



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINA A PARTIR DE MAÍZ
MORADO (*Zea mays L*) PARA SER UTILIZADO COMO
ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA”**

PRESENTADO POR:

BACH. VILMER MICHEL HERNÁNDEZ LINARES

ASESORADO POR:

ING. JAMES GUERRERO BRACO

Lambayeque - Perú

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINA A PARTIR DE MAÍZ
MORADO (Zea mays L.) PARA SER UTILIZADO COMO
ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA”**

PRESENTADO POR:

BACH. VILMER MICHEL HERNÁNDEZ LINARES

ASESORADO POR:

ING. JAMES GUERRERO BRACO

Lambayeque - Perú

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINA A PARTIR DE MAÍZ
MORADO (Zea mays L) PARA SER UTILIZADO COMO
ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA”**

APROBADO POR:

ING. ENRIQUE MANUEL MONTEJO PINILLOS
PRESIDENTE

M. Sc. RONALD GUTIERREZ MORENO
SECRETARIO

ING. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE
VOCAL

ING. JAMES GUERRERO BRACO
ASESOR

Lambayeque - Perú

2016

DEDICATORIA

De forma muy especial a mis padres Vilmer y María, por ser el pilar fundamental de mi vida, por estar conmigo en todo momento, gracias por brindarme todo su amor y creer en mí.

A mi hermana Maritza por su apoyo incondicional, por tus consejos y por demostrarme tu fortaleza como ejemplo a seguir.

A mi sobrino Alexis, sabes que te quiero mucho y siempre te daré lo mejor para así logres todos tus anhelos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres por el esfuerzo que han hecho para que se realicen mis sueños, por ser siempre la fuente de confianza y formar realmente un núcleo en mi vida.

Mil gracias a mi Universidad y a todas las personas que laboran en ella, porque durante este proceso de aprendizaje han sido los mejores.

A todos los mencionados anteriormente, agradecerles de todo corazón por haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean. Los quiero mucho y nunca los olvidaré.

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| I. | RESÚMEN..... | 2 |
| II. | INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| III. | BASE TEÓRICA..... | 5 |
| | 3.1 MAÍZ MORADO (<i>Zea mays</i> L.)..... | 5 |
| | 3.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN..... | 5 |
| | 3.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA | 6 |
| | 3.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA..... | 6 |
| | 3.1.4 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA..... | 7 |
| | 3.1.5 EXIGENCIAS AGROECOLÓGICAS DEL CULTIVO | 8 |
| | 3.1.6 LABORES CULTURALES:..... | 9 |
| | 3.1.7 VARIEDADES DE MAÍZ MORADO..... | 12 |
| | 3.1.8 VARIEDADES MEJORADAS..... | 14 |
| | 3.1.9 CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS | 14 |
| | 3.1.10 COMPOSICIÓN QUÍMICA..... | 15 |
| | 3.1.11 USOS | 16 |
| | 3.1.12 MAIZ MORADO EN EL PERÚ | 16 |
| | 3.2 COMPUESTOS FENÓLICOS | 19 |
| | 3.2.1 ANTOCIANINA | 19 |
| | 3.2.2 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS | 24 |
| | 3.2.3 ANTOCIANINA COMO COLORANTE Y ANTIOXIDANTE | 25 |
| | 3.2.4 PROPIEDADES..... | 27 |
| | 3.2.5 EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS..... | 28 |
| IV. | MATERIALES Y MÉTODOS | 30 |
| | 4.1 EXTRACCIÓN DEL COLORANTE | 30 |
| | 4.1.1 Material Requerido..... | 30 |
| | 4.1.2 Diagrama de Flujo..... | 31 |
| | 4.2 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DEL COLORANTE..... | 32 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 36 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 37 |
| VII. | BIBLIOGRAFÍA | 38 |
| VIII. | ANEXOS..... | 43 |

I. RESÚMEN

El color representa una característica fundamental en los alimentos, ya que le da un valor estético, además brinda un toque de frescura, al momento de la degustación se relaciona con el sabor y la calidad de los alimentos.

El uso de antocianinas en la producción de alimentos permite mejorar su aspecto y hacerlos más apetecibles o para reemplazar pérdidas de color que se producen durante el proceso de elaboración. Diversos estudios han constatado que la aceptación de un producto por parte del consumidor depende, en buena medida, de su apariencia y por tanto, también de su color.

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo describir la extracción de antocianinas a partir de maíz morado (*Zea mays L.*), para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria.

Se aplicó el método descriptivo, recopilando información de diversas fuentes y se procedió a su análisis. Base teórica: el maíz morado, especificando su origen, composición química, clasificación, descripción botánica, exigencias para su cultivo, variedades existentes, usos y exportación. Luego se detalla sobre la antocianina, mencionando su naturaleza química, propiedades, estabilidad ante diversos factores, la aplicación como antioxidante y colorante, por último su extracción. Materiales y métodos: extracción del colorante mediante diagrama de flujo y el método de pH diferencial para determinar la cantidad del colorante.

Se llegó a la conclusión de lograr describir la extracción de antocianinas a partir del maíz morado (*Zea mays L.*), resumiendo el proceso en dos etapas: La primera etapa hace mención al proceso de extracción, mientras que la segunda describe el método de pH diferencial para determinar el contenido total del colorante.

II. INTRODUCCIÓN

El Perú, posee una gran diversidad y variabilidad de productos agrícolas, dicha riqueza nos conlleva a contar con una amplia gama de climas y una diversa geografía, la cual es cuna de varios de los alimentos que en la actualidad son consumidos en el mundo. Al mencionar una gran biodiversidad, uno de los productos autóctonos es el maíz morado (*Zea mays L.*), un producto que se consume desde tiempos preincaicos y que hoy en día es una alternativa en el rubro de los alimentos.

El maíz morado es rico en fitoquímicos, principalmente compuestos fenólicos y antocianinas, siendo la cianidina-3- β -glucósido su pigmento mayoritario, estas poseen conocidas propiedades farmacológicas, nutraceuticas y efectos benéficos para la salud humana (Cuevas et al., 2008). Es por esta razón que el maíz morado ha despertado un interés en la industria de alimentos, que conlleva a utilizarlo como materia prima para la elaboración de productos con valor agregado (Acevedo, 2003).

Se puede distinguir cinco tipos naturales de maíces morados, el cuzqueño, el canteño, el morado de Caraz, el arequipeño, el negro de Junín y también existen dos variedades mejoradas PNV-581 y 582 (programa de mejoramiento de maíz UNALM). Siendo el maíz canteño el más consumido en el mercado nacional.

El colorante antocianina, que puede ser extraído utilizando métodos de extracción adecuados; esta realidad ha generado el interés por investigar sobre los colorantes naturales y los métodos de extracción a utilizar, así como su aplicación en la industria de alimentos (Medina, 2012).

Por otra parte, dentro del procesamiento y/o transformación de los alimentos, existen productos que no tienen color propio como las golosinas, productos de pastelería, alimentos extruidos, bebidas, entre otros, se colorean artificialmente para hacerlos más atractivos al consumidor. Los colorantes artificiales podrían ser tóxicos y provocar enfermedades como alergias, por ésta razón, ciertos colorantes alimenticios están prohibidos en algunos países.

En los últimos años la seguridad de los alimentos y de los aditivos a los que se recurre en su fabricación, ha sido tema de estudio en diversos organismos preocupados de asegurar la inocuidad de los alimentos, como son la FAO, OMS y FDA, por citar algunos, lo que lo ha llevado a ser un tema también presente en la industria (Parra, 2004).

El problema de la baja demanda nacional de los cultivos de maíz morado, puede ser atribuido en parte, al desconocimiento de la composición química, sus propiedades nutritivas y funcionales (Mayorga, 2010).

Estos pigmentos representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos y para la obtención de productos con valor agregado dirigidos al consumo humano. Este producto es reconocido por la Unión Europea con el Código E-163 y también con el mismo Código por la Legislación Japonesa (Sierra Exportadora, 2012).

Objetivo General:

- Describir la extracción de antocianinas a partir de maíz morado (*Zea mays L.*), para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria.

Objetivos Específicos:

- Dar a conocer los diferentes parámetros en el proceso de extracción de antocianina.
- Dar a conocer la importancia de la antocianina y sus aplicaciones en la industria alimentaria como colorante y antioxidante.

III. BASE TEÓRICA

3.1 MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

3.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El maíz es originario de América entre los 3000 y 2500 años a.C.; en la primera civilización del Perú, Caral, ya tenía este recurso muy bien explotado. Pero tomó importancia hace 2250 años en donde se preparaba la chicha para las ceremonias. En la época prehispánica fue conocido como oro, sara o kullisara. En el Perú debido a las diversas zonas de cultivo se permite tener muchas variedades de maíz hoy en día. Es así como aparece el maíz morado, esta variedad es cultivada en la Cordillera de Los Andes del Perú y Bolivia, tiene un color morado oscuro e intenso y lo curioso es que si se siembra en otro lugar (que no estén entre los 2200 o 2800 msnm) el color cambia, incluso podría salir amarillo, esto se debe a las altitudes en las cuales se siembra pues ve afectado por el nivel de oxígeno (Silva, 2008).

El Perú, es el mayor consumidor de los productos obtenidos del maíz negro como por ejemplo la mazamorra morada, la principal materia prima para la elaboración de la misma son los pigmentos morado extraídos. Sus conocimientos vienen desde la época de la colonia, aquí los agricultores de los valles andinos clasificaron este maíz a partir de la raza kulli, este maíz corresponde al género *Zea*, especie *mayz* L., grupo *amilaceae* st (Manrique, 2000).

La distribución del maíz morado en sus diferentes variedades cultivadas en el Perú, se ubica en la Cordillera de los Andes entre los 500 a 1200 - 4000 m.s.n.m. (mayor disponibilidad durante los meses de Abril, Noviembre y Diciembre). Una de las compañías Productores Incas SAC, agrupa a más de 380 pequeños productores de maíz morado de Arequipa, Lima y Huaraz. Los principales departamentos productores son Arequipa, Lima, Cajamarca, Huánuco, Huaraz y las asociaciones de Huanta y Huamanga (Sierra Exportadora, 2012).

La ventaja de este cultivo, es que se adapta tanto a climas de costa como de sierra, según la variedad; sin embargo, las condiciones óptimas para la producción del maíz son los suelos profundos de textura franca a franco-arcillosa, que retienen humedad (Solid Perú, 2007).

3.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

CUADRO 1: Clasificación taxonómica del maíz morado

| | |
|-------------------|--------------------|
| REINO | Vegetal |
| DIVISIÓN | Angiosperma |
| CLASE | Monocotyledoneae |
| ORDEN | Cereales |
| FAMILIA | Poaceae |
| GÉNERO | <i>Zea</i> |
| ESPECIE | <i>Mays</i> |
| NOMBRE CIENTÍFICO | <i>Zea mays</i> L. |

FUENTE: Terranova, 1995.

3.1.3 DESCRIPCION BOTÁNICA

Los especímenes típicos del maíz negro se encuentran desde los 1 200 a 2 800 msnm, tienen granos redondos con pericarpio rojo, morado, estrechamente agrupados para dar la apariencia de una racimo de uvas. Las mazorcas son de tamaño medio, de formas cónicas a ovales con ocho a catorce hileras en espiral. Color rojizo a púrpura en toda la tusa, incluidas las lemas, las glumas y la médula (Yáñez, 2003).

CUADRO 2: Características del maíz morado

| CARACTERÍSTICAS | PROMEDIO | MÁXIMO | MÍNIMO |
|------------------------------|----------|--------|--------|
| Largo de la mazorca (cm) | 15 | 20 | 12 |
| Ancho de la mazorca (cm) | 5 | 5.8 | 4 |
| Número de hilera | 10 | 12 | 8 |
| Número de granos por hileras | 25 | 36 | 18.8 |
| Largo de granos (mm) | 11.6 | 13 | 10.4 |
| Ancho de granos (mm) | 5.6 | 6.2 | 5 |
| Espesor de hileras (mm) | 6 | 6.5 | 5.5 |

FUENTE: Sierra Exportadora, 2012.

3.1.4 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

Takhtajan (1980), lo describe de la siguiente manera:

- a) Raíz:** Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.
- b) Tallo:** El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.
- c) Hojas:** Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.
- d) Flores:** El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

- e) Fruto y semilla:** El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona.

3.1.5 EXIGENCIAS AGROECOLÓGICAS DEL CULTIVO

a) Clima: Es una planta de países cálidos que precisa de altas temperaturas y elevada iluminación para poder desarrollar su gran actividad fotosintética. Para su siembra la temperatura debe ser mayor de 10° C, siendo la más favorable 15° C. Para su crecimiento activo la temperatura debe situarse sobre los 25 / 30 ° C. Por encima de los 40° C la planta vegeta mal (Manrique, 1997).

Aldrich y Leng (1974), indican que periodos críticos unas temperaturas altas o bajas pueden ser muy perjudiciales. Así sucede durante la fecundación (un exceso de calor la perjudica) y durante la maduración (no deben sobrevenir heladas).

b) Suelo: El maíz requiere de una cuidada preparación del suelo, puesto que sus raíces necesitan asimilar una gran cantidad de nutrientes en espacios de tiempo muy cortos, de unos 40 a 60 días; por lo tanto, deben disfrutar de adecuadas labores que permitan incorporar al suelo, con la máxima antelación posible, las aportaciones de estiércoles, purines o rastrojos, facilitando la máxima estructuración del mismo (Sevilla y Valdez, 1985).

Los procesos bioquímicos de la transformación de la materia orgánica fresca, especialmente cuando es rica en nitrógeno, ayuda a la formación temporal de importantes cantidades de nitritos sumamente tóxicos, para cualquier proceso de germinación de semillas; por lo tanto, su incorporación al suelo debe anticiparse por lo menos 50 días antes de la siembra (Sevilla y Valdez, 1985).

c) Agua: El maíz es una de las plantas con mejor utilización del agua puesto que sólo emplea unos 350 Kg. de agua para formar 1 Kg. de materia seca. El agua es un elemento determinante de su producción y los máximos rendimientos sólo se obtienen cuando se satisface toda su demanda evapotranspirativa (López, 1991).

Existe un período crítico de gran sensibilidad a las condiciones de sequía, que se sitúa entre unos 20 días antes de la floración masculina y termina unos 20 días después de la polinización, al secado de las sedas o estigmas. Durante este período la falta de riego durante un turno de 14 días, puede ocasionar una pérdida del 60% de la producción. Las aportaciones de agua deben ser iguales o 1,1 veces superiores a la evaporación terrestre del cultivo. Según zonas, estas necesidades representan entre 6.500 a 8.500 m³/ha. El riego puede suponer más

del 20% de los gastos variables del cultivo (López, 1991).

Aldrich y Leng (1974), dicen que cuando la disponibilidad de agua para el riego sea dudosa para que alcance la época habitual de la floración del maíz en la zona, resulta muy interesante plantearse la siembra de variedades de ciclos más cortos después del periodo de heladas. De esta forma, la planta habrá superado la fase crítica de la floración cuando empiecen a escasear los caudales para el riego. Las menores producciones de estos híbridos a pleno rendimiento son superiores o iguales a las conseguidas por los híbridos de ciclos largos que puedan sufrir los desastres de una sequía.

d) Época de siembra: Debido a que existe una extraordinaria diversidad de condiciones climáticas, Sevilla y Valdez (1985) mencionan que el maíz es un cereal que se puede sembrar durante todo el año teniendo dos épocas de siembra las más adecuadas, desde Abril a Agosto (siembra de invierno) y de Noviembre a Febrero (siembra de verano).

3.1.6 LABORES CULTURALES:

A) Preparación del terreno: La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra

(Sevilla y Valdez, 1985). También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).

B) Siembra: En la Costa Peruana la mejor época para la siembra del maíz morado es el invierno, en los meses de Mayo a Junio (Sevilla y Valdez, 1985). Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas es de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 35 - 40 cm. dependiendo de la variedad.

C) Control de maleza: El maíz es muy afectado por la competencia de malezas en sus primeras etapas de desarrollo. Esa competencia se da por fertilizantes, agua y luz. Según estudios, dicen Sevilla y Valdez (1985), el efecto más perjudicial se produce en los primeros 35 días que siguen a la emergencia del maíz. Las malezas que crecen después del aporque no perjudican tanto el

rendimiento, pero su peligro se da por ser hospederas de insectos picadores chupadores que transmiten "virus".

El control se puede hacer mediante dos procedimientos: labores de cultivo y aplicación de herbicidas. Los primeros se realizan haciendo cultivos superficiales cuando las malezas son pequeñas. Además, la labor de aporque es un complemento muy eficiente que contribuye al control de malezas. Es un complemento porque por lo general se hace después de 30 a 45 días lo que podría resultar tarde.

D) Desahije: Se realiza cuando las plantas tengan aproximadamente 0.20m de altura dejando solamente las 3 ó 1 planta, las más vigorosas por golpe (Sevilla y Valdez, 1985).

E) Aporque: El aporque se realiza cuando la planta alcanza aproximadamente 40cm de altura.

F) Fertilización: El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 Kg. de P en 100 Kg. de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo (Fuentes, 2002).

Fuentes (2002), menciona que el abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8.

A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------------|
| N | : | 82% (abonado nitrogenado) |
| P ₂ O ₅ | : | 70% (abonado fosforado) |
| K ₂ O | : | 92% (abonado en potasa) |

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos. Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825 Kg. /ha durante las labores de cultivo. Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la

planta y los más utilizados son: Nitrato amónico de calcio. 500 Kg. /ha, Urea. 295 Kg. /ha, Solución nitrogenada. 525 Kg. /ha (Fuentes, 2002).

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente

- **Nitrógeno (N):** La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg. de N por ha. Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.
- **Fósforo (P):** Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.
- **Potasio (K):** Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.
- **Otros elementos:** Boro (B), Magnesio (Mg), Azufre (S), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.

G) Cosecha: Es la última labor de campo en el cultivo de maíz, que consta en la recolección de las mazorcas, arrancándolas de la planta y separando de su envoltura o “panca”. El maíz se puede cosechar cuando el grano tiene una humedad de 30%, aproximadamente (Sevilla y Valdez, 1985).

En algunas zonas, también se realiza la cosecha cortando toda la planta y dejándola junto con la mazorca, para que seque por algún tiempo; realizando después el deshoje o despanque (Sevilla y Valdez, 1985).

H) Secado: El maíz morado es colocado en eras o tendales para su secado natural por efecto de la radiación solar y el viento. Este es un sistema lento y variable en su duración, ya que depende de las condiciones del medio ambiente. Termina cuando el grano tiene alrededor de 12% de humedad (Sevilla y Valdez, 1985).

En el caso del maíz morado no se desgrana al momento de la cosecha; con el secado terminan todas las operaciones, procediendo luego a su secado para el almacenaje y comercialización.

3.1.7 VARIEDADES DE MAÍZ MORADO

En el Perú existen muchas variedades de maíz morado como: Morado Canteño, Morado Mejorado, Morado Caraz, Arequipeño, Cuzco Morado y Negro Junín. Sin embargo, la variedad más comercial es el maíz morado Canteño. Este maíz contiene el pigmento denominado antocianina - cianidina - 3β - glucosa, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta (tusa) y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano. (Solid Perú, 2007).

Hay diferentes variedades de maíz morado, todas ellas provienen de una raza ancestral denominada "Kculli" que todavía se cultiva en el Perú. Las formas más típicas están casi extinguidas. La raza Kculli es muy antigua, restos arqueológicos con mazorcas típicas de esta raza se han encontrado en Ica, Paracas, Nazca y otros lugares de la costa central cuya antigüedad se estima por lo menos en 2500 años. También se encuentran mazorcas moldeadas, con las características de la raza, en la cerámica Mochica (Sevilla y Valdez, 1985).

En Sudamérica, donde se encuentran con mayor frecuencia, se encuentra el Kculli de Bolivia, que es muy parecido al peruano, tanto en la morfología de la planta y mazorca, como en la intensidad de la coloración; el Negrito chileno, que tiene la mazorca más chica y los granos más delgados, aunque presenta más hileras de granos; el Kculli argentino tiene las mazorcas grandes y se diferencia de las otras razas similares de Sudamérica en que los granos son más duros (Justiniano, 2010).

En el Perú existen muchas variedades de maíz morado. A continuación se describen a 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:** Derivada de la raza Cuzco, con características de mazorca muy similares a la raza Cuzco Morado, aunque de menores dimensiones. Es más precoz. Se cultiva en muchos lugares en la Sierra del Perú, pero especialmente en las partes altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, hasta los 2,500 m.s.n.m. Es la variedad que más se consume en el mercado 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. El maíz es más chico que las variedades de origen cuzqueño. 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 coronta más pigmentada.
- **Arequipeño:** En las alturas de los departamentos de Arequipa se encuentra una variedad de granos morados dispuestos en hileras regulares en la mazorca. La forma de la mazorca es similar al Cuzco, pero más chica. El color de la tusa no es tan intenso como en otras variedades, pero en la colección hecha en Arequipa se encuentra mucha variabilidad para esta característica, por lo que puede ser mejorada. Es más precoz que las variedades previamente citadas.
- **Negro de Junín:** Se denomina así a una variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Se le encuentra en la Sierra Centro y Sur, hasta Arequipa, ocupando alturas mayores que otras variedades.

3.1.8 VARIEDADES MEJORADAS

- **PMV – 581:** La única variedad que está en producción actualmente, es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtenida a través de la variedad Morado de Caraz, adaptada a la costa y sierra baja. Resistencia a roya y cercospora. De periodo vegetativo intermedio, mazorcas medianas de 15 – 20 cm., alargadas y con alto contenido de pigmento, y un potencial de rendimiento de 6 t/ha (Manrique, 1997)
- **PMV – 582:** Variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, adaptada a la sierra alta, planta baja, intermedia de mazorcas medianas, con alto contenido de antocianinas, con un potencial de rendimiento de 4 t/ha (Manrique, 1997).

3.1.9 CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS

Según Sevilla y Valdéz (1985):

Existe 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 varia de verde a morado oscuro, pero la lígula de las hojas y de las anteras son invariables teniendo siempre un color oscuro.

La coloración morada que presentan las plantas, tuzas y pericarpio de los granos del maíz morado, son el resultado de la acción compleja de muchos genes localizados en distintos cromosomas, que producen pigmentos antociánicos de diferente color, los cuales en combinación producen el color morado (combinación de pigmentos rojos y azules).

La coloración se puede mantener de generación en generación, si se siembra en lotes aislados, semillas provenientes de plantas que presentan el color morado o púrpura, así como la mazorca o las glumas, y en especial el interior de las tuzas y los granos color morado intenso.

La única diferencia del maíz negro respecto al maíz morado, es el presentar en el interior de las tuzas o marlos la coloración casi blanca y no morado intenso.

3.1.10 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Según Collazos (1962) y Fernández (1995), la composición química del maíz grano y coronta del Maíz morado, se reporta en el siguiente cuadro:

CUADRO 3: Composición química del Maíz Morado (Contenido en 100 gramos)

| COMPONENTE | MAÍZ GRANO (%) | CORONTA (%) |
|-------------------|-----------------------|--------------------|
| HUMEDAD | 11.40 | 11.20 |
| PROTEÍNA | 6.70 | 3.74 |
| GRASA | 1.50 | 0.32 |
| FIBRA | 1.80 | 24.01 |
| CENIZAS | 1.70 | 3.29 |
| CARBOHIDRATOS | 76.90 | 57.44 |

FUENTE: Collazos, 1962 y Fernández, 1995.

CUADRO 4: Composición químico proximal de maíz morado y chicha morada (100g)

| COMPONENTES | MAÍZ MORADO | BEBIDA (CHICHA) |
|--------------------|--------------------|------------------------|
| CALORÍAS | 375 g | 20 g |
| AGUA | 11.4 g | 95 g |
| PROTEÍNAS | 6.7 g | - |
| CARBOHIDRATOS | 76.9 g | 5 g |
| FIBRA | 1.8 g | - |
| Ceniza | 1.7 g | 0.1 g |
| Calcio | 12 mg | 24 mg |
| Fósforo | 328 mg | 4 mg |
| Hierro | 0.02 mg | 1.3 mg |
| Cianidina | 0.06 mg | - |
| Tiamina | 0.38 mg | - |
| Rivoflavina | 0.02 mg | 0.1 mg |
| Niacina | 2.8 mg | 0.04 mg |

FUENTE: Araujo, 1995.

3.1.11 USOS

Según los datos recogidos por diversos historiadores, se sabe que el Maíz morado era empleado en la alimentación como bebida, con él se elaboraba la “chicha” 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, es por ello, que apareció la “mazamorra” y la “chicha morada” que tenían los sabores más exquisitos (Fernández, 1995).

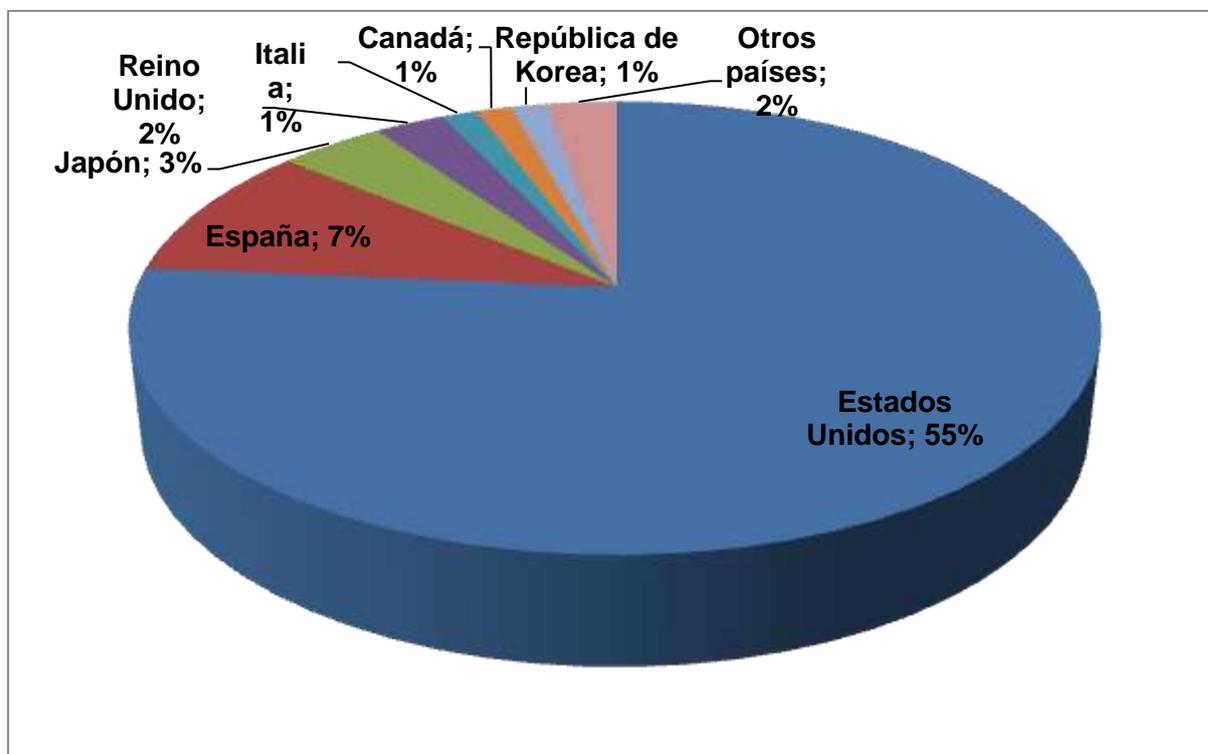
Arias (1958), sugirió la utilización del grano en la industria almidonera, dado su alto contenido de almidón, o en la obtención de levadura prensada o de jora. Actualmente el maíz morado es usado a nivel casero, como colorante natural y saborizante de bebidas y otros preparados alimenticios como la “mazamorra 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.

3.1.12 MAIZ MORADO EN EL PERÚ

Desde 1993 el Perú exporta maíz morado a Estados Unidos y Japón para fines industriales y en menor escala a Francia, Inglaterra, España, Bélgica y Venezuela. Los principales mercados de destino del maíz morado entero y sus diferentes presentaciones en 2006 fueron: EEUU (hacia donde se dirigen el 55% del volumen de exportaciones) y Japón (que capta el 31% del total de exportaciones, principalmente de coronta) (Solid Perú, 2007).

Perú es un muy fuerte productor pero también tiene competencia de Bolivia, China, Brasil, México, Francia, Yugoslavia, Rumania, Italia, Sudáfrica, Argentina y Chile, cuya materia prima es utilizada generalmente para la producción de colorantes sintéticos. Aunque China tiene una producción importante de maíz morado, este tiene menor concentración de pigmento que el peruano (Sierra exportadora, 2012). Es muy vendido en el exterior donde el mayor comprador es Estados Unidos debido a que la antocianina es muy valorada, siendo usada en el campo farmacológico.

GRÁFICO 1: Mercados de destino de maíz morado y sus derivados, año 2006 (Tm).



FUENTE: Solid Perú, 2007.

En el año 2012, las exportaciones alcanzaron un promedio mensual de US\$ 65,674, lo que significó un incremento del 35%, respecto del 2011 (US\$ 48,695). El principal país de destino fue Estados Unidos con US\$ 546 mil (69% del total), seguido por Ecuador con US\$ 97 mil (12%) y España US\$ 81 mil (10%) (Yaipén, 2013).

CUADRO 5: Empresas exportadoras de maíz morado, cantidades expresadas en Kg

| EMPRESAS | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | %Part. | Variac. % |
|---|------------|-------------|------------|------------|------------|--------|-----------|
| Cereales Perú S.A.C | - | - | - | - | 59 770.0 | 14.54 | 100.0 |
| Kallpa Foods S.A.C | - | - | - | 7 284.96 | 51 157.38 | 12.44 | 602.23 |
| Importadora y Exportadora Doña Isabel E.I.R.L | 60 016.65 | 88 679.25 | 37 618.3 | 30 773.5 | 43 439.94 | 10.57 | 41.16 |
| Miranda-Langa Agroexport S.A.C- Miranda-Langa S.A.C | - | 2 802.57 | 13 765.71 | 21 650.61 | 41 605.15 | 10.12 | 100.0 |
| Vidal Foods S.A.C | 30 823.51 | 26 890.15 | 31 349.09 | 50 635.56 | 29 631.29 | 7.21 | -41.48 |
| Belmont Foods Perú S.A.C | 34 132.92 | 34 597.42 | 21 160.0 | 27 519.51 | 28 355.01 | 6.9 | 3.04 |
| Altpez Internacional S.A.C | 25 880.0 | 55 940.0 | 78 260.0 | 26 270.0 | 26 180.0 | 6.37 | -0.34 |
| Worlwide Traders S.A.C | - | - | - | 16 285.5 | 16 581.36 | 4.03 | 1.82 |
| Falvy De Matos Cinthya Lourdes | - | 1 213.0 | - | 4 165.0 | 13 154.0 | 3.2 | 215.82 |
| Santiago E.I.R.L | - | 1 464.0 | 6 000.0 | 5 484.0 | 10 488.0 | 2.55 | 91.25 |
| Las Demás | 247 617.39 | 1 93 245.22 | 208 342.62 | 161 732.59 | 90 775.16 | 22.08 | -43.87 |
| Total general | 398.617.39 | 404 831.61 | 396.495.72 | 351 801.23 | 411 137.29 | 100.0 | 16.87 |

FUENTE: SUNAT, Elaboración: Asociación Regional de Exportadores-AREX, 2013.

CUADRO 6: Mercados para la exportación de maíz morado, año 2008 – 2012 (kg)

| MERCADOS | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | %Part. | Variac. % |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|-----------|
| Estados Unidos | 386 576.75 | 499 796.98 | 353 994.74 | 482 462.03 | 546 524.52 | 69.23 | 13.28 |
| Ecuador | 16 874.0 | 39 580.0 | 53 671.44 | 19 883.04 | 97 312.1 | 12.33 | 389.42 |
| España | 38 092.96 | 36 733.23 | 79 694.38 | 48 457.47 | 82 778.31 | 10.49 | 70.83 |
| Italia | 17 469.23 | 17 027.02 | 32 103.21 | 11 494.69 | 15 684.24 | 1.99 | 36.45 |
| Japón | 45 898.49 | 81 431.32 | 11 676.48 | 34 952.81 | 11 493.5 | 1.46 | -67.12 |
| Países Bajos | 1 138.65 | 3 404.72 | 7 095.1 | 1 193.0 | 7 773.0 | 0.98 | 551.55 |
| Venezuela | 3 740.88 | 3 900.0 | 25 000.0 | 3.0 | 6 817.0 | 0.86 | 227 133.3 |
| Chile | 2 166.57 | 3 437.69 | 3 420.76 | 6 596.9 | 5 318.0 | 0.67 | -19.39 |
| Alemania | 644.53 | 302.4 | 960.0 | 375.47 | 4 950.0 | 0.63 | 1 218.35 |
| Costa Rica | 3 223.57 | 1 084.21 | 14 586.29 | 4 980.09 | 3 544.95 | 0.45 | -28.82 |
| Colombia | - | - | - | - | 3 297.41 | 0.42 | 100.0 |
| Los Demás | 12 973.77 | 4 327.38 | 8 398.51 | 13 697.45 | 3 934.57 | 0.5 | -71.28 |
| Total general | 528 799.40 | 691 024.95 | 590 600.91 | 624 095.95 | 789 427.6 | 100.0 | 26.49 |

FUENTE: SUNAT, Elaboración: Asociación Regional de Exportadores-AREX, 2013.

3.2 COMPUESTOS FENÓLICOS

3.2.1 ANTOCIANINA

Quispe (2003), 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 (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 son compuestos fenólicos flavonoides que poseen algunos efectos terapéuticos positivos, principalmente asociados con su capacidad antioxidante. Son un grupo de pigmentos hidrosolubles de origen natural que imparten la coloración roja, púrpura y azul a muchos vegetales y frutos como cerezas, ciruelas, fresas, frambuesas y moras, entre otras (Fennema 2000; Castañeda et al. 2009).

La propiedad de las antocianinas de ser solubles en agua facilita su incorporación en numerosos sistemas acuosos alimenticios. Estas cualidades hacen que las antocianinas sean colorantes naturales atractivos (Longo y Vasapollo 2006); sin embargo, las antocianinas aisladas son altamente inestables y muy susceptibles a la degradación durante el almacenamiento y el procesamiento. Su estabilidad se ve afectada por varios factores tales como pH, temperatura de almacenamiento, estructura química, concentración, luz, oxígeno, solventes, presencia de enzimas, flavonoides, proteínas e iones metálicos; de esta forma su inestabilidad es una limitante para su aplicación como colorante comercial en la industria de alimentos (Castañeda et al. 2009; Olaya et al. 2009; Owusu 2005).

La presencia de antocianinas en las variedades pigmentadas del maíz, lo hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales. Por ello el estudio de los pigmentos del maíz morado ha despertado gran interés. El maíz morado es una variedad pigmentada del *Zea mays L.*, cuyos granos y coronta presentan color morado. Estudios han demostrado que las antocianinas provenientes del maíz morado inhiben la mutación celular, reducen mediante inducción química la carcinogénesis colorectal (Aoki, et al., 2004), y contribuyen a la prevención de la obesidad y la diabetes (Tsuda, et al., 2003).

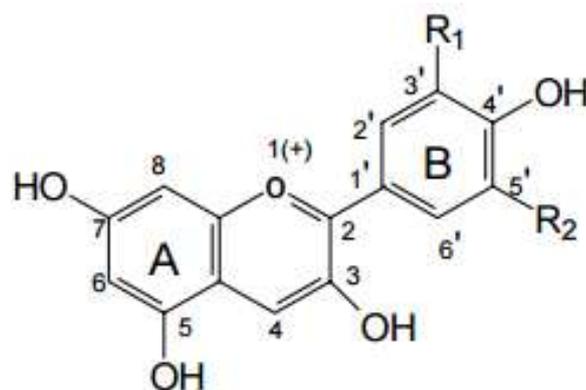
La función más importante de las antocianinas es la percepción visible para la atracción de animales para propósitos de polinización y dispersión de semillas. Además se encargan de la filtración de la luz o pueden acumularse como resultado de estrés. Dentro de las vacuolas, las antocianinas, pueden estar localizadas en organelos esféricos conocidos como antocianoplastos, que se forman mientras la síntesis de pigmentos está en operación (Lewis y Walker, 1995).

3.2.1.1 NATURALEZA QUÍMICA

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos α y β unidos por una cadena de 3 Carbonos (Garzón 2008).

Las antocianinas son sales (Flavylium), están constituidas por una molécula de antocianidina, que es una aglicona a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico; por lo general están glucosidados en la posición 3 y 5 (Badui 2006; Malacrida y Da Motta 2006). En la figura 1 se muestra la estructura general de una molécula de antocianinas.

FIGURA 1: Estructura química de antocianinas.



| Aglicona | Substitución | | λ_{max} (nm) espectro visible |
|---------------|--------------|------|--|
| | R1 | R2 | |
| Pelargonidina | H | H | 494 (naranja) |
| Cianidina | OH | H | 506 (naranja-rojo) |
| Delfinidina | OH | OH | 508 (azul-rojo) |
| Peonidina | OCH3 | H | 506 (naranja-rojo) |
| Petunidina | OCH3 | OH | 508 (azul-rojo) |
| Malvidina | OCH3 | OCH3 | 510 (azul-rojo) |

FUENTE: Kuskoski et al. 2004

Las diferencias entre las antocianinas individuales se relaciona con el número de grupos hidroxilo, la cantidad de azúcares unidas a la molécula, las posiciones de estas uniones, la naturaleza y el número de ácidos alifáticos o aromáticos unidos a los azúcares de la molécula (Kong et al. 2003).

Las antocianinas son flavonoides de origen vegetal que se caracterizan por tener un esqueleto carbonado del tipo C6-C3-C6, son el grupo más importante de pigmentos solubles en agua en la naturaleza; contribuyen al atractivo color naranja, rojo, morado, violeta y azul de frutas, vegetales y flores (Jing & Giusti, 2005).

Se han identificado en forma natural más de 540 pigmentos antocianídicos (Anderson & Francis, 2004), aunque en la naturaleza hay 17 antocianidinas, seis de ellas son las más diseminadas y las que comúnmente contribuyen en la coloración de la mayoría de las plantas y frutas: pelargonidina (Pg), cianidina (Cy), delphinidina (Df), peonidina (Pn), petunidina (Pt) y malvinidina (Mv) (Rodríguez- Saona & Wrolstad, 2001).

3.2.1.2 ESTABILIDAD DE ANTOCIANINAS

A) PH

El pH tiene efecto en la estructura, color y la estabilidad de las antocianinas. Éstas se pueden encontrar en diferentes formas químicas en función del pH de la solución (Garzón 2008). En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a dos básicamente el 100% del pigmento se encuentra en su forma más estable o de ión oxonio o catión flavilio (AH⁺) de color rojo intenso. A valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición dos, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemiacetal y la forma chalcona o de cadena abierta. Tanto el hemiacetal como la chalcona son formas incoloras y bastante inestables. A valores de pH superiores a 7 se presentan las formas quinoidales de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Provenzi et al. 2006; Brouillard 1982 citado por Jing 2006).

B) TEMPERATURA

Los tratamientos térmicos y temperaturas de almacenamiento influyen marcadamente en la destrucción de las antocianinas, las altas temperaturas pueden causar la pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y la apertura de anillo pirano con la consecuente producción de chalconas incoloras (Falcao et al. 2008; Garzón 2008; Falcao et al. 2003). El aumento de temperatura causa un incremento logarítmico en la destrucción de antocianinas durante el almacenamiento (Badui, 2006). Kirca et al. (2006), estudiaron la estabilidad de antocianinas de Zanahorias negras adicionadas a Jugos de

frutas (Manzana, uva, naranja, pomelo, mandarina y limón) y néctares (albaricoque, melocotón y piña). Durante los experimentos los jugos fueron sometidos a tratamientos térmicos a temperaturas entre de 70 y 90 °C y se almacenaron a temperaturas entre 4 y 37 °C. Los resultados mostraron que la degradación de antocianinas fue mayor a temperaturas de calentamiento de 90 °C y menor a 70 °C. Asimismo, se observó un gran efecto de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad de las antocianinas, siendo la temperatura de 37 °C la que causó mayor degradación de éstas, mientras que el contenido de antocianinas fue muy estable cuando los jugos se mantuvieron a 4 °C. Falcão et al. (2008), reportaron en su estudio de evaluación de la estabilidad de antocianinas de extractos crudos de cáscara de uva Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) que la vida media de antocianinas y el porcentaje de retención del color fueron mayores a temperatura de 4 ± 1 °C, a pH 3.0 y en ausencia de la luz. Sin embargo, la degradación de antocianinas fue mayor cuando la temperatura de almacenamiento fue de 29 ± 2 °C a las mismas condiciones. Ersus y Yurdagel (2007), observaron un comportamiento similar en antocianinas de Zanahoria negra microencapsuladas, en donde la vida media de los pigmentos fue tres veces mayor a temperaturas de almacenamiento de 4°C con respecto al almacenamiento a 25° C.

C) OTROS FACTORES

El oxígeno puede causar la degradación de las antocianinas por mecanismos de oxidación directa e indirecta, cuando se oxidan constituyentes del medio y éstos reaccionan con las antocianinas (Falcao et al. 2003). Según Cano, et al. (2008), muestras de vinos sometidas a micro-oxigenación presentaron un alto porcentaje de nuevos pigmentos derivados de las antocianinas, que aumentaron significativamente la intensidad del color del vino. Estos cambios de color son resultado de la formación de polímeros de color marrón producto de reacciones de polimerización (Geldenhuis, 2009).

El efecto del oxígeno y el ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas se encuentra relacionado. El ácido ascórbico decolora las antocianinas en presencia de oxígeno y de iones cobre o hierro por formación de peróxido de hidrogeno, produciéndose la degradación de ambos compuestos cuando se almacenan por tiempos prolongados (Badui, 2006).

3.2.2 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS

Los antioxidantes naturales son principalmente compuestos fenólicos que pueden estar presentes en todas las partes de la planta (Shahidi y Naczk, 1995). Los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes mediante dos mecanismos principales:

- **Como captadores de radicales libres.** Los compuestos fenólicos pueden actuar como donantes de hidrógeno o electrones en reacciones de terminación que rompen el ciclo de generación de nuevos radicales libres, deteniendo las reacciones en cadena en las que están implicados los radicales libres. El radical fenoxilo generado es menos reactivo dado que se estabiliza por resonancia con los electrones "p" del anillo aromático. (Leyva, 2009).
- **Como quelantes de metales.** Esta acción requiere la presencia de grupos hidroxilos cercanos en el anillo aromático. De este modo, los *o*-dihidroxifenoles son secuestradores efectivos de iones metálicos e inhiben la generación de radicales libres por la reacción de Fenton (García, 2005).

Sin embargo, existen otros factores que afectan la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. Así, el número y posición de grupos hidroxilo, la presencia de azúcares unidos y el grado de polimerización determinarán propiedades de los compuestos fenólicos tales como la solubilidad y la tendencia a ceder electrones o átomos de hidrógeno. (Leyva, 2009).

El grado de polimerización de los compuestos fenólicos tiene un marcado efecto sobre la actividad antioxidante. Así, los compuestos poliméricos son más potentes como antioxidantes que los monómeros (García, 2005).

En un estudio realizado en vinos elaborados con moras negras (mulberries) se encontró que la actividad antioxidante se ve influenciada por el porcentaje de antocianinas poliméricas que se forman durante el añejamiento, teniendo al año un porcentaje de 30.44%, por el contrario el contenido de antocianinas monoméricas se ve disminuida con el tiempo de almacenamiento (Tsai *et al.*, 2004).

3.2.3 ANTOCIANINA COMO COLORANTE Y ANTIOXIDANTE

Las antocianinas se encuentran dentro de los colorantes naturales más conocidos, por ser responsables de los colores rojos y azules de gran cantidad de frutas y vegetales, proporcionando un gran atractivo en jugos de frutas, mermeladas y conservas (Francis, 1975), por lo que constituyen una buena alternativa como colorantes alimenticios (Francis, 1989). Sin embargo, son poco utilizadas como colorantes en alimentos debido a que son poco estables y difíciles de purificar. Debido a su sensibilidad a los cambios de pH, el uso práctico de estos pigmentos como colorantes naturales se limita a alimentos ácidos con pH inferior a 3.5 (Francis, 1975).

Scheffeldt y Hrazdina (1978) realizaron un estudio para ver el efecto de la co-pigmentación de antocianinas, es decir, la formación de complejos de antocianinas con otros compuestos como por ejemplo los flavonoides, presentes en forma natural en productos alimenticios. Una de las consecuencias de la co-pigmentación es la intensificación del color, lo que mejora las perspectivas de la utilización de antocianinas como colorantes naturales en alimentos.

Otros factores como la concentración, el pH, la temperatura, el oxígeno, las enzimas, la existencia de reacciones de condensación, la formación de complejos con metales o interacción con otros componentes de los alimentos también afectan la estabilidad del color (Santacruz, 2011).

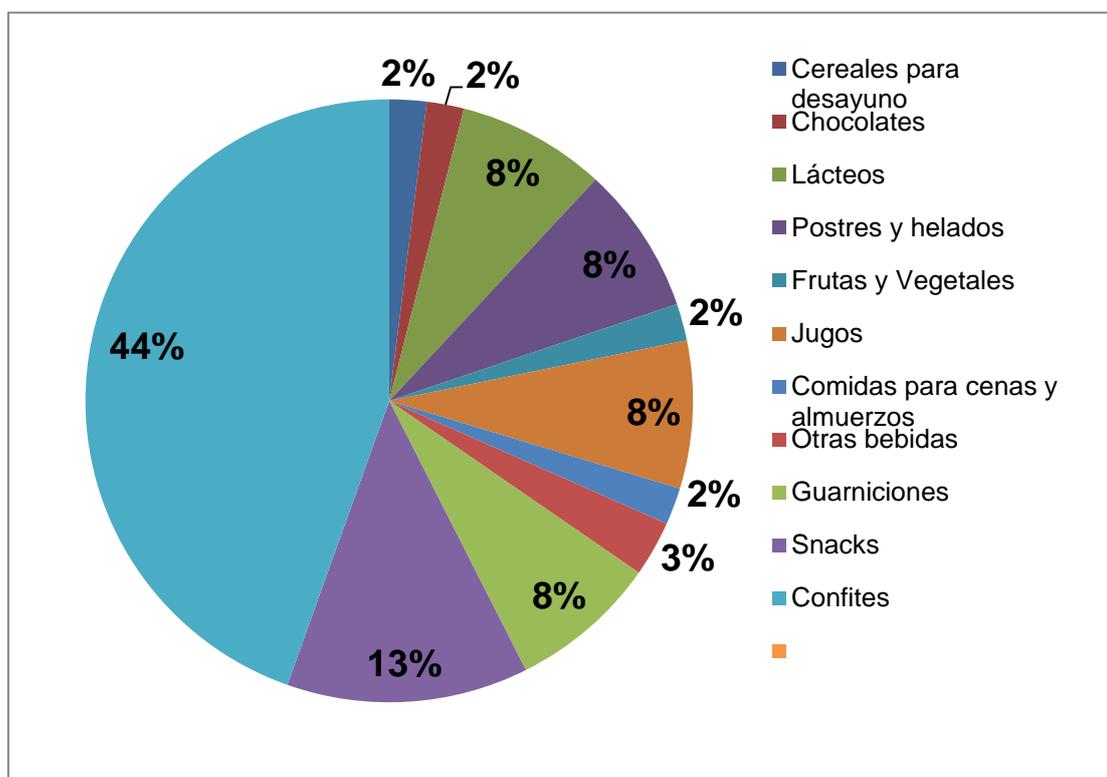
Las antocianinas se han convertido en una opción interesante para la industria alimenticia como posibles sustitutos de los colorantes sintéticos. Adicionalmente estas sustancias poseen un valor agregado por su capacidad antioxidante (Santacruz, 2011).

Entre las posibles fuentes de antocianinas para su utilización como colorantes, se encuentran las uvas, los arándanos, el repollo morado y la zanahoria negra. Las principales antocianinas presentes en los arándanos son los glucósidos de cianidina y peonidina. Algunos investigadores han estudiado la toxicidad de las antocianinas y compuestos relacionados concluyendo que estos compuestos son inocuos para la salud. Estos compuestos, se encuentran dentro de la clasificación de colorantes naturales aceptados sin restricciones sanitarias para su uso en la industria alimenticia (Santacruz, 2011).

A nivel industrial es usado como insumo para la coloración de bebidas, productos lácteos, productos de panadería, productos vegetales, conservas de pescado, grasas, aceites, mermeladas, jaleas, frutas confitadas, frutas en almíbar, jarabes de frutas, sopas, almíbar; también se usa para teñir tejidos y en la industria de cosméticos. El grano se puede aprovechar para la extracción de almidones y/o derivados o en la elaboración de alimentos balanceados para animales (Mayorga, 2010).

El maíz morado ha generado su popularidad en diversos países, ya sea por sus propiedades benéficas y también por su interés como colorante. Los países que destacan y listan al maíz morado como parte de sus ingredientes son Japón, Estados Unidos, China, Perú, Venezuela. En el Gráfico 3 se puede observar un análisis de las categorías de productos alimenticios que contienen maíz morado como ingrediente; se denota que la industria de confites para caramelos y goma de mascar es la que más utiliza al maíz morado como ingrediente, siguiéndolo la industria de los bocadillos, en el país de Japón (Blanco y Troya, 2014).

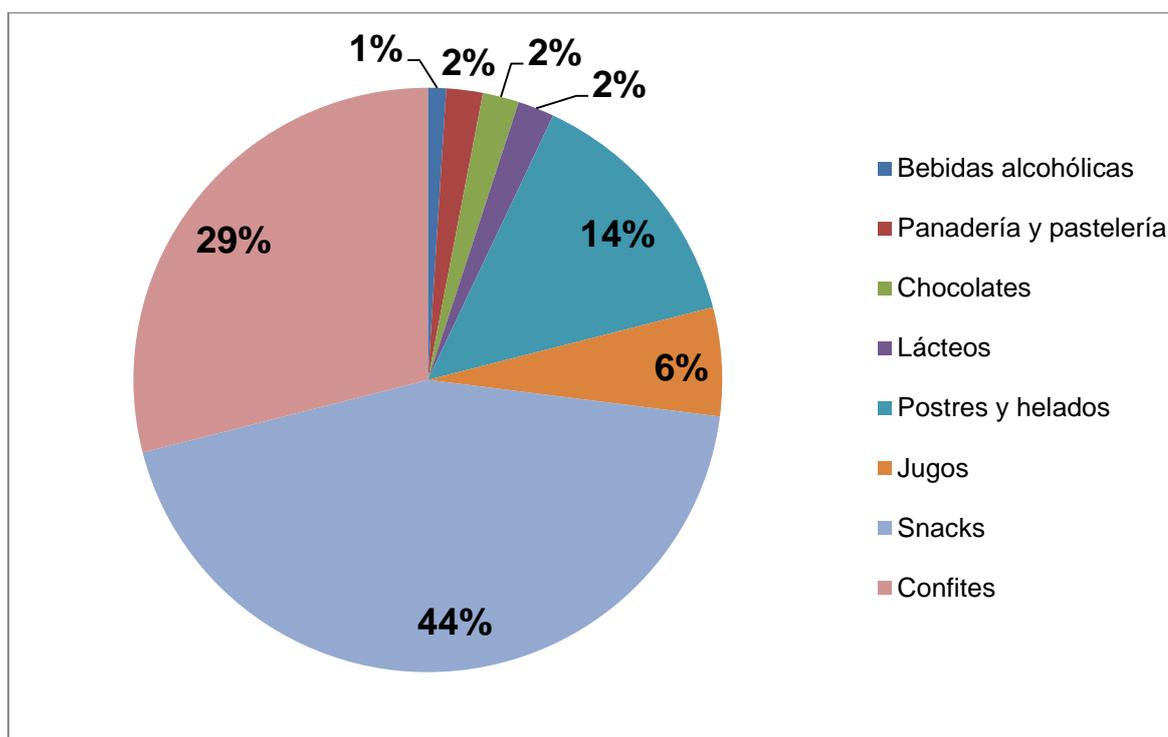
GRÁFICO 2: Categorías de alimentos que listan al maíz morado como parte de sus ingredientes.



FUENTE: Blanco y Troya, 2014.

Aparte de listar al maíz morado como ingrediente, existen muchos países que utilizan el extracto del maíz morado como parte de sus productos. Es importante denotar que el extracto del maíz morado es considerado un colorante natural o antocianina. Japón contiene la mayor cantidad de variantes que utilizan este extracto tomando casi 92% del mercado, en donde su mayor uso va destinado para snacks (Blanco y Troya, 2014).

GRÁFICO 3: Categorías de alimentos que listan al extracto de maíz morado como ingrediente



FUENTE: Blanco y Troya, 2014.

3.2.4 PROPIEDADES

La antocianina es un ingrediente natural que se extrae de la coronta y granos del maíz morado, variedad de maíz que es originario del antiplano andino. Entre las principales propiedades podemos mencionar que desintoxican al cuerpo de los agentes de la contaminación ambiental, desactivan sustancias cancerígenas, fortalecen el sistema inmune y protegen al cuerpo en el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas como cataratas, artritis, tensión alta, diabetes, envejecimiento, arterosclerosis y enfermedades cardíacas. Incrementa la agudeza visual y mejora la visión nocturna. Ayuda también en el tratamiento del glaucoma y la retinopatía (Sierra Exportadora, 2012).

3.2.5 EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS

La extracción de pigmentos naturales, debe llevarse a cabo teniendo en cuenta los factores que pueden afectar la integridad de los mismos; por lo cual este es un paso muy importante debido a que los resultados obtenidos dependen en gran parte del proceso de extracción realizado (Santacruz, 2011).

Las antocianinas son compuestos solubles en solventes polares y comúnmente se extraen de sus fuentes naturales usando metanol o etanol con pocas cantidades de algunos ácidos como ácido clorhídrico, acético y fórmico, ya que el ácido mantiene el pH ácido lo que previene el desplazamiento de los equilibrios químicos de hidratación y formación de chalconas. Adicionalmente el uso de ácidos débiles previene la degradación de las antocianinas no aciladas las cuales presentan mayor labilidad. Sin embargo, durante el proceso de evaporación del solvente acidificado puede ocurrir degradación de las antocianinas aciladas, por la hidrólisis parcial o total de los ácidos enlazados a los azúcares, especialmente en antocianinas aciladas con ácidos dicarboxílicos como el ácido malónico. Por lo anterior se recomienda para la extracción de estos pigmentos el uso de ácidos débiles como el trifluoroacético, tartárico o cítrico.

Las antocianinas son moléculas polares y consecuentemente son más solubles en solventes polares que en no polares. A valores de pH donde las moléculas de antocianinas están no ionizadas, pueden ser solubles en éter y no son estables en soluciones neutras y alcalinas; por tanto, los métodos convencionales empleados para la extracción de antocianinas implica el uso de solventes ácidos. (Leyva, 2009).

CUADRO 7: Métodos de extracción de antocianinas

| Método | Características |
|---------------------------------------|--|
| 0.001 % HCl en metanol | Este es el método más efectivo, pero el HCl es corrosivo y el metanol tiene efectos tóxicos en la salud humana. |
| 0.001 % HCl en etanol | 80% tan efectivo como el metanol. |
| 0.001 % HCl en agua | 27 % tan efectivo como el metanol. |
| Metanol acidificado con ácido cítrico | Este es el más eficiente de los ácidos orgánicos. |
| Agua acidificada con ácido acético | En eficiencia es seguido por el ácido cítrico, tartárico y clorhídrico. |
| Agua con 1000 ppm de SO ₂ | La extracción es mejor que la obtenida por el uso de la extracción tradicional los cuales implica sistemas de etanol: ácido acético: agua. |

FUENTE: Delgado-Vargas *et al.*, 2000.

Como se observa en el cuadro 8 los métodos de extracción han ido en busca de mejores rendimientos pero se han comprometido en cuestiones de seguridad (Delgado-Vargas *et al.*, 2000).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

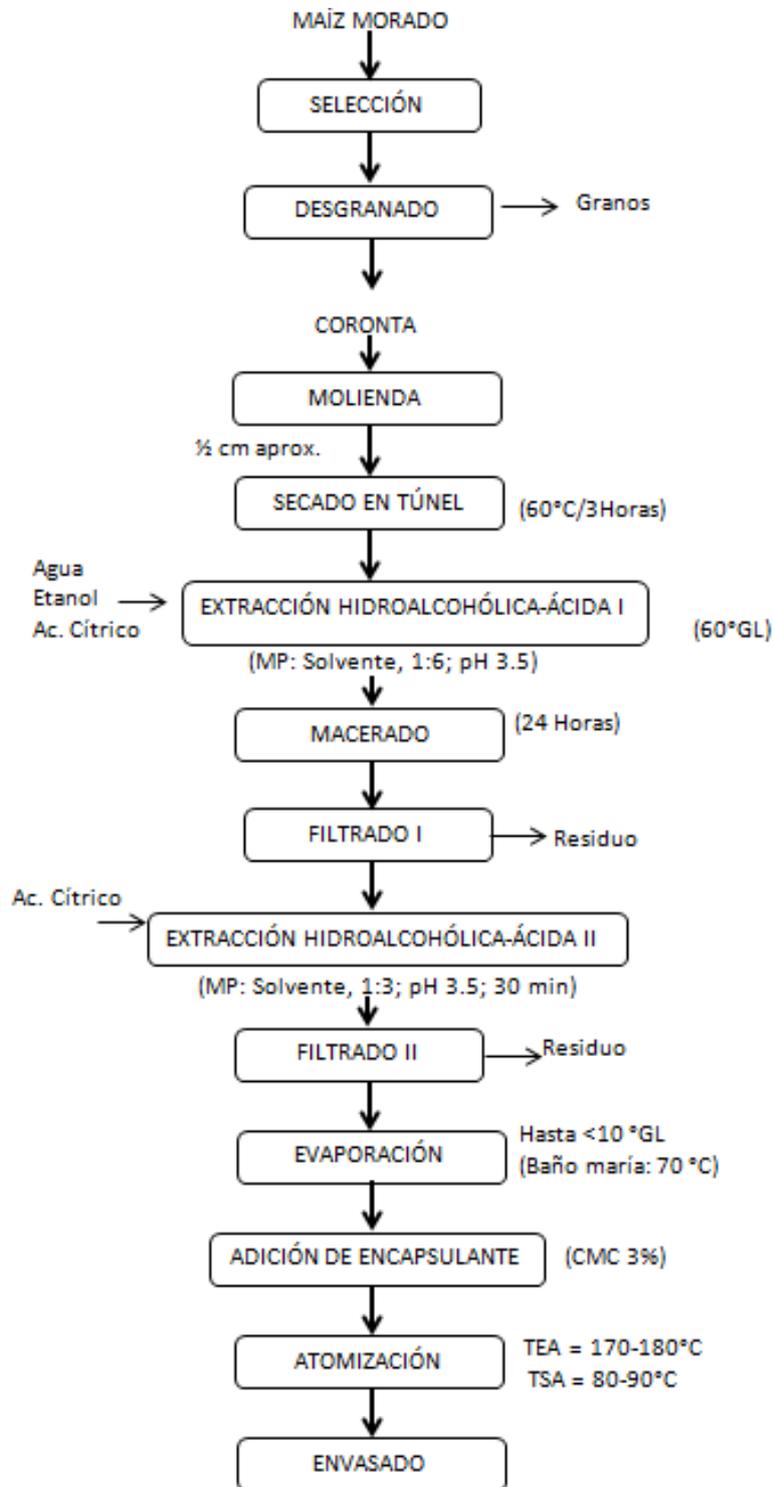
4.1 EXTRACCIÓN DEL COLORANTE

4.1.1 Material Requerido

- Materia prima: Coronta de maíz morado
- Balanza analítica
- Cocina eléctrica
- Estufa
- Sistema de baño maría
- Secador de túnel
- Molino de martillos
- Depósito de maceración
- Alcoholímetro
- Phmetro digital
- Vaso de precipitado
- Matraz erlenmeyer
- Papel filtro
- Solución hidroalcohólica ácida (alcohol 96°:agua destilada, 1:1, ácido cítrico hasta pH igual a 3.5)
- Buffer a pH 1.0: KCl 0.2N – HCl 0.2N
- Buffer a pH 4.5: acetato de sodio 1M – HCl 1N – agua

4.1.2 Diagrama de Flujo

FIGURA 2: Diagrama de flujo de extracción de antocianina a partir de maíz morado.



FUENTE: Elaboración propia, 2016.

4.2 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DEL COLORANTE

4.2.1 Método de pH diferencial

Para determinar el contenido total de antocianinas se utiliza el método basado en el diferencial de pH, descrito por Wolstard (1976).

- **Principio del método**

A pH 1,0 las antocianinas existen en la forma altamente coloreada y a pH 4,5 están predominantemente en forma incolora. Una alícuota de una solución acuosa de antocianinas es ajustada a pH 1,0 y otra a pH 4,5. La diferencia en la absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción será proporcional al contenido de antocianinas.

- **Reactivos**

- ✓ Buffer pH 4,5: 400 ml de acetato de sodio 1M
+ 240 ml de HCl 1N
+ 360 ml de agua destilada
- ✓ Buffer pH 1,0: 125 ml de KCl 0,2 N
+ 385 ml de HCl 0,2 N

El pH de los buffers debe ser ajustado a medida que se requiera para obtener valores de pH final de 1,0 y 4,5.

- **Materiales**

- ✓ Extracto de antocianina parcialmente obtenido
- ✓ Espectrofotómetro
- ✓ Pipetas 10 mL y 1 mL parciales
- ✓ Matraces 50 mL o 100 mL
- ✓ Probetas de 100 mL
- ✓ Cubetas para espectrofotómetro

- **Metodología**

Para medir la absorbancia, el jugo debe ser diluido con buffer. La dilución debe ser tal que la muestra a pH 1,0 tenga una absorbancia menor a 1,0 y preferentemente en el rango de 0,4 a 0,6. El factor de dilución debe ser el mismo para ambas muestras (pH 1,0 y pH 4,5). Por ejemplo, tomar 10 ml de

jugo y diluir a 50 ml (factor de dilución 5). Las muestras diluidas deben estar claras, sin turbidez ni sedimento. Cualquier sedimento debería ser removido centrifugando o filtrando la muestra. Si la muestra está libre de turbidez, la absorbancia a 700 nm debería ser 0. La turbidez puede ser corregida midiendo la absorbancia a 700 nm y sustrayendo este valor de la absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción (510-540).

Una vez diluidas las muestras se mide su absorbancia (pH 4,5 y pH 1,0) a la longitud de onda de máxima absorción (entre 510 y 540 nm).

La determinación del contenido de antocianinas está basada en la Ley de Lambert-Beer ($A = \epsilon \cdot C \cdot L$). A corresponde a la absorbancia que es medida con un espectrofotómetro. ϵ corresponde a la absorbancia molar, una constante física para especies moleculares en un solvente a una determinada longitud de onda.

Se pueden utilizar los valores de absorbancia molar para pigmentos purificados tomados de la literatura, haciendo innecesario determinarlos. La absorbancia molar también se conoce como coeficiente de extinción molar. C es la concentración molar y al reestructurar la ecuación de Lambert-Beer, esta sería:

$$C = \frac{A}{\epsilon \cdot L}$$

L es la longitud de recorrido en cm y la mayoría de las cubetas para espectrofotómetro tienen una longitud de 1. La concentración en mg/L puede ser determinada multiplicando por el peso molecular (M) del pigmento.

$$C_{(mg/L)} = \frac{A}{\epsilon \cdot L} \cdot M \cdot 10^3 \cdot \text{Factor de dilución}$$

Para el cálculo del contenido de antocianinas se utiliza el peso molecular y la absorbancia molar del pigmento antociano presente en mayor proporción.

$$A = (A_{515 \text{ nm pH } 1,0} - A_{700 \text{ nm pH } 1,0}) - (A_{515 \text{ nm pH } 4,5} - A_{700 \text{ nm pH } 4,5})$$

Debería enfatizarse que el método basado en el diferencial de pH es una medida de las antocianinas monoméricas y los resultados pueden parecer no relacionados con la intensidad de color de las muestras de jugo o vino, juzgando visualmente. Esto se debe a que las antocianinas poliméricas y los pigmentos pardos que surgen del pardeamiento enzimático, Reacción de Maillard y degradación de antocianinas también contribuyen a la intensidad del color.

El contenido total de antocianinas se expresó de acuerdo con la ecuación:

$$C_{(mg/L)} = \frac{A}{\epsilon \cdot L} \cdot M \cdot 10^3 \cdot \text{Factor de dilución}$$

Donde:

C= mg/L de Cianidina-3-glucósido, contenido o concentración total de antocianinas.

A = absorbancia obtenida en el espectrofotómetro.

M (peso molecular) = 449,2 g/mol de Cianidina-3-glucósido

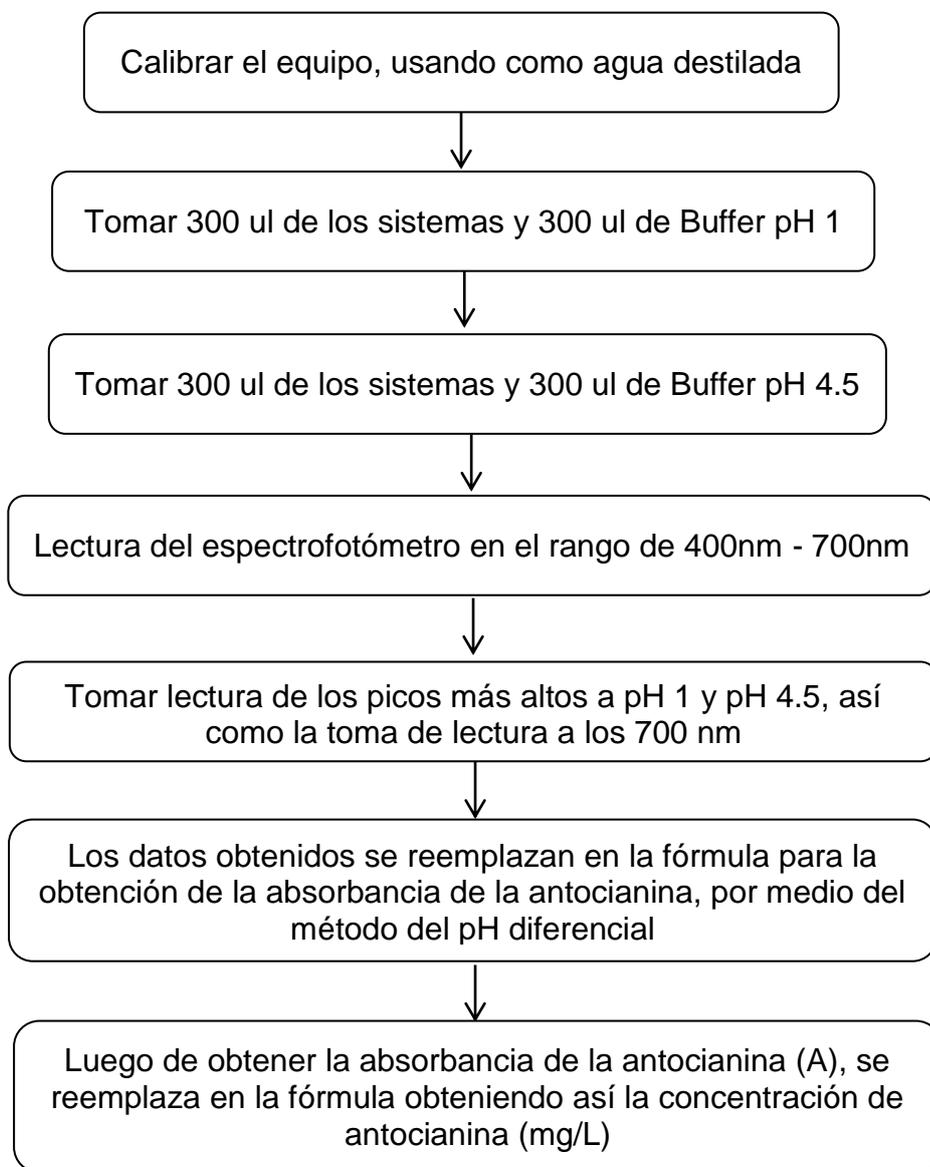
FD = factor de dilución

l= ancho de la celda en cm.

ϵ = 29600 coeficiente de extinción molar en L/mol.cm de Cianidina-3-glucósido

1000 = conversión de g a mg.

FIGURA 3: Metodología para obtener la concentración de la antocianina (mg/l) por el método pH diferencial.



FUENTE: Quintero, 2004.

V. CONCLUSIONES

1. Se logró describir la extracción de antocianinas a partir del maíz morado (*Zea mays L.*), resumiendo el proceso en dos etapas:
 - Separación de la coronta, molienda, secado en tunel, extracción hidroalcohólica ácida I y II, filtrado, evaporación, adición de encapsulante (CMC), atomización y envasado (Digrama de Flujo).
 - Mediante el método de pH diferencial se determina la concentración total de antocianina.
2. Los diferentes parámetros en el proceso de extracción de antocianinas son concentración del solvente, tiempo, temperatura, pH. Así como se detalla en cada una de las operaciones que conforman el diagrama de flujo.
3. La importancia de la antocianina como colorante y antioxidante natural, es que representa un potencial en la Industria Alimentaria teniendo aplicaciones en la coloración de bebidas, productos lácteos, productos de panadería y pastelería, mermeladas, frutas en almibar, etc.
4. El maíz morado ha despertado interés en países como Japón, Estados Unidos y China mediante la utilización del extracto de antocianinas, el sector alimentario tiene nuevas alternativas con ingredientes potencialmente saludables que proporcionen beneficios a la salud, incluyendo la reducción de riesgo de enfermedad, para la persona que lo consume.

VI. RECOMENDACIONES

1. En el Perú existen varias variedades de maíz morado como Cuzco Morado, Morado Canteño, Morado de Caraz, Arequipeño, Negro de Junín, es necesario realizar estudios experimentales de obtención de extracto de antocianina, y así investigar el diverso campo de nuestros granos autóctonos.
2. Realizar estudios similares, para determinar el contenido de antocianinas en alimentos tales como: ciruela, arándano, rábano, remolacha, camote, higo, etc.
3. Se recomienda que durante la extracción de antocianina, en periodos de tiempo el extracto parcial se mantenga en las condiciones adecuadas, protegiéndose de factores externos (luz, exposición al oxígeno), evitando así la oxidación de compuestos fenólicos.
4. La industria vinícola genera residuos de la uva, de los que se pueden recuperar o derivar productos valiosos como etanol, ácido cítrico, tartratos, antocianinas y aceite.
5. Existen otros métodos químicos para extraer antocianinas, podemos mencionar a la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS), que permite identificar los compuestos de antocianinas en plantas y fluidos biológicos; otra técnica utilizada es la resonancia magnética nuclear (NMR), se emplea en análisis de vinos y algunas frutas como bayas negras.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Aldrich, S. y Leng, E (1974). Producción moderna del maíz. Ediciones Hemisferio Sur. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina.
- ❖ Acevedo, A (2003). Efecto de la temperatura y un copigmento en la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida. Puebla, México.
- ❖ Anderson, O y Francis, G (2004). Técnicas de identificación del pigmento. Los pigmentos de plantas anuales críticas en plantas y su manipulación, Volumen 14, pp. 293-341.
- ❖ Aoki, H, et al (2004). Inhibitory effect of anthocyanin colors on mutagenicity induced by 2-amino-1methyl-6-phenylimidazol [4, 5-b] pyridine (PhIP). Foods Food Ingredients Journal, Volumen 209, pp. 240-246.
- ❖ Araujo, M (1995). Estudio de la extracción del colorante de maíz morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. Tesis para optar el grado de Mag. Sc en Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- ❖ Arias, M (1958). Proyecto de una planta de maíz morado en Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. UNMSM. Lima, Perú.
- ❖ Badui, S (2006). Química de los Alimentos: Antocianinas. Editorial Pearson Cuarta edición. México. p 420-426.
- ❖ Blanco, N y Troya R (2014). Evaluación de métodos no térmicos sobre la estabilidad de las antocianinas del maíz morado (*Zea Mays* L.) frente a temperatura de pasteurización. Tesis para optar el título de Ingeniería en Alimentos. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.
- ❖ Cano, et al (2008.) Efecto de la micro-oxigenación en el color y compuestos relacionados de antocianinas de 82 vinos con diferentes contenidos fenólicos. Diario de la química agrícola y alimentaria. 56 (14): 5.932 a 5.941 .
- ❖ Castañeda, A., Pacheco, M., Páez, M., Rodríguez, J. y Galán, C (2009). Los estudios químicos de antocianinas: Una revisión. Revista química de los alimentos. 113: 859–871.
- ❖ Cuevas Montilla, E., Antezana, A., & Winterhalter, P. (2008). Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) boliviano. Alemania.
- ❖ Delgado, F.; Jiménez R. y Paredes, O. (2000). Los pigmentos naturales: Los carotenoides, antocianinas y las betalainas, características, procesamiento y estabilidad. Revista salud y nutrición, 40: 173-289.
- ❖ Ersus, S. y Yurdagel, U (2007). La microencapsulación de pigmentos de

- antocianina de zanahoria negro (*Daucus carota* L.) por secador de pulverización. *Ingeniería de Alimentos*. 80: 805-812.
- ❖ Falcao, L., Falcão, A., Gris, E. y Bordignon, M (2008). Estudio espectrofotométrico de la estabilidad de las antocianinas de las pieles de uva Cabernet Sauvignon en un sistema modelo. *Revista Brasileña de Tecnología de los Alimentos* 1(1): 63-69.
 - ❖ Falcao, L (2003). Estabilidad de antocianinas extraídas de uvas Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) en solución tampon, bebida isotónica y yogurt. *Mestría en Ciencia dos Alimentos, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil*.
 - ❖ Fennema, O (2000). *Química de los alimentos*. Segunda Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. P. 807-820.
 - ❖ Fernández, N (1995). Estudio de la extracción y pre-purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. UNALM. Lima, Perú. 116 pp.
 - ❖ Fleschhut, J., Kratzer, F., Rechkemmer, G. y Kulling, S (2006). Estabilidad y biotransformación de diferentes antocianinas dietéticos in vitro. *Revista Europea de Nutrición*, 45 (1): 7-18.
 - ❖ Francis, F (1975). Las antocianinas como Colorantes de los alimentos. *Tecnología de los Alimentos*. 44:66.
 - ❖ Francis, F (1975). Los colorantes alimentarios: antocianinas. *Revista crítica en ciencia de alimentos y nutrición*. 28: 273 – 301.
 - ❖ Fuentes, M (2002). *El Cultivo del Maíz en Guatemala*. Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas (ICTA) Sub Programa de Maíz. Guatemala. 45Págs.
 - ❖ García A. (2005). Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes. Tesis para obtener el grado de Doctor. Universidad de Murcia, España.
 - ❖ Garzón, G (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana* 13 (3): 27 – 36.
 - ❖ Geldenhuys, L (2009). Influencia da adición de oxígeno sobre a composición fenólica de vino tinto. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad de Stellenbosch. Sudáfrica.
 - ❖ Gross, J (1987). *Pigmentos en Frutas*. Prensa Académica, Londres, Inglaterra.
 - ❖ Jing, P. y Giusti, M (2005). Characterization of anthocyanin-rich waste from purple corn cobs (*Zea mays* L.) and its application to color milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Volumen 53, pp. 8775-8781.

- ❖ Jing, P (2006). Purple corn anthocyanins: chemical structure, chemoprotective activity and structure/function relationships. Dissertation Doctor of Philosophy. Food Science and Nutrition Graduate Program. The Ohio State University. United States of America.
- ❖ Justiniano, E (2010). Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la Molina. Tesis para optar el grado de Mag. Sc en Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- ❖ Kirca, A., Özkan, M. y Cemeroglu, B (2006). La estabilidad de las antocianinas de zanahoria negra en varios zumos y néctares de frutas. *Química de Alimentos*. 97: 598-605.
- ❖ Kong, J. , Chia , L. , Goh , N. , Chia , T. y Brouillard , R (2003) . Análisis y actividades biológicas de antocianinas. *Fitoquímica* 64: 923-933.
- ❖ Lewis, C y Walker, J (1995). Efecto de los polisacáridos en el color de las antocianinas. *Química de Alimentos*. 54: 325-319.
- ❖ Leyva, D (2009). Determinación de Antocianinas, Fenoles Totales y Actividad Antioxidante en Licores y Fruto de Mora. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México.
- ❖ Lizano, A (2012). Efecto del proceso de fritura en el contenido de antocianinas en empanadas elaboradas con mezclas de harina de trigo - maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis para optar el título de Ingeniería en Alimentos. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador.
- ❖ Lock, S (1997). Colorantes naturales. Fondo Editorial, 1ra Edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 274 pp.
- ❖ Longo, L. y Vasapollo, G (2006). La extracción y la identificación de las antocianinas de *Smilax aspera* L. bayas. *Food Chemistry* 94: 226-231.
- ❖ López, L (1991). Cultivos Herbáceos. Cereales. Editorial Mundi. España. pp. 309-347.
- ❖ Malacrida, C y Da Motta, S (2006). Antocianinas en sauco de uva: Estabilidad y composición de cepa B. *Curitiba* 24 (1): 59-82.
- ❖ Manrique, A (1997). El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362 Págs.
- ❖ Manrique, A (2000). Maíz morado Peruano. Instituto Nacional de Investigación Agraria (Serie Folleto R.I N° 04-00). Lima, Perú.
- ❖ Mayorga, V (2010). Estudio de las propiedades reológicas y funcionales

- del maíz nativo Racimo de uva (*Zea mays*. L). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador.
- ❖ Medina, G (2012). Extracción del colorante antocianina a partir del maíz morado y su aplicación en la industria alimentaria. Trabajo Monográfico para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión. Huacho, Lima.
 - ❖ Olaya, C y Castaño, M. y Garzón, G (2009). La estabilidad de las antocianinas de *Rubus glaucus* Benth y *Solanum betaceum* cepa Cav.dark-rojo como afectada por la temperatura, el tiempo de almacenamiento y la actividad de agua. *Acta Biológica Colombiana* 14 (3): 141-156.
 - ❖ Owusu, A (2005). Postcosecha Química. Introducción a la química de los alimentos. Primera Edición, Editorial CRC Press. Estados Unidos. P. 219.
 - ❖ Parra, V (2004). Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico. Tesis para optar el grado de Licenciado en Ciencias de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
 - ❖ Prior, R; Wu, X y Schaich, K (2005). Métodos estandarizados para la determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en alimentos y suplementos dietéticos. *Química y Alimentos*.
 - ❖ Provenzi, G., Falcão, L. y Fett, R (2006). Estabilidad de Antocianinas de Uvas Cabernet Sauvignon con β - e γ -Ciclodextrinas. *Braz. J. Tecnología de Alimentos*. 9 (3): 165-170.
 - ❖ Quintero, C (2004). Efecto de la copigmentación sobre el color y estabilidad del pigmento en un sistema modelo (bebida), usando antocianina de rábano. Tesis para optar título de Licenciado en Quimicofarmacobiología. Universidad de las Américas. Puebla, México. Consultado el 1 de agosto del 2016 desde: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/quintero_h_cm/resumen.html
 - ❖ Quispe, R (2003). Estudio De la Exportación de Antocianinas del Camote Morado (*Ipomoea batatas* L.). Tesis para optar el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima, Perú. 148 pp.
 - ❖ Rodriguez-Saona, L y Wrolstad, R (2001). Extracción, aislamiento y purificación de antocianinas. *Publicaciones en Alimentos y Química Analítica*.
 - ❖ Santacruz, L (2011). Análisis Químico de Antocianinas en Frutos Silvestres Colombianos. Tesis para optar el grado de Mag. Sc en Ciencia Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- ❖ Scheffeldt, P y Hrazdina, G (1978). Co-pigmentación de antocianinas bajo condiciones fisiológicas. *Revista Ciencia de Alimentos*. 43: 517-520.
- ❖ Sevilla, R y Valdez, A (1985). Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX). Lima, Perú. 46 Págs.
- ❖ Shahidi, F y Naczk, M (1995). Las resinas fenólicas de alimentos: Fuentes, química, efectos y aplicaciones. *Publicaciones Tecnológicas*. P. 247-260.
- ❖ Sierra Exportadora (2012). Perfil Comercial: Antocianina de Maíz Morado [Consultado el 12 de Mayo del 2016]. Disponibilidad libre en: <<http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil-comercial-de-antocianina-de-maiz-morado>>
- ❖ Silva, J (2008). Con Ustedes, su majestad, el Maíz Morado. Agroenfoque.
- ❖ Solid Perú. (2007). Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Extraído el 12 de mayo del 2016 desde: <http://www.solidinternational.ch/wpcontent/themes/solid/sources/img/Conociendo-la-cadena-productiva-del-maiz-moradoen-Ayacucho11.pdf>.
- ❖ SUNAT. Asociación Regional de Exportadores-AREX. 2013. [Consultado el 12 de Mayo del 2016]. Disponibilidad libre en: <<http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil-comercial-de-antocianina-de-maiz-morado>>
- ❖ Takhtajan, A (1980). Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). *The Botanical Review*. New York, Estados Unidos. 46: 225 – 226, 316 – 318.
- ❖ Terranova, E (1995). Producción Agrícola I. Terranova Editores Vol 1. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- ❖ Tsai, J; Huang, H y Huang, T (2004). Relación entre los patrones de antocianinas y la capacidad antioxidante del vino en mora durante el almacenamiento. *Revista de Calidad de los Alimentos*. 27: 497- 505.
- ❖ Tsuda, T., et al (2003). Dietary cyanidin 3-O-beta-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *Journal of Nutrition*, Volumen 133, pp. 2125-2130.
- ❖ Yáñez, C., et al (2003). Catálogo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos INIAP. Programa de Maíz. Quito, Ecuador.
- ❖ Yaipén, R. (2013). Exportación de maíz morado creció 35% en el 2012. Extraído el 27 de mayo del 2016 desde: <http://www.agronegocios.pe/estadisticas/item/118-exportaciones-dema%C3%ADz-morado-creci%C3%B3-35-en-el-2012>.

- ❖ WROLSTAD, R. 1976. Color and Pigment Analyses in Fruit Products. Oregon State University Agricultural Experiment Station Bulletin 624.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Alimentos que contienen antocianinas

| Frutas | Vegetales | Frutas secas | Espicias |
|----------------|--------------|----------------|----------------|
| Aguacate | Alverjas | Almendras | Ajo |
| Albaricoque | Apio | Anacardos | Albahaca |
| Arándano | Berenjena | Avellana | Canela |
| Banana | Brócoli | Macadamia | Clavos |
| Cantalupo | Camote | Maní | Cúrcuma |
| Cerezas | Cebolla roja | Nueces | Curry |
| Ciruelas | Col | Nuez de Brasil | Jengibre |
| Durazno | Coliflor | Piñones | Mostaza |
| Frambuesa | Esparrago | Pistachos | Orégano |
| Fresa | Espinaca | Ciruelas pasas | Paprika |
| Grosella | Frejol negro | Higos | Perejil |
| Grosella negro | Frejol pinto | Pasas | Pimienta |
| Grosella rojo | Frejol rojo | | Polvo de chile |
| Kiwi | Lechuga | | Semillas Poppy |
| Mandarina | Maíz morado | | |
| Mango | Papa | | |
| Mora | Pimiento | | |
| Nectarina | Rábano | | |
| Peras | Remolacha | | |
| Piña | Tomate | | |
| Sandia | Zanahoria | | |
| Uvas | | | |

FUENTE: Wao et al., 2006.

ANEXO 2: Cadena de valor

FIGURA 1: Suministro de materia prima

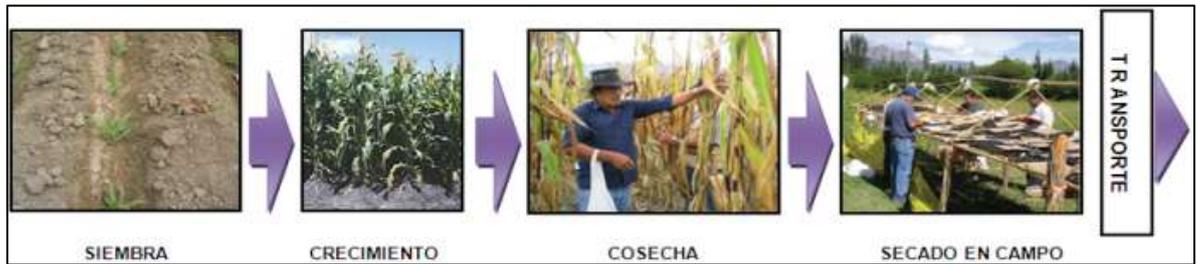


FIGURA 2: Manufactura

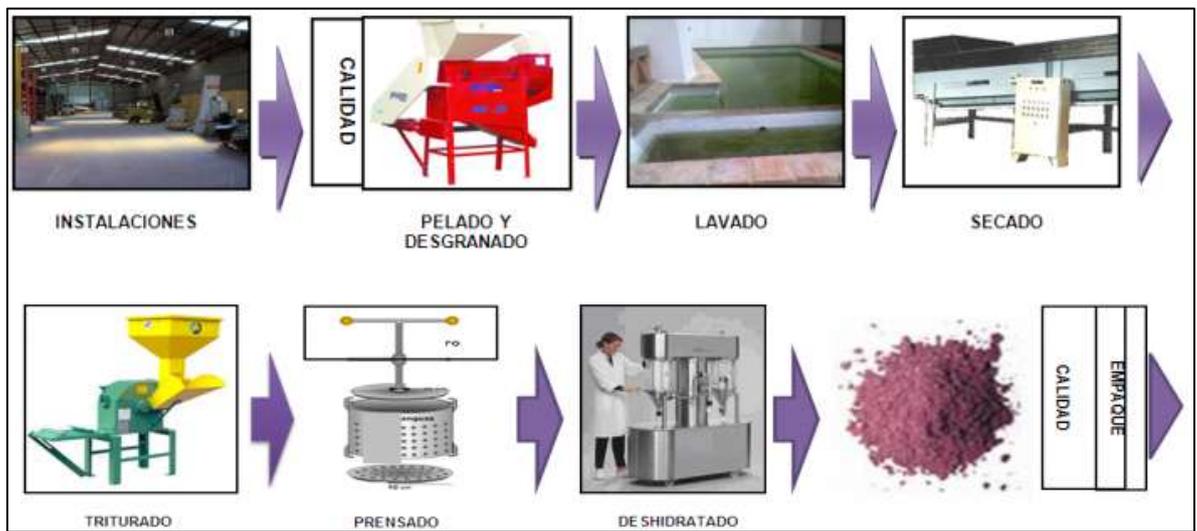
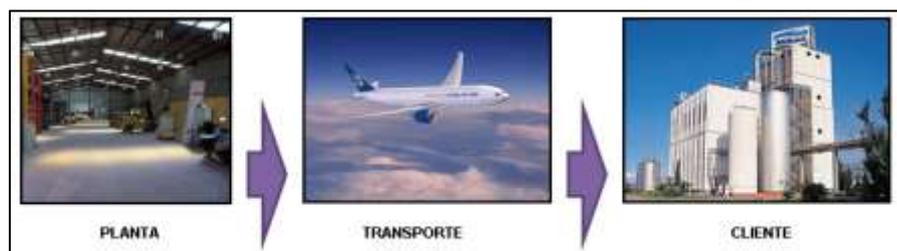


FIGURA 3: Transporte



FUENTE: Sierra Exportadora, 2012.

FIGURA 4: Ficha técnica del maíz morado (FUENTE SIICEX)

Maíz Morado

NOMBRE COMERCIAL: Zea mays L, antocianina, antocianina del maíz morado.



| Partida | Descripción |
|------------|--|
| 3203001600 | MATERIAS COLORANTES DE MAÍZ MORADO (ANTOCIANINA) |

PRESENTACION: Colorante, entero, extracto, granos, polvo.

ESPECIES Y VARIETADES: Morado canteño. Morado mejorado. Morado Caraz. Arequipeño. Cusco morado. Negro de Junín.

ZONAS DE PRODUCCIÓN: Cordillera de los Andes del Perú entre los 1,200 a 4,000 m.s.n.m.

ORIGEN: Andes peruanos.

PRINCIPALES MERCADOS

| Mercado | %Var 13-12 | %Part. 13 | FOB-13 |
|------------------------|------------|-----------|--------|
| Estados Unidos | -4% | 97% | 104.78 |
| Italia | -- | 2% | 2.40 |
| Zonas Francas del Perú | -- | 0% | 0.38 |
| Aruba | -- | 0% | 0.14 |
| Suiza | -- | 0% | 0.06 |
| Australia | -- | 0% | 0.00 |

VENTANA COMERCIAL

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | |





MAIZ MORADO

INFORMACIÓN BÁSICA

Nombre comercial: Antocianina

Nombre común: Antocianina del Maíz Morado

ESPECIFICACIONES

Las Antocianinas imparten color a bebidas, dulces y confites, productos de panadería, vegetales, conservas de pescado, grasas y aceites, mermeladas y jaleas, frutas confitadas y en almibar, 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.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Producto Natural, reconocida por la Unión Europea con el Código E-163 y también con el mismo Código por la Legislación Japonesa.
- Las Antocianinas del Maíz Morado son más estables que la Enocianina de la uva a la luz, al calor y principalmente a los cambios de pH.
- Las Antocianinas del Maíz Morado a un pH entre 3 y 3.5 permanece de un color Rojo amarillento, mientras que la Enocianina se torna azulada en esa condición.
- Las Antocianinas del Maíz Morado no contienen los sulfuros que contiene la Enocianina de la uva.
- Las Antocianinas del Maíz Morado acceden a la Certificación Kosher.
- Las Antocianinas del Maíz Morado regula la presión alta y combate el Cáncer al Colon.
- En el Perú, el Maíz Morado se ha empleado por siglos, sin tener problemas de toxicidad.

| Partida arancelaria | Descripción arancelaria |
|---------------------|--|
| 3203001600 | Materias colorantes de maíz morado (antocianina) |

ZONAS DE PRODUCCIÓN

Cordillera de los Andes del Perú entre los 1200 a 4000 m.s.n.m.

RECOMENDACIONES

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 gracias a las investigaciones del Profesor Tomuyuki Shirai de la Facultad de Medicina de la Nagoya City University y la Empresa San Ei Gen en Japón, se concluyó que el principio activo del Maíz Morado, evita la presencia de Cáncer al Intestino grueso (Cáncer al Colon) Así mismo según nuestra Farmacopea Natural, las Antocianinas del Maíz Morado actúan como regulador de la presión alta.

PRINCIPALES MERCADOS A DONDE SE EXPORTA

Estados Unidos, Japón, Venezuela, Países Bajos, España, Italia, Canadá, Alemania, Aruba, Panamá, Reino Unido.

FORMAS DE PRESENTACIÓN

Colorante, Congelado, Coronta,
Entero, Extracto, Granos, Harina, Seco.