 1 (22%), Muestra 5 (23%), Muestra 6 (15%), Muestra 7 (15%), Muestra 2 (14%), Muestra 3 (6%) y Muestra 4 (5%), según figura 16 (Anexo 10) que concluye que el tratamiento 5 (T5) fue el que obtuvo un sabor concentrado, variando con la parte cuantitativa.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda trabajar con las demás variedades de maíz morado y en diferentes épocas el año para poder comparar el contenido de colorante antociánico presentes en cada variedad.
2. Evitar trabajar con corontas de cosechas anteriores y/o demasiadas duras pues esto dificultará el proceso de maceración evitando un adecuado mecanismo de osmosis lo cual tendrá una influencia significativa en el contenido final de antocianinas.
3. Se recomienda analizar por cromatografía el extracto obtenido para determinar específicamente los componentes antociánicos presentes, contribuyendo al complemento de esta investigación.
4. Trabajar en otro tipo de presentación del colorante como es en polvo por medio de la atomización, para obtener diferencias entre el colorante líquido y el polvo en cuanto al rendimiento en coloración y uso.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABRAHAM MARCUS (1981). The biochemistry of plants. Philadelphia, Pennsylvania. Editorial Academicpress, volumen 6.
- ADAMS (1973). the degradation of anthocyanins in canned strawberries I. The effect of various processing parameters on the retention of pelargonodon-3-glucoside. International Journal of Food Science & Technology
- Apoyo al Programa Estratégico Nacional de Exportaciones (PENX 2003-2013). Estudio de mercado del Ajo, Cebolla, Alcachofa, Aceituna y Maíz Morado. Código: 1.2.1.5.E1.
- ARAUJO VARGAS, M. (1995). Estudio de la extracción del colorante del maíz morado (*Zea mays L.*) con el uso de enzimas. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE.
- ARIAS, M. (1958). Proyecto de una planta de maíz morado en Lima.(Tesis para optar el título de Ingeniero Químico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, PE.
- BADUI, S. (1999). Química de los alimentos. Editorial Longman. México.

- BRISTHAR LABORATORIOS (2001). Empresa destinada a atender un mercado de materias primas para la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia. Recuperado de: <http://www.bristhar.com.ve/>
- CABEZUDO, G. (1973). Extracción de Colorantes a partir de Achiote. (Tesis para optar el título de Ing. en Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE.
- DEMANDA DEL MAÍZ MORADO. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos39/demanda-maiz-morado-shtml>.
- ESPECTROFOMETRÍA: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Nieves Abril Díaz, 2014. Recuperado de http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
- FENNEMA, O. R. (2000). Química de los alimentos, Segunda Edición. Zaragoza. Editorial Acribia. España
- FERNANDEZ, N.A.(1995). Extracción y pre -purificación de antocianinas de maíz morado.(Tesis para optar el título de Ing. en Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE.
- FERNANDEZ. J. (1977). Determinación de antocianinas en el maíz morado. (Tesis para optar el título de Ing. Químico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, PE.

- FUENTES, M. (2002). El Cultivo del Maíz en Guatemala. Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas -ICTA- Sub Programa de Maíz-Guatemala. 45 Págs.
- HRAZDINA, G. (1982). Reaction of Anthocyanin in Food Products. Lebensmittel - Wissenschaft&Technologie.
- GIUSTI, M. y WROLSTAD, R. 2001. "Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems". Biochemical Engineering Journal. Vol. 14, Issue 3, pp. 217 - 225.
- LOCK, S. (1997). Colorantes naturales. 1ra Edición. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. 274 pp. Perú
- MALASPINA, H. (2003). El maíz morado. Argentina. Revista Digital Auto-suficiencia.
- MALDONADO, S. (2002). Colorantes naturales cobran fuerza como productos sanos. Seminario, México.
- MARTÍNEZ (2009). El maíz en el Perú. Lima. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Perú
- NATURAL PRODUCTOS FROM PERU - MAÍZ MORADO de Recuperado de: <http://www.inkanatural.com/es/arti.asp?ref=maiz-morado>

- QUISPE A, HUERTA C, CASTRO N, ESPINOZA y FALCON P. (2006) Extracción del colorante a partir de la coronta de maíz morado por el método de lixiviación. Revista Científica UNASAM. Vol. 06.
- RICARD BOQUÉ, ALICIA MAROTO - EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA) - Comparación de múltiples poblaciones
Recuperado de: <http://rodi.urv.es/quimio/general/anovacast.pdf>
- SALINAS YOLANDA, RUBIO DAVID y DÍAZ ANTONIO.(2005). Extracción y uso de pigmentos del maíz (*Zea mays L*) como colorantes en yogur. (Tesis para optar el título de ing. Agroindustrial). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, MEX.
- SEVILLA, R. Y VALDEZ, A. (1985). Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Lima. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX). Lima, Perú. 46 Págs.
- SHRINKANDE, A. (1976). Anthocyanins in foods. Rev. Food Sci. Nutr.7.193-217
- SIERRA EXPORTADORA. ANTOCIANINAS DEL MAÍZ MORADO.
Recuperado de http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil_comercial/ANTOCIANINA%20DE%20MAIZ%20MORADO.pdf
- SOLID PERÚ: Martha Risco Mendoza. Conociendo la cadena productiva del Maíz morado. Recuperado de

<http://www.solidinternational.ch/wp-content/themes/solid/sources/img/Conociendo-la-cadena-productiva-del-maiz-morado-en-Ayacucho1.pdf>

- STARR, M.S. Y FRANCIS, F.J. (1973). Effect of metallic ions on color and pigment content of Cranberry juice cocktail. *J. Food Sci.*
- TAKHTAJAN, A. (1980). Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). *New York. Estados Unidos. 46: 225-226, 316-318. The Botanical Review.*
- WROLSTAD, R.E. Y ERLANDSON, J.A. (1973). Effect of metal ions on the color of strawberry puree, *J. Food Sci.*, 38: 460
- YUFERA, E.P. (1979). *Química agrícola III. Alimentos. España. Ed. Alhambra S.A. 1ª ed.*
- ZAPATA, S. (1996). *Colorantes naturales. Exportación de productos Procesados. Lima. - Perú. 83: 40 - 43. Agro enfoque.*

ANEXOS

Anexo 1

Método para la determinación del contenido de antocianinas totales (Acys)

El método utilizado para determinar antocianinas según lo descrito por Giusti y Wroslad (2001), citado por Arilmi Gorriti y otros "EXTRACTOS DE ANTOCIANINAS DE CORONTAS DE *Zea mays L.*"

Contenido de antocianinas (mg/l)

$$\text{Total antocininas} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{\text{A} \times \text{PM} \times \text{fd} \times 1000}{\text{E} \times \text{L}}$$

Donde:

A = (A510 – A700)_{ph1} – (A510 – A700)_{pH4} (Ver Tabla 10)

PM= peso molecular 449,2 g/mol para cianidina -3-glucosido

FD= factor de dilución

L= longitud de paso de la cubeta cm

E= coeficiente de extinción molar 26900 para cianidina -3-glucosido

1000 = factor de conversión de mg a gramos

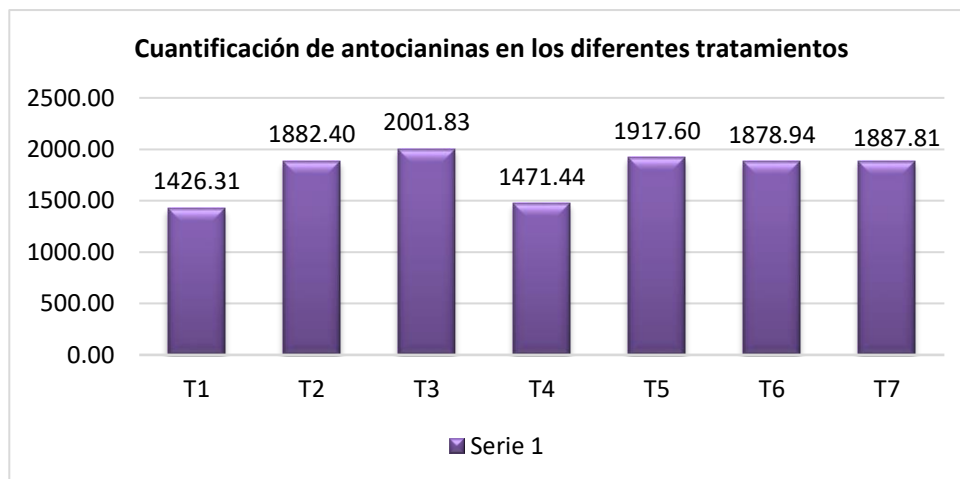
Anexo 2

Cuantificación de antocianinas en los diferentes tratamientos expresado en mg de Acys/100 g.

Tratamiento	PROCESO		ACYS TOTALES * (mg de Acys/100 g)
	TEMPERATURA	TIEMPO	
T4	30	30	1 471,44
T1	50	30	1 426,31
T3	30	90	2 001,83
T5	50	90	1 917,60
T2	40	60	1 882,40
T6	40	60	1 878,94
T7	40	60	1 887,81

*Acys o también antocianinas totales, cuantificación de antocianinas

Fuente: Elaboración Propia (2015)



Fuente: Elaboración Propia (2015)

Anexo 3

Hoja de evaluación organoléptica - prueba de preferencia simple por ordenación

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Frente a Usted hay 7 muestras de yogurt, que usted debe ordenar en toma descendente (de mayor a menor) de acuerdo a su preferencia en cuanto a la característica de color y sabor.

- Cada muestra debe llevar un orden diferente, dos muestras no deben tener un mismo orden.

DE ACUERDO AL COLOR	DE ACUERDO AL SABOR
<p style="text-align: center;"><u>MUESTRA</u></p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p> <p>4. _____</p> <p>5. _____</p> <p>6. _____</p> <p>7. _____</p>	<p style="text-align: center;"><u>MUESTRA</u></p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p> <p>4. _____</p> <p>5. _____</p> <p>6. _____</p> <p>7. _____</p>

COMENTARIOS:

MUCHAS GRACIAS!

Fuente: Elaboración propia (2015)

Anexo 4

Cálculos para la Preparación del solvente hidroalcohólico

Peso de la coronta del maíz morado molido = 545 g

15 Litros ----- 1 000 g

X ----- 545 g

X = 8 175 ml solvente

100 ml solvente ----- 70 ml de A. destilada

8 175 ml solvente ----- X

X= 5 723 ml de A. destilada para adicionar

100 ml solvente ----- 30 ml de alcohol de 96°

8 175 ml solvente ----- X

X= 2 452 ml de alcohol de 96° para adicionar

Anexo 5

Análisis estadísticos de acuerdo al color

- Clasificación hedónica mediante la prueba de preferencia de acuerdo al Color

		K: Muestras						
Panelistas		σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7
n	1	1	4	6	5	7	2	3
	2	4	3	7	6	5	2	1
	3	4	3	7	5	6	1	2
	4	1	4	5	6	7	3	2
	5	3	2	7	5	6	4	1
	6	5	3	7	6	4	2	1
	7	3	2	7	5	6	4	1
	8	2	3	5	6	7	1	4
	9	2	4	5	6	7	3	1
Suma		25	28	56	50	55	22	16
\bar{x}_k		2,78	3,11	6,22	5,56	6,11	2,44	1,78
n_k		9	9	9	9	9	9	9
Media aritmética de todos los resultados							\bar{x}_{tot}	4
Número total de resultados							N	63

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- Suma de cuadrados entre muestras para la preferencia de acuerdo al Color

k	1	2	3	4	5	6	7
	13,44	7,11	44,44	21,77	40,11	21,77	44,44
	SSlab						193,11

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- Suma de cuadrados dentro muestras para la preferencia de acuerdo al Color

		K						
		1	2	3	4	5	6	7
j	1	3,16	0,79	0,04	0,30	0,79	0,19	1,49
	2	1,49	0,01	0,60	0,19	1,23	0,19	0,60
	3	1,49	0,01	0,60	0,30	0,01	2,08	0,04
	4	3,16	0,79	1,49	0,19	0,79	0,30	0,04
	5	0,04	1,23	0,60	0,30	0,01	2,41	0,60
	6	4,93	0,01	0,60	0,19	4,45	0,19	0,60
	7	0,04	1,23	0,60	0,30	0,01	2,41	0,60
	8	0,60	0,01	1,49	0,19	0,79	2,08	4,93
	9	0,60	0,79	1,49	0,19	0,79	0,30	0,60
		SSR						58,88

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Anexo 6

Análisis estadísticos de acuerdo al sabor

- Prueba de preferencia de acuerdo al sabor

		K : Muestras						
Panelistas		σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7
n	1	7	3	1	2	6	5	4
	2	4	3	2	1	7	6	5
	3	6	5	2	1	7	4	3
	4	7	5	1	2	6	4	3
	5	6	5	2	1	7	4	3
	6	7	3	1	2	6	4	5
	7	7	4	1	2	6	3	5
	8	6	3	2	1	7	5	4
	9	6	4	2	1	7	3	5
Suma		56	35	14	13	59	38	37
\bar{x}_k		6,22	3,89	1,56	1,44	6,56	4,22	4,11
n_k		9	9	9	9	9	9	9
Media aritmética de todos los resultados							\bar{x}_{tot}	4
Número total de resultados						N	63	

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- Suma de cuadrados entre muestras para la preferencia de acuerdo al Sabor

k	1	2	3	4	5	6	7
	348,44	136,11	21,77	18,77	386,77	160,44	152,11
	SSlab						1 224,44

Fuente: Elaboración Propia (2015)

- Suma de cuadrados dentro muestras para la preferencia de acuerdo al Sabor.

		k						
		1	2	3	4	5	6	7
j	1	29,64	2,41	30,86	4,93	3,56	25	16
	2	5,97	2,41	20,75	10,38	8,34	36	25
	3	19,75	12,64	20,75	10,38	8,34	16	9
	4	29,64	12,64	30,86	4,93	3,56	16	9
	5	19,75	12,64	20,75	10,38	8,34	16	9
	6	29,64	2,41	30,86	4,93	3,56	16	25
	7	29,64	6,53	30,86	4,93	3,56	9	25
	8	19,75	2,41	20,75	10,38	8,34	25	16
	9	19,75	6,53	20,75	10,38	8,34	9	25
						SSR	946,11	

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Anexo 7

Expresiones para el cálculo de ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	F_{cal}
Entre laboratorios	$SS_{lab} = \sum_{k=1}^K n_k (\bar{x}_k - \bar{\bar{x}})^2$	$K - 1$	$MS_{lab} = \frac{SS_{lab}}{K - 1}$	$F = \frac{MS_{lab}}{MS_R}$
Dentro de los laboratorios	$SS_R = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{n_k} (x_{kj} - \bar{x}_k)^2$	$N - K$	$MS_R = \frac{SS_R}{N - K}$	
Total	$SS_T = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{n_k} (x_{kj} - \bar{\bar{x}})^2$	$N - 1$	$MS_T = \frac{SS_T}{N - 1}$	

Donde:

K: Número de muestras

N: Número total de resultados

Fuente: Ricard Boqué, Alicia Maroto - El Análisis De La Varianza (Anova) - Comparación de Múltiples Poblaciones.

Anexo 8

Análisis estadísticos para ANOVA

- Análisis de Varianza para antocianinas totales vs tiempo y temperatura

	Σ Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:temperatura	4 183,90	1	4 183,79	0,23	0,66
B:tiempo	260957	1	260957	14,28	0,03
AB	382,40	1	382,402	0,02	0,89
Error total	54 816,30	3	18 272,10		
Total (corr.)	320339	6			

Fuente: Elaboración propia (2015)

R-cuadrada = **82,88%**

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **65,77%**

Error estándar del est. = **135,17**

Error absoluto medio = **87,55**

Estadístico Durbin-Watson = 0,61 (P=**0,06**)

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Antocianinas totales} = 1\,321,22 - 1,2786 \cdot \text{Temperatura} + 9,81766 \cdot \text{Tiempo} - 0,0325918 \cdot \text{Temperatura} \cdot \text{Tiempo}$$

Anexo 9

Análisis organoléptico de acuerdo al color

Tabla 17. Análisis de varianza de acuerdo al Color

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado	Probabilidad	Valor crítico para F	valor f- tabla
Entre grupos	193,11	6	32,18	30,60	0,00	2,27	2,27
Dentro de los grupos	58,88	56	1,05				
Total	252	62					

*Calculado al 0,05

Fuente: Elaboración propia (2015)

El F – calculado es mayor que el F- tabla entonces la característica de color tiene un nivel SIGNIFICATIVO en la preferencia del colorante.

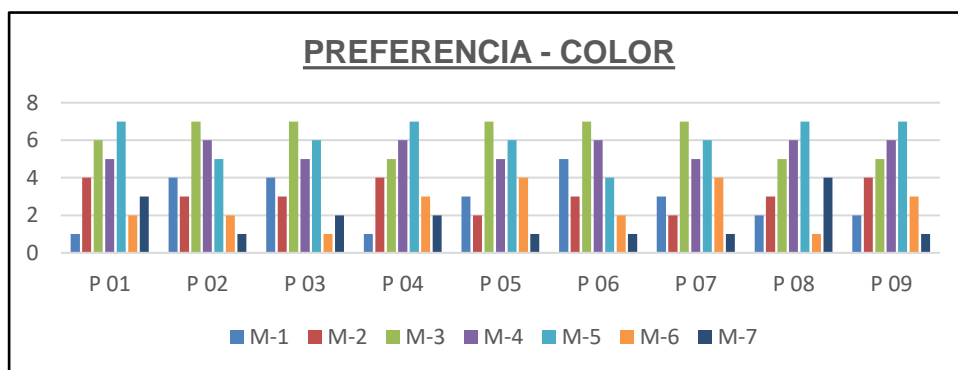


Figura 13. Preferencia individual de acuerdo al color.

Fuente: Elaboración propia (2015).

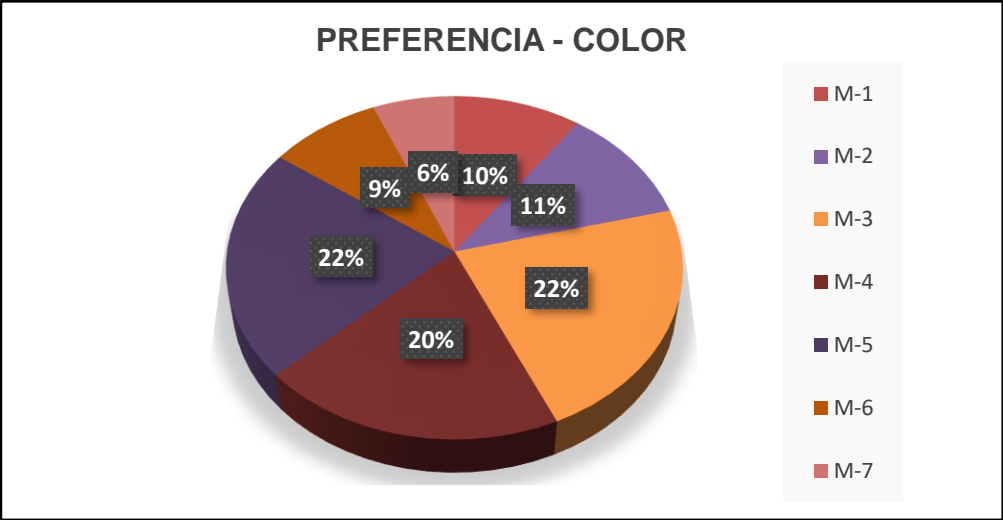


Figura 14. Porcentaje de preferencia de acuerdo al color.
Fuente: Elaboración propia (2015).

Anexo 10

Análisis organoléptico de acuerdo al sabor

Tabla 18. Análisis de varianza de acuerdo al Sabor

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado	Probabilidad	Valor crítico para F	valor f-tabla
Entre grupos	1 224,44	6	204,07	12,07	0,00	2,27	2,27
Dentro de los grupos	946,11	56	16,89				
Total	2 170,55	62					

*Calculado al 0,05

Fuente: Elaboración propia (2015)

El F - calculado es mayor que el F-tabla entonces la característica de sabor tiene un nivel SIGNIFICATIVO en la preferencia del colorante.

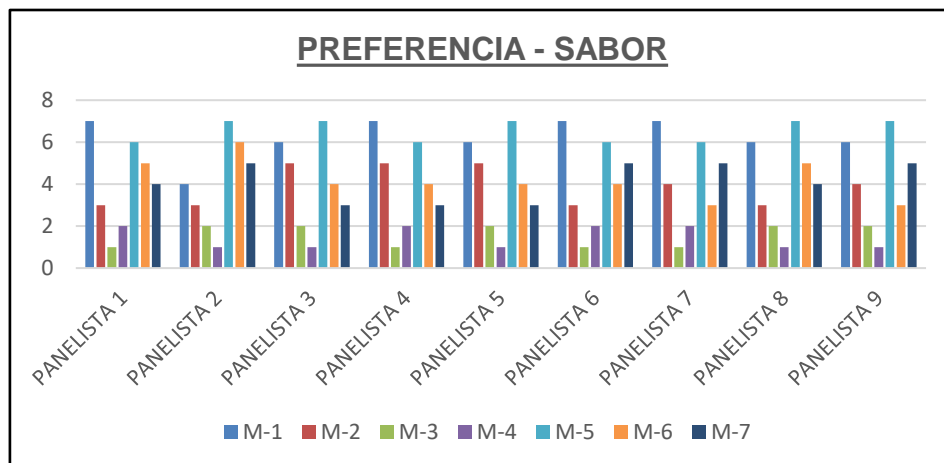


Figura 15. Preferencia individual de acuerdo al Sabor.

Fuente: Elaboración propia (2015)

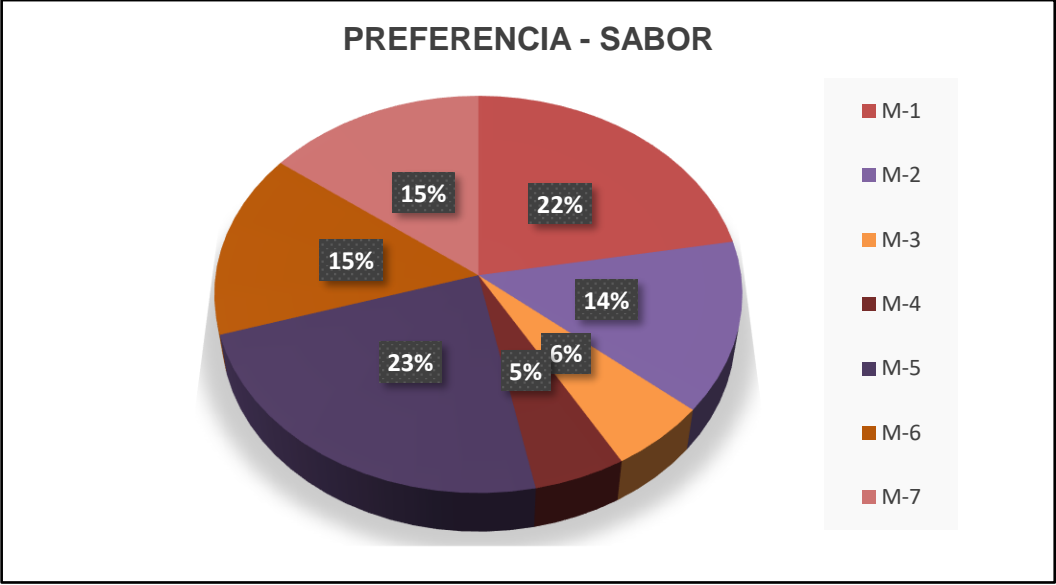


Figura 16. Porcentaje de preferencia de acuerdo al Sabor.
Fuente: Elaboración propia (2015)

Anexo 11

Solicitud de uso del laboratorio para el desarrollo de los análisis

03 SEP 2015
E.S.P.

**SOLICITO: USO DEL LABORATORIO DE PESQUERIA
PARA EJECUCION DE TESIS**

SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE PESQUERIA

Yo, ADRIANA XIMENA VELARDE
CARDENAS con DNI 70437459 y código de
matricula 2007-30555; bachiller de la Escuela
Académica profesional de Ingeniería en
Industrias Alimentarias expongo lo siguiente.

Que habiendo sido aprobado el perfil de tesis titulado
"Determinación de parámetros tecnológicos para la obtención por evaporación de
antocianinas a base de un extracto hidroalcohólico de coronta de maíz morado (*Zea mays l.*)
var. arequipeño" y obteniendo una resolución de facultad N°2587-2015-FCAG concediendo la
ejecución del mismo solicito el uso del laboratorio de la Escuela Académica Profesional de
Pesquería para poder realizar la etapa experimental de la tesis y así poder proseguir con el
desarrollo de la misma.

POR LO EXPUESTO;

Ruego a Ud acceder a mi solicitud.

ADJUNTO:

Recibo de pago por derecho de uso del laboratorio.

Tacna; 03 de Setiembre del 2015



ADRIANA XIMENA VELARDE CARDENAS
D.N.I 70437459

Anexo 12

Constancia de utilización del laboratorio para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos.

CONSTANCIA

El que suscribe, Jefe del Laboratorio de Tecnología Pesquera **hace constar** que la srta. Bachiller de la Escuela Académica de Industrias Alimentarias **ADRIANA XIMENA VELARDE CÁRDENAS** ha realizado los respectivos ensayos de su Trabajo de Tesis titulado **“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN POR EVAPORACIÓN DE ANTOCIANINAS A BASE DE UN EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE CORONTA DE MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.) VARIEDAD AREQUIPEÑO”**.

Se expide el presente documento para los fines pertinentes del interesado.

Tacna , 18 de diciembre del 2015.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hector', written over a horizontal dotted line.

Ph.D Hector Rodríguez Papuico
Jefe del Laboratorio de Tecnología Pesquera

Anexo 13

Fotos del proceso

A) Preparación de la materia prima



Coronta seca del maíz morado
triturado en granulometría gruesa

B) Preparación del solvente hidroalcohólico



Adición de Agua y Etanol

Solvente pH estabilizado

Adición del soluto en el extracto hidroalcohólico



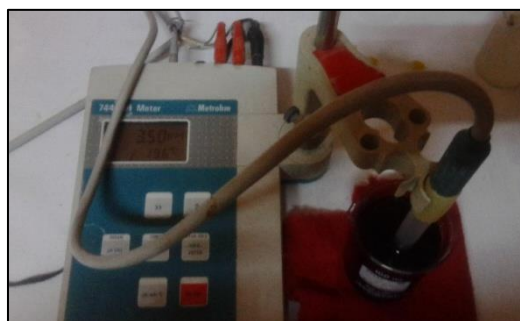
C) Filtrado y concentración del extracto



Filtrado al vacío

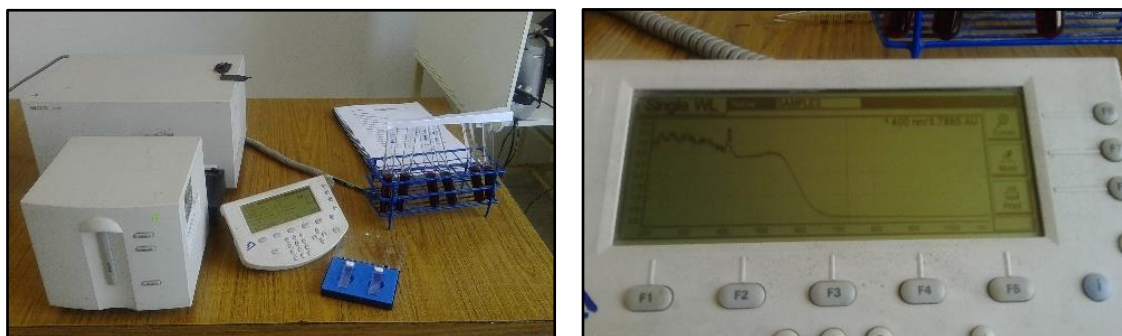


Concentración del extracto



Medición del pH del extracto concentrado

D) Análisis Físico químicos



Equipo Espectrofotómetro

E) Envasado



Extracto hidroalcohólico concentrado
Muestras tratadas