

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**



**OBTENCION DE COLORANTE A PARTIR DEL MAIZ MORADO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JOSE ANTONIO ELIAS SANSONI**

**DERY GAMERO COLLADO**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUIMICO**

**LIMA — PERU**

**1988**

**U N I V E R S I D A D   N A C I O N A L   D E   I N G E N I E R I A**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**

**OBTENCION DE COLORANTE A PARTIR DEL MAIZ MORADO**

**T E S I S**

**PRESENTADA POR**

**JOSE ANTONIO ELIAS SANSONI**

**DERY GAMERO COLLADO**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUIMICO**

**L I M A            P E R U**

**1 9 8 8**

OBTENCION DE COLORANTE A PARTIR  
DEL MAIZ MORADO

	<u>Pág.</u>
CAPITULO I	
INTRODUCCION	2
CAPITULO II	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6
CAPITULO III	
ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA	10
1 Datos Históricos	10
2 Utilidad	13
3 Naturaleza Química	15'
3.1 Antecedentes Botánicos	15
3.2 Composición Química	16
3.3 Desarrollo del Pigmento Morado del Maíz y Factores que Intervienen en su Aparición	18
CAPITULO IV	
ESTUDIO DEL PRODUCTO	22
1 Naturaleza Química de las Antocianinas	22
2 Utilidad	26

3 Factores que Influyen en la Degradación de las Antocianinas	27
4 Mecanismos de Degradación	28
CAPITULO V	
OBTENCION DE COLORANTE A NIVEL DE LABORATORIO	39
1 Métodos de Extracción	39
1.1 Extracción Directa	40
1.2 Extracción Soxhlet	41
2 Métodos de Identificación de las Antocianinas	41
2.1 Análisis Cromatográfico	42
2.2 Análisis Colorimétrico	43
2.3 Análisis Espectrofotométrico	43
3 Procedimiento Experimental a Nivel de Laboratorio	44
3.1 Extracción Directa	44
3.2 Extracción Soxhlet	46
3.3 Pruebas Cromatográficas	47
3.4 Pruebas Espectrofotométricas	48
CAPITULO VI	
OBTENCION DE COLORANTE A NIVEL DE PLANTA PILOTO	51
1 Procesos de Obtención	51
1.1 Extracción	51
1.2 Filtración-Centrifugación	55
1.3 Concentración	56
1.4 Secado	57
2 Selección de Procesos y Condiciones de Operación	59
3 Procedimiento Experimental a Nivel de Planta Piloto	60
3.1 Extracción	60
3.2 Filtrado	61
3.3 Concentración	61
3.4 Secado	62
CAPITULO VII	
ANALISIS ECONOMICO	64
CAPITULO VII	
BIBLIOGRAFIA	

APENDICE I Tablas

APENDICE II Figuras

APENDICE III Cuadro, Resumen y Condiciones de Operación.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

## 1. INTRODUCCION

Desde hace algún tiempo debido a los problemas de salud que acarrearán los productos sintéticos, se ha creído necesario reemplazarlos por productos naturales, previniendo de esta manera daños futuros. Así es que surgió la idea de utilizar flores y plantas para extraer colorantes naturales. Dichos colorantes pueden usarse para la fabricación de alimentos en polvos y en la industria farmacéutica.

Así como la clorofila dá el color verde a las lechugas, y el caroteno dá el color naranja a las zanahorias, las antocianinas son las responsables de la mayor parte de los colores rojo, azul y violeta de los vegetales, desde los musgos hasta las plantas con semillas.

El incremento de la población mundial y la carencia de producción de alimentos, para mantenerla es un problema que ha preocupado y preocupa a muchos gobiernos. Así también lo entienden diferentes organismos internacio-

nales que buscan la manera de satisfacer estas necesidades.

La creciente necesidad de materias colorantes llevó a los investigadores a obtener un colorante artificial a partir de los hidrocarburos del alquitrán de hulla y del petróleo que se ha venido usando en los últimos años para colorear alimentos. Sin embargo, a pesar de su éxito inicial, han resultado ser dañinos al menos en el aspecto alimenticio. Los colorantes artificiales han resultado ser potencialmente cancerígenos y se ha demostrado que provocan otros males como urticarias, asma, afecciones hepáticas, etc. (1)

Luego, debido al peligro que significa el empleo de los colorantes sintéticos, actualmente se busca renovar las fuentes de colorantes utilizando productos naturales, los cuales no sólo aseguran ser saludables, sino que proporcionan matices que dan una atractiva y artística presentación de los alimentos.

Una de las plantas hacia la cual los investigadores han dedicado su atención en los últimos años es el maíz morado. Este cereal, característico del Perú y la Zona Andina de Sudamérica, posee una gran calidad como colorante y recientemente se está buscando la extracción e industrialización del colorante del maíz con el mínimo de degradación de éste compuesto.

En el presente trabajo, se ha realizado un estudio acerca de los procesos de extracción e industrialización del colorante del maíz morado, además del reconocimiento de la antocianina: "cianina" como el principal compuesto químico responsable del color.

C A P I T U L O   I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Debido a la actual inquietud de reconsiderar el uso de colorantes naturales y dado que nuestro país es un gran productor de maíz morado, su comercialización a un extracto colorante es de gran utilidad.
- 2.- Para la extracción del colorante, se recomienda utilizar soluciones a un PH ácido (Entre 4 y 5) para evitar degradaciones, ya que a bajo PH la antocianina tiene la estructura de flavilij<sub>0</sub> que es más estable. (2).
- 3.- A temperaturas de 100<sup>0</sup>C, el colorante sufre una alta degradación, el extracto toma un color marrón.
- 4.- A temperaturas mayores de 100<sup>0</sup>C, los valores máximos obtenidos en el colorímetro se desplazan a mayores.
- 5.- Se eligió 70<sup>0</sup>C como temperatura de extracción para acelerar la extracción, ya que a mayor temperatura se

puede extraer más rápidamente colorante, pero a temperatura cercana a los  $100^{\circ}\text{C}$ , se descompone.

- 6.- Debido al bajo costo, se ha elegido agua como solvente.
- 7.- Es recomendable prensar los sólidos para recuperar el líquido retenido en él y evitar pérdidas.
- 8.- El porcentaje de sólidos en el extracto es de 0.6 % y en el concentrado es de 3 %, debido al sistema de extracción y concentrado utilizado, que no permitía concentrar eficientemente.
- 9.- Se recomienda concentrar el extracto hasta 30-50 % de sólidos para que el secado se realice en menor tiempo.
- 10.- Se recomienda el uso de antiespumantes durante la concentración, ya que se observa que al calentar la solución se produce espuma, la que causa arrastres durante la operación.
- 11.- El uso de CMC (Carboximetilcelulosa) durante el secado mejora la calidad del producto. La CMC ayuda a que los sólidos obtenidos al momento del secado no sean pegajosas y permite la aglomeración de las partículas de pigmento facilitando su separación en el ciclón.
- 12.- Se encontró el pico máximo de identificación de

las antocianinas presentes en el maíz morado, a - 528 mm.

- 13.- El producto en polvo no debe exponerse al ambiente y protegerse de la humedad y la luz, ya que se observó que el producto en polvo absorbe rápidamente humedad del ambiente, formándose grumos y se sabe que la luz descompone la antocianina.
- 14.- Según las pruebas espectrofotométricas y cromatográficas, la principal antocianina presente en el maíz morado es la cianina.
- 15.- Las curvas espectrofotométricas del producto obtenido comprueban que no se ha degradado la antocianina presente en el extracto.
- 16.- El rendimiento basado en el peso de coronta molida es de 6% aproximadamente, esto se obtiene de la -- Prueba # 6, que fue realizada a mayor escala y con mínimo de pérdidas.

C A P I T U L O   I I I

E S   T U D I O   D E   L A   M A   T E R I A   P R I M A

~~UNIVERSIDAD~~

### III. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

#### 1. Datos Históricos :

El maíz está considerado como una de las pocas plantas de considerable importancia económica de América. Su historia se remonta a los años después del descubrimiento de nuestro continente, proximadamente en 1498.

Sin embargo, el origen de esta planta se pierde en la antigüedad y han sido muchos los investigadores que han tratado de determinarlo, basándose en estudios botánicos, citogenéticos, observaciones geológicas, arqueológicas y datos históricos. Los primeros seres humanos se dedicaron a la caza, a la pesca y a la recolección de frutas silvestres. Luego, empezaron a coleccionar especies para cultivarlas, y se cree que el maíz fue una de las primeras plantas que el hombre americano cultivó. Aún no se ha determinado con exactitud el origen

del maíz, pero se cree que puede ser en México , Centro-América, las tierras altas del Perú, Ecuador y Bolivia ó en las tierras bajas del Paraguay. Cualquiera que sea el origen, lo cierto es que a la llegada de los españoles el maíz ya se cultivaba ampliamente en América Pre-colombina y en el Perú, tanto el maíz blanco como el maíz morado constituían uno de los principales alimentos de los antiguos peruanos conjuntamente con la yuca, papas, frijoles, y una gran diversidad de frutas. Efectivamente, en estas épocas el maíz desempeñaba un gran papel en la alimentación ya que los indios lo consumían en variadas formas, al maíz

blanco en forma de tortillas, arepas, tamales y el maíz morado en la fabricación de chicha morada y de jora.

Desde la época de la conquista hasta nuestros días el cultivo de maíz en América ha ido incrementándose y ha desempeñado un papel muy importante en la historia post-colombina. Durante la colonia, este cereal siguió adquiriendo importancia y a los usos que ya le daban los aborígenes se sumaron las innovaciones europeas, así se empezó a utilizar este cereal en la alimentación de animales domésticos y en la preparación de nuevos alimentos mezclados con leche.

En el siglo XVI, después de la conquista el maíz fue llevado a Europa, difundiendo en la Península Ibérica y en las tierras de Africa y Oriente rápidamente debido a su adaptabilidad y gran versatilidad. Sin embargo, sólo el maíz amarillo llegó a obtener gran difusión, pues el maíz morado no pudo adaptarse a las tierras europeas y no fue posible su difusión fuera de territorio andino. Ambas variedades de maíz proporcionan un alto rendimiento en calorías, superior al del arroz y trigo; además es posible conseguir un elevado rendimiento en la cosecha con un gasto bastante pequeño de semilla y no requiere cuidados especiales como en otros cereales, es de fácil conservación y transporte y es posible utilizar ambas variedades en la fabricación de harinas y otros productos.

El maíz es uno de los alimentos básicos en nuestro país y su cultivo ha sido ampliamente difundido en las diferentes regiones de nuestro país. Así lo demuestran las cifras estadísticas del Ministerio de Agricultura mencionadas más adelante. (cuadro Nº 1).

En los últimos años se ha observado una intensa exportación del maíz morado a Japón y otros países tal como se muestra en los datos extraídos del Ministerio de Comercio. (cuadro Nº 2)

## 2. Utilidad

Tanto el maíz morado como el maíz blanco se pueden usar íntegramente para dar numerosos productos además del grano. Sin embargo, es posible resumir sus usos a tres fines fundamentales:

- a. Como alimento humano básico.
- b. Como forraje para ganado; y
- c. Como materia prima para la fabricación de numerosos productos industriales.

El maíz blanco es usado actualmente en la fabricación de harinas en el consumo humano y también como forraje para los animales, de tal manera que nada del maíz se desperdicie, utilizando sus granos y las corontas del mismo.

El maíz morado es usado para la preparación de mazamorras y chicha morada, tanto en la industria alimentaria como en casa. La finalidad de este estudio es comprobar el uso efectivo del maíz morado como colorante para la fabricación de "colorantes naturales" de aplicación en productos alimenticios y en productos farmacéuticos para el recubrimiento de tabletas y grageas.

Además, el procedimiento de extracción de colorante del maíz morado ha empezado a tomar importancia desde que los colorantes sintéticos han sido

calificados como cancerígenos.

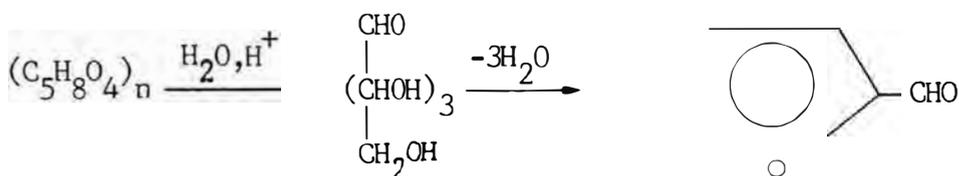
El Perú es uno de los primeros países productores y consumidores de maíz morado, sin embargo, su cultivo no ha sido desarrollado ni tecnificado ; quizás por la presencia de su color morado no se ha utilizado en la industria almidonera, concentrándose toda la atención sobre el maíz blanco. A pesar de esto, es posible encontrar utilidad para los granos de maíz morado en la fabricación de levadura prensada y de chicha de jora.(3).

El extracto de maíz morado, además de los usos anteriormente mencionados, ha encontrado nuevos campos en la industria del vino y vinagre sintéticos; pues posee pigmentos análogos a los del vino y el vinagre naturales. Estudios anteriores (3) han determinado que el mayor porcentaje de colorante se encuentra en la coronta del maíz morado, la cual después de haber sido agotada en su proceso de extracción, es luego desechada; pero es posible convertir a esta coronta desechada en materia prima para la obtención de furfural, debido a su alto contenido de pentosana.

El furfural es una materia prima para la síntesis del nylon por el método Dupont; el furfural o furfuraldehído se obtiene por tratamiento de cáscas

ras de avenas o arroz o corontas de maíz con ácido clorhídrico hirviente. En esta reacción se hidrolizan pentosanas (polipentósidos) o pentosas, las que se deshidratan y ciclizan para formar el furfural.

La reacción de la pentosana para dar el furfural es la que se presenta:



Pentosana

Pentosas

Furfural  
(2-Furanocarboxialdehído).

### 3. Naturaleza Química

#### 3.1 Antecedentes Botánicos

Desde el punto de vista botánico, este cereal pertenece a la familia Graminae, a la tribu de las Maydeae, conocidas también como Triptacea.

Los géneros americanos más conocidos son:

- a. Zea, que es el más importante.
- b. Tripsacum (maicillo), valioso por su uso

como forraje más que como grano.

c. *Enchlaena* (Teosinte), que parece ser el pariente más cercano al maíz.

El género *Zea* está representado por la única especie *Zea Mays* L., que es el grano indio.

### 3.2 Composición Química

El maíz morado es uno de los cereales al que más usos se le puede dar, al igual que las otras calidades de maíz susceptibles a mejoramiento mediante

una variación en su composición química. La com-

posición química del maíz morado es igual a la del maíz común o amarillo, diferenciándole únicamente el compuesto que le da su color característico; pero su contenido en almidón es tan rico como el de las otras calidades de maíz. Por lo tanto, es un alimento con un alto contenido calórico.

En el APENDICE I se expone la Tabla de composición mineral del maíz. (4).

El maíz morado debe su color a un glucósido conocido como Antocianina. Las Antocianinas constituyen el principio colorante de flores, hojas y frutos de colores rojo, azul, violeta. Este colorante se encuentra disuelto en el jugo celular y el color que proporcione depende del PH del medio en el que se encuentra; así, en un medio ácido toma

un color rojo; violeta si es neutro y azul si es alcalino. El color de la Antocianina del maíz morado corresponde a un medio neutro entre 5 a 7.5. (3).

Es importante mencionar que las antocianinas no se encuentran aisladas en el jugo celular, sino que se encuentran mezcladas en forma binaria y la proporción depende del estado de maduración de la planta o de la zona geográfica del cultivo (5).

Es muy difícil precisar el grupo antociánico del maíz morado, pero en este estudio hemos podido definir cuál es el componente en mayor abundancia y más aún, se le ha reconocido por medios espectrofotométricos. Nos referimos a la Cyanidina 3-  $\beta$  glucosido. Más adelante se explicará el método de reconocimiento.

Las antocianinas son sustancias de grado de oxidación intermedio entre los flavones, los cuales son los principios colorantes de hojas y flores amarillas, y las catequinas, que son combinaciones - cristalinas incoloras consideradas como leucoantocianinas. El esquema de los compuestos químicos mencionados que se presenta más adelante permite observar el grado de oxidación de cada uno de estos compuestos.

Ya que las antocianinas poseen un grado de oxida-

ción intermedio, son susceptibles a variar de color si se encuentran en un medio oxidante como el aire o bajo la acción de la luz o de la temperatura.(3)

### 3.3 Desarrollo del Pigmento Morado del Maíz y Factores que Intervienen en su Aparición

El Zea Mays es un cereal poco común debido a que

sus estambres y pistilos de la flor se encuentran separados; los estambres en forma de racimos se encuentran en la parte superior de la planta, mientras que los pistilos se encuentran en la parte lateral, en las axilas de las hojas. Los pistilos se insertan sobre un eje esponjoso o coronta y al fecundar, el conjunto forma la mazorca. Debido a la posición poco común de los estambres y pistilos de la flor del maíz, éste es considerado entre las monoicas de flores unisexuales. Los elementos masculino y femenino de la flor no coinciden en sus fechas de floración ya que la emisión de polen precede a la inflorescencia femenina, la planta es muy propensa a hibridarse.

El tallo cilíndrico y nudoso, en su parte medular es esponjoso y rico en azúcar. El tallo es pequeño. Las hojas son alternas, envainadoras, largas, delgadas y puntiagudas. El fruto lo constituye la semilla que se encuentra pegada al pericarpio y es muy rica en almidón. El maíz es amiláceo por exce

bajo de él aparece un almidón muy blanco. Vemos así, que no sólo es posible usar la coronta, sino los granos y la cascarilla morada de los mismos también se puede usar para extraer el colorante.

Se ha tratado de propagar este maíz en diferentes zonas de Europa y América en las que el maíz morado no es oriundo, pero no se ha llegado a resultados positivos, lo que nos conlleva a precisar que existen factores que influyen en la aparición del color del maíz. Estos factores son:

- a. El factor climático; se ha observado que la zona más propicia para el cultivo de este cereal son las sierras bajas de la zona andina, tanto del Perú como de Bolivia, Méjico y Guatemala.
- b. El otro factor es el hereditario, el cual se fija por la acción de los genes en el momento de la fecundación. Según Grobman, los genes A, B, P1 y  $r^{ch}$  son los causantes de la aparición del color en el maíz morado. Si alguno de estos genes no se presenta o se encuentra inhibido, el color no aparece (3).

El pigmento antociánico al que el maíz morado debe su color es elaborado por la planta y se encuentra en la savia celular; aparece después de la fecundación, cuando se inicia la maduración en la mazorca. Inicialmente, la mazorca es blanca, pero a medida

que va madurando, aparecen unos puntos morados en los granos y luego la coloración se extiende hacia el pericarpio del grano y hacia el centro de la mazorca, es por esto que la coronta es rica en el pigmento, pues allí se concentra la coloración morada, mientras que la semilla o grano no se tiñe y sólo el pericarpio presenta la coloración.

C A P I T U L O   I V

ESTUDIO DEL PRODUCTO

#### IV ESTUDIO DEL PRODUCTO

##### 1. Naturaleza Química de las Antocianinas

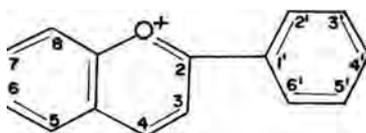
El término antocianina se deriva de las palabras griegas para flor y azul y fué utilizada por Marquart (2) en 1835 para designar el pigmento azul de las flores. Después se notó que no sólo el color azul, sino también el púrpura, violeta, magenta y casi todos los tonos de rojo que aparecen en muchas flores y frutos y algunas hojas, tallos y raíces de plantas se debían a pigmentos químicamente similares a las antocianinas de Marquart.

Se presupone que las antocianinas ayudan a atraer insectos a las flores y pájaros y otros animales a los frutos para los propósitos de polinización y diseminación de las semillas respectivamente.

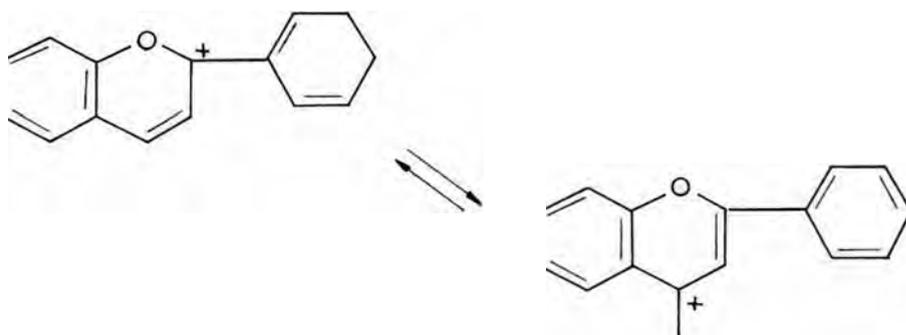
De acuerdo con Willstatter y Everest, (6) la mayoría de antocianinas se encuentran disueltas en el jugo celular de flores, frutos y otros órganos de

las plantas y pertenecen a un grupo de glicósidos; las porciones libres de azúcar de éstos compuestos se denominaron antocianidinas.

Las antocianinas son polihidroxi y metoxi derivados de la estructura básica 2-fenil-benzopirilio ó flavilio.



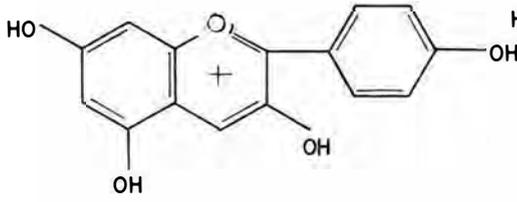
La forma de oxonio ha sido ampliamente aceptada, aunque también se ha propuesto la estructura de carbono involucrado en sistema alílico resonante entre los átomos de carbono 2, 3 y 4. (2)



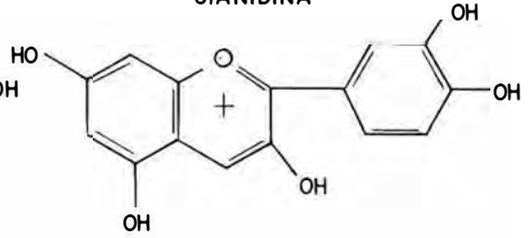
Las antocianinas más comunes encontradas en los alimentos son:

1. PELARGONIDINA (3, 5, 7, 4 -Tetrahidroxiflavilio)
2. CIANIDINA (3,5,7,3',4', Pentahidroxiflavilio)
3. DELFINIDINA (3,5,7,3',4',5'-Hexahidroxiflavilio)
4. PEONIDINA (3,5,7,4'-Tetrahidroxi-3'-Metoxiflavilio)
5. PETUNIDINA (3,5,7,4',5'-Pentahidroxi-3-Metoxiflavilio)
6. MALVIDINA (3,5,7,4'-Tetrahidroxi-3',5'-Dimetoxiflavilio)
7. HIRSUTIDINA (3,5,4'-Trihidroxi-7,3',5'-Trimetoxiflavilio)
8. GESNERIDINA (APIGENINA) (5,7,4'-Trihidroxiflavilio)

PELARGONIDINA



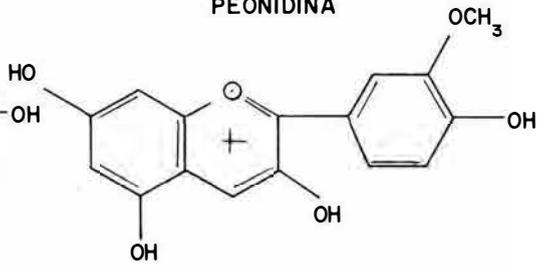
CIANIDINA



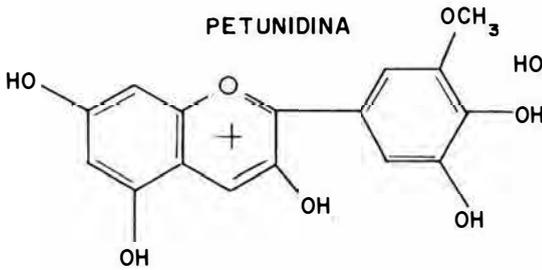
DELFINIDINA



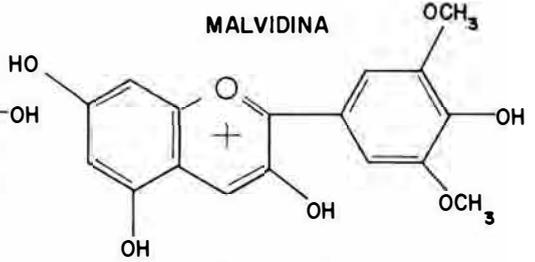
PEONIDINA



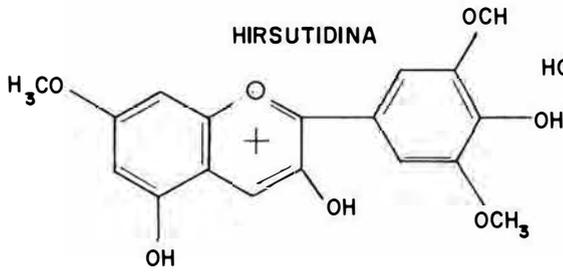
PETUNIDINA



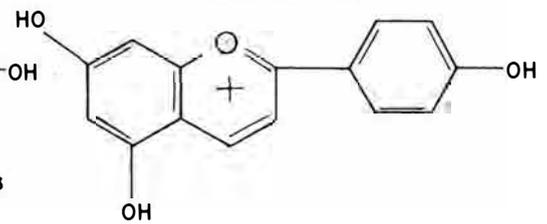
MALVIDINA



HIRSUTIDINA



GESNERIDINA



## 2. Utilidad

La creciente necesidad de materias colorantes para la industria de los alimentos, no ha podido ser satisfecha por las fuentes naturales, no sólo en volumen sino también en lo relacionado con su precio. Frente a este reto es cuando la química orgánica sintética empezó a producir colorantes a partir de los hidrocarburos del alquitrán de hulla y del petróleo, los cuales por sus bajos costos paulatinamente han desplazado a los naturales en tal intensidad, que actualmente un porcentaje muy elevado de éstos, son empleados para colorear alimentos.

Sin embargo, en los últimos años, a pesar del éxito inicial del empleo de colorantes sintéticos en los alimentos, el problema alimenticio- por lo menos en este aspecto- no fué ni es de fácil solución, debido a que los colorantes artificiales han resultado ser potencialmente cancerígenos, en unos casos y se ha demostrado que provocan diversas enfermedades tales como urticarias, asma, afecciones epáticas, etc. en otros casos. (1)

Como consecuencia del peligro que significa el empleo de los colorantes sintéticos en la industria de los alimentos, hay una fuerte corriente para descartar el uso de los pigmentos sintéticos con fines alimenticios, y ahora hay un renovado interés por

la utilización de los pigmentos naturales y esto no sólo permite visualizar que los colorantes naturales no sólo son importantes por los matices que dan una atractiva y artística presentación a los alimentos, sino apreciar por su contenido en azúcares y aglicones, como saludables fuentes de alimentación del hombre.

### 3. Factores que influyen en la degradación de las antocianinas

Las antocianinas son pigmentos no muy estables . Estas se pueden degradar mientras aún están en el tejido fresco o pueden destruirse durante el procesado y el almacenamiento de la mercancía.

Entre los factores más importantes que afectan la estabilidad de las antocianinas en los alimentos tenemos los siguientes:

#### 1. Enzimas

Varias enzimas han sido implicadas en la decoloración de antocianinas. Huang demostró que los glicósidos fungales (antocianasas) pueden hidrolizar los enlaces glicosídicos de las antocianinas y producir antocianidinas, las cuales son mucho menos estables que las antocianinas y decoloran espontáneamente.

## 2. Temperatura de Procesado y Almacenamiento

La velocidad de degradación se incrementa con la elevación de la temperatura, como en el caso de la mayoría de reacciones químicas. La pelargonidina 3- glucósido pura calentada (50 a 100°C) en solución acuosa pierde color según una cinética de reacción de 1º orden y con una energía de activación de 27,000 Cal/mol (2). El mismo pigmento en jugo de fresas y conservas exhibe similar comportamiento cinético.

Meschter (2) fue capaz de demostrar una relación logarítmica entre la retención del color de la antocianina en las conservas de fresas y la temperatura sobre un rango que cubre la temperatura de procesado y almacenamiento. El mostró que el tiempo para la destrucción del 50% del pigmento antociánico (vida media) en una conserva de fresas a 100°C era 1 hora, durante el almacenamiento a 38°C (temperatura de almacenamiento de alimentos del ejército de U.S.A.) la vida media era 10 días, a 20°C era 54 y a cero grados se esperaba una vida media de 11 meses.

Markakis (2) et al. encontraron que el efecto de la temperatura en la pelargonidina pura, el

mayor pigmento de las fresas, en solución buffer no era muy diferente al descrito por Merhter y recomendaron procesos de calentamiento de corto tiempo y alta temperatura para la mejor retención del pigmento. Estos resultados fueron recientemente corroborados por Adams y Cugley quiénes mostraron que durante la esterilización a alta temperatura de frutas rojas enlatadas y embotelladas, la pérdida del pigmento era despreciable en comparación a la que ocurre durante el enfriamiento lento y subsecuente almacenamiento a temperatura ambiente.

### 3. Oxígeno y Peróxido de Hidrógeno

La mayoría de autores están de acuerdo en que el oxígeno ejerce un efecto deteriorante en los pigmentos antociánicos. Nobensky et al. encontraron que el oxígeno y la temperatura eran los "agentes acelerantes más específicos" en la degradación del pigmento en jugos de arándano, cereza, grosella, uva, frambuesa y fresa.

La oxidación de las antocianinas por  $H_2O_2$  fué observada muy temprano en el estudio de antocianinas. El interés práctico del efecto del  $H_2O_2$  en antocianinas se debe a la hipótesis de

que al oxidarse aeróbicamente el ácido ascórbico, se forma  $H_2O_2$  el cual induce la destrucción de la antocianina.

#### 4. Acido Ascórbico

Se ha sugerido una posible interacción entre el ácido ascórbico y las antocianinas debido a que algunos investigadores han observado pérdidas paralelas de ambos compuestos en jugos de frutas.

Markakis et al. notaron esta interacción aún cuando el oxígeno era removido meticulosamente del sistema modelo.

El efecto decolorante del ácido ascórbico en pigmentos antociánicos no está completamente comprendido y tal vez más de un mecanismo esté involucrado en el proceso.

#### 5. pH

A un pH bajo se espera estabilidad en el color de antocianinas ya que el equilibrio entre el flavilio coloreado y la pseudo base incolora es desplazado hacia el flavilio el cual es mucho más estable que la pseudobase. En efecto, Meschter mostró que la estabilidad del color en soluciones buffer de antociani-

nas se incrementaba cuando el pH decrecía en un rango de 5 a 1.

Markakis et al. observaron que el pH ejercía poco efecto en la velocidad de degradación de la antocianina de las fresas cuando el aire en el sistema modelo era reemplazado por nitrógeno, aunque la destrucción del pigmento era fuertemente pH-dependiente en presencia de  $O_2$ .

Tinsley y Bockian, (2) mostrarón que bajando el pH se ejercía un fuerte efecto estabilizante en la pelargonidina en sistemas modelo calentados en aire. De estos hallazgos se desprende que un significativo efecto estabilizante en las antocianinas al bajar el pH dentro de límites aceptables se puede esperar solo en presencia de  $O_2$ .

## 6. Metales

La decoloración de frutas que contienen antocianinas por la reacción con el metal de los envases ha sido largamente conocida por la industria envasadora. Se usan latas recubiertas con una laca especial para el envasado de frutas y vegetales rojos, azules y púrpuras, no solo para preservar el color sino también para evitar la corrosión de la lata.

En la reacción con el metal, las antocianinas actúan como despolarizadores anódicos o catódicos. Como despolarizadores catódicos las antocianinas probablemente son reducidas por el hidrógeno nasiente formado en la reacción metal-ácido.

Los despolarizadores anódicos son generalmente antocianinas con al menos 2 grupos hidroxilos en posición Orto. Los iones estañosos formados durante la iniciación de la corrosión de la hojalata reaccionan con el hidroxil orto de la antocianina formando compuestos purpúreos.

## 7. Luz

El efecto de la luz en el color de la antocianina en alimentos procesados no ha sido estudiado completamente. Van Buren et al. encontraron que los diglicosidos de antocianidinas acilados metilados mostraban la mayor estabilidad contra la luz en los vinos; los diglicosidos no acilados fueron menos estables y los monoglicosidos aún menos estables.

## 8. Azúcares y Productos de su Degradación

Algunos investigadores observaron que la presencia de azúcares aceleraba la degradación de

la pelargonidina en productos de fresas. La fructuosa, arabinosa, lactosa y sorbosa fueron más deteriorantes al pigmento que la sucrosa, glucosa y maltosa. El  $O_2$  agrava el efecto destructivo de los azúcares.

Meschter relacionó el efecto de los azúcares sobre las antocianinas a los productos de la degradación del azúcar como furfural y 5-hidroximetil furfural los cuales se forman cuando los azúcares son calentados con ácidos.

#### 9. Dióxido de Azufre

El blanqueo de antocianinas por  $SO_2$  es frecuentemente encontrado en la industria de frutas. Este blanqueo puede ser reversible o irreversible. Las frutas y pulpas preservadas por cantidades moderadas (500 a 2,000 ppm) de  $SO_2$  son desulfitadas antes de un procesamiento adicional y el color de la antocianina retorna.

#### 4. Mecanismos de Degradación

Del análisis de los factores que afectan la degradación de las antocianinas es aparente que no se puede proponer un esquema universal para la degradación de estos pigmentos en productos comercia-

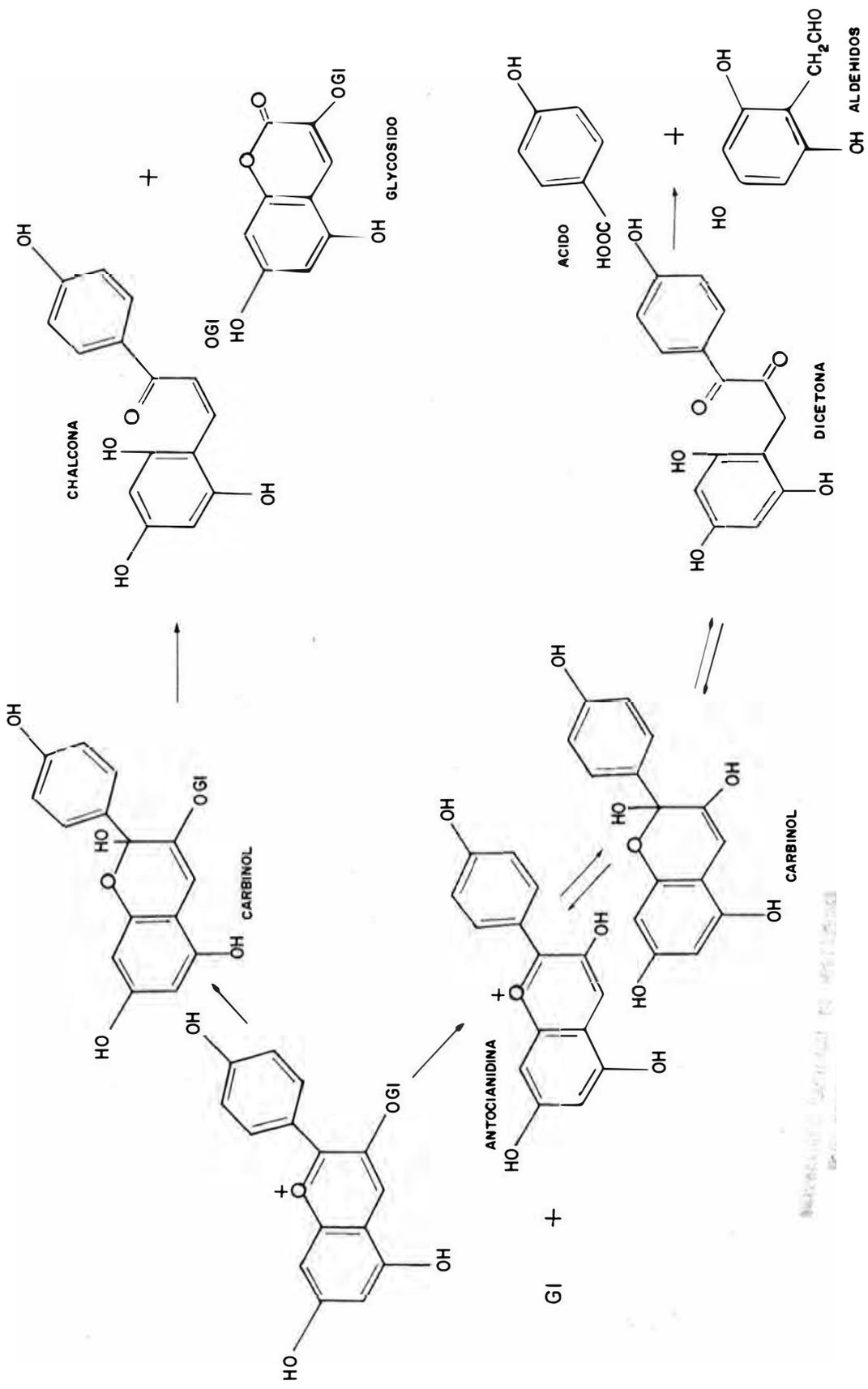
les. Aún en sistemas modelo en los que se puede excluir muchos factores, se han propuesto dos mecanismos (2).

Según el primero de ellos, el anillo heterocíclico de la pseudo base incolora, el cual está en equilibrio con la sal de flavilio, se abre para formar una chalcona incolora, antes que la unión glicosídica se hidrolice.

El segundo mecanismo es el propuesto por Adams , él cree que la hidrólisis del enlace glicosídico es el primer paso en la degradación de las antocianinas, ya que él fue capaz de determinar azúcares durante la degradación, y la velocidad de formación de azúcar era similar a la de la desaparición del color rojo. La razón de que no se haya detectado ningún aglicón en el proceso, es atribuido por Adams (2) a la bien conocida inestabilidad de las antocianidinas. Harper ha mostrado que la pelargonidina sufre fisión del anillo heterocíclico en el rango de pH de 2 a 5 para producir una dicetona.

Jurd (2) ha notado que en el mismo rango de pH la cianidina se descompone espontáneamente para producir ácido de hidroxibenzoico. Es conocido que las - dicetonas se hidrolizan fácilmente a ácidos.

Basándose en esta información, los dos posibles mecanismos pueden resumirse en la siguiente figura:



MECANISMOS DE DEGRADACION

Adams observó que la adición de Sulfito de Sodio a la cianidina-3-rutinososa pura a pH 3 incrementaba la estabilidad de la antocianina durante el reflujo a 100<sup>o</sup>C en una atmósfera de N<sub>2</sub>. El asoció la estabilización al efecto de retiro del electrón del grupo sulfónico causando la desactivación del enlace aglicón-azúcar y por lo tanto previniendo su hidrólisis, de acuerdo con Adams la hidrólisis del enlace glicósidico es la primera reacción en la degradación de la antocianina.

## C A P I T U L O V

OBTENCION DEL COLORANTE A NIVEL DE LABORATORIO

## V. OBTENCION DEL COLORANTE A NIVEL DE LABORATORIO

### 1. Extracción

Todas las antocianinas son solubles en compuestos polares como el agua y el alcohol (generalmente metanol o etanol, se usa el último cuando el colorante va a ser usado para fines alimenticios) y son insolubles en compuestos no polares como eter, acetona, cloroformo y benceno. Por lo tanto los procesos de extracción de las antocianinas se basan en el uso de agua o alcohol como solvente.

Para la extracción de las antocianinas del maíz morado se utiliza solo la coronta, ya que es donde se encuentra la mayor concentración del colorante, y debido a que los granos contienen almidón que puede malograr el producto.

Para la extracción se muelen previamente las coronas para obtener una mayor superficie de contacto y facilitar la extracción.

A continuación describimos brevemente los métodos más comunes para extraer antocianinas:

### 1.1. Extracción Directa

La extracción directa es aquella en que la materia prima se pone en contacto directo con el solvente. Como hemos indicado solvente utilizado puede ser agua o alcohol y con cada uno de estos solventes se pueden tener diferentes formas de extracción:

La primera forma de extracción consiste en una simple maceración, es decir, dejar la materia prima en remojo en el solvente por varias horas. De esta forma se puede extraer el colorante sin degradación, pero el rendimiento es bajo.

Otra forma de extracción es calentando el solvente, esta extracción debe hacerse a menos de  $100^{\circ}\text{C}$  para evitar una fuerte degradación del colorante.

Cada una de las formas de extracción descritas anteriormente presentan una variante adicional ya que generalmente se les añade ácido para realizar la extracción a un pH entre 3 y 5 donde la degradación de las antocianinas es menor.

En extracciones a nivel de laboratorio se prefiere el uso de alcohol como solvente , pero a nivel industrial el agua es el solvente más indicado debido a su menor costo.

## 1.2 Extracción Soxhlet

Para este tipo de extracción se emplea un equipo llamado Soxhlet, en el cual la materia prima no está en contacto directo con el solvente, sino que son los vapores de este los que entran en contacto con la materia prima permitiendo la extracción.

Este método de extracción permite una mayor concentración de la solución pero el solvente que tendría que usarse sería el alcohol debido a su menor punto de ebullición ya que si usara agua estaría hirviendo a 100°C por un periodo largo lo que traería como consecuencia la degradación de las antocianinas debido a su poca estabilidad a la temperatura.

## 2. Métodos e Identificación

La solución de antocianinas obtenidas por uno de los métodos anteriores se somete a un proce

so de purificación, primero con acetato de plomo obteniéndose un precipitado el cual es lavado con éter para eliminar grasas.

A continuación se disuelve este precipitado en una solución de Metanol HCl (5%), la solución obtenida se utiliza para la identificación.

Algunos investigadores no utilizan esta purificación, sino simplemente la solución obtenida de la extracción la concentran a vacío y este concentrado se utiliza en la identificación.

Los métodos de identificación conocidos son:

### 2.1 Análisis Cromatográfico

La cromatografía es uno de los métodos más comúnmente empleados para la identificación de las antocianinas, este método también puede utilizarse para purificación o separación de mezclas de antocianinas.

Existen tres técnicas de cromatografía: de capa fina, de papel y de columna.

La cromatografía de papel es la técnica de uso más frecuente, utilizándose papel Whatman N° 1 generalmente y papel Whatman N° 3

cuando se quiere separar cantidades grandes.

Según algunos investigadores (7), últimamente está dando buenos resultados la cromatografía líquida de alta performance (HPLC) en fase reversa, utilizando columnas de U-Bondapak C<sub>18</sub> y solventes como .1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> en HOAC-H<sub>2</sub>O (10:90) y H<sub>2</sub>O-HOAC-MeOH (65:15:20).

## 2.2 Análisis Colorimétrico

Otro método de identificar antocianinas y utiliza generalmente junto con la cromatografía es el análisis colorimétrico, que consiste en determinar los máximos de absorción en el visible; las antocianinas simples tienen dos máximos de absorción principales; uno en la región visible entre 465 y 550 nm y otro más pequeño en la región UV alrededor de los 275 nm. Algunos valores característicos para antocianinas se muestran en la tabla N<sup>o</sup> 2.

## 2.3 Análisis Espectrofotométrico

El análisis espectrofotométrico es otro de

los métodos para la identificación de las antocianinas.

La ventaja de este método con respecto al anterior es que nos permite obtener la curva de absorbencia completa, ya que se puede medir la absorbencia de la solución tanto en la región visible como en la ultravioleta. Las curvas obtenidas de esta forma se comparan con curvas patrón para lograr la identificación de las antocianinas.

### 3. Procedimiento Experimental

Como se ha visto en párrafos anteriores existen

varios métodos para extraer el colorante del maíz morado, así como métodos de identificación. En el presente estudio se ha realizado la extracción por varios de estos métodos y para la identificación de las antocianinas se ha utilizado la cromatografía de papel y la espectrometría.

#### 3.1 Extracción Directa

Esta forma de extracción se realizó varias veces, variando solvente y/o temperatura de extracción.

Las pruebas realizadas fueron:

a) Solvente: Agua

Temperatura: 100°C

Procedimiento

Se pesaron 10 gr de corontas picadas en trozos pequeños y se colocaron en un erlenmeyer con 100 ml de agua y se dejó hervir por 30 minutos.

La solución así obtenida se analizó en un Spectronic obteniéndose:

$\lambda$	600	650	660	670	680	690	700	720	750
%T	0	6.5	12	17	20.8	21	20.5	14.5	6.5

b) Solvente: Agua

Temperatura: 80°C

Procedimiento

Similar al anterior pero la temperatura del agua se mantuvo en 80°C. Los resultados de la medición en el Spectronic fueron:

$\lambda$	600	650	660	670	680	690	700	720	750
%	0	14.3	20.5	25.8	28.5	28	25.5	18.5	7

c) Solvente: Agua + HCl(1%) (C:1N)

Temperatura: 0°C

Procedimiento

Se tomaron 10 gr de corontas picadas y se dejaron remojando en 100 ml de agua acidulada durante 24 horas y en refrigeración. Los resultados en el Spectronic fueron:

$\lambda$	600	650	660	665	670	680	700	750
%T	4	60	63	63.5	63	60	46.5	10

d) Solvente : Metanol + HCl (1%) (C 1N)

Temperatura: 0°C

Procedimiento

Similar al anterior. Los resultados en el Spectronic fueron:

$\lambda$	600	630	650	660	670	680	700	720	750
%T	0	19	41	45.5	49.5	48.5	39.5	25.8	10

e) Solvente: Etanol + HCl (1%) (C 1N)

Temperatura : 0°C

Procedimiento

Similar al anterior. Los resultados en el Spectronic fueron:

$\lambda$	600	650	660	670	680	700	750
%T	2	58	60	59.5	56	42.5	10

### 3.2 Extracción Soxhlet

Para esta forma de extracción se utilizó un equipo Sox-

La coronta picada en pequeños trozos se coloca en una bolsita de papel filtro en la parte superior del equipo. Al ebullición del solvente, los vapores producidos contactan al maíz contenido en la bolsita condensando y permitiéndose la extracción del colorante. Cuando esté condensado alcanza cierto nivel, el líquido es desalojado por gravedad al balón inferior donde se va concentrando al irse repitiendo este ciclo varias veces.

Este procedimiento aunque daría un extracto más concentrado no resulta adecuado para la extracción de antocianinas ya que la solución está en ebullición durante un período largo lo que favorece la degradación del colorante.

### 3.3 Pruebas Cromatográficas

Para la identificación de las antocianinas presentes en el maíz morado se utilizó la cromatografía de papel ascendente y como solventes para el desarrollo se utilizaron soluciones de forestal y de HCl (2N). Se utilizó papel Whatman Nº 1 para la cromatografía.

ron muestras de los extractos obtenidos con agua a 80°C, mezcla de metanol con ácido y etanol con ácido.

Los valores de  $R_f$  hallados experimentalmente son:

Solvente: Forestal ( ácido Acético glacial:  
HCl conc.: Agua) (30:3  
:10)

	Rf
MeOH + HCl	0.661
	0.738
EtOH + HCl	0.584
	0.778
H <sub>2</sub> O + HCl	0.604
	0.791

Solvente: HCl (2N)

	Rf
MeOH + HCl	0.08
EtOH + HCl	0.078
H <sub>2</sub> O + HCl	0.08

### 3.4 Prueba Espectrofotométrica

Para la identificación de las antocianinas se emplea también la espectrometría.

La prueba consiste en obtener la curva de transmitancia del colorante para todas las longitudes de onda tanto en la región visible como en la ultravioleta y comparar esta curva con patrones que aparecen en la literatura (6).

Para el desarrollo de esta prueba se corrieron varias cromatografías preparativas, luego se contaron los cromatogramas y se redisolviéron, obteniéndose de esta manera soluciones de un solo componente las que sirvieron para la espectrometría.

La comparación de las curvas obtenidas confirmó que la cianina era una de las antocianinas presentes.

Las curvas obtenidas se encuentran en el apendice 2, fig. N°1 y fig. N° 2, las cuales se comparan con la fig. N° 3 (6) Observandose que son iguales.

C A P I T U L O V I

OBTENCION DEL COLORANTE A NIVEL DE PLANTA PILOTO

## VI OBTENCION DEL COLORANTE A NIVEL DE PLANTA PILOTO

### 1. Proceso de Obtención

La obtención del colorante del maíz morado, como la de cualquier otro extracto, se basa en la solubilidad del colorante en determinadas sustancias, una de ellas y la más importante a nivel industrial es el agua.

A continuación se describe algunos de los procesos que se podrían utilizar en cada una de las etapas de la obtención del colorante del maíz morado.

#### 1.1 Extracción

Es la primera etapa en la obtención del colorante y constituye una parte importante y delicada del proceso.

Para esta primera etapa se pueden tener varios métodos de extracción:

##### a. Extracción Directa

Cuando surgieron las primeras inquietudes para obtener el colorante del maíz morado se creyó que sometiendo al maíz (mazorco y granos) - a una cocción tradicional, era posible obtener una buena cantidad y calidad del

extracto. Para ello se agregaba agua en una proporción de 6 a 1. (3) permitiendo qe la solución hierva por 2 o 3 horas y si el maíz era rico en colorantes se realizaba - la operación por 2 ó 3 veces, hasta agotar el maíz obteniendo un extracto de 8 lt., a proximadamente.

Sin embargo, posteriormente se ha comprobado que este método no es adecuado debido a los siguientes factores:

- Elevado gasto de combustible.
- El contenido de pigmentos en el extracto es pobre.
- La elevada temperatura y tiempo a que se somete la materia prima favorece su de gradación , lo que se trasluce en un cambio de coloración a tonalidades marrones.

b. Extracción Soxhlet

Se realiza en un aparato como el mostrado en la figura Nº 4 (Apéndice 2)

En el recipiente inferior se coloca el solvente el cual estará en ebullición y en el recipiente superior se coloca el producto al cual se le va a someter a extracción.

Por la ebullición del solvente, se libera vapor el cual es condensado y pasa a través del lecho del producto, extrayendo el colorante, luego esta solución regresa al primer recipiente, repitiéndose el ciclo.

Este tipo de extracción tiene la ventaja de que se obtienen soluciones concentradas, pero para el caso de las antocianinas no es conveniente debido a que estarían mucho tiempo expuestas a alta temperatura, lo que favorece su degradación.

c. Extracción Mixer & Settler.

Este sistema es aplicable en las plantas de extracción continua en multietapas, donde de cada etapa estará formada, al menos, por un mezclador y un sedimentador. Por lo general los líquidos se bombean a la etapa siguiente, aunque a veces si se dispone de espacio es posible arreglar el sistema para flujo por gravedad. A menudo los líquidos ligeros por empuje de aire y la recirculación del líquido ligero sedimentado hacia el mezclador se logra por un sobreflujo.

Existen diseños de extractores de "caja" -

diseñados para evitar las tuberías intermedias.

Estos extractores, que son los mezcladores y sedimentadores, están arreglados en posiciones alternadas para las etapas adyacentes.

Otros arreglos colocan las etapas una encima de la otra. en una pila vertical con los impulsores de mezclado sobre una barra común.

Una de las ventajas de este sistema es que se obtiene soluciones muy concentradas, lo que es de importante cuando el extracto es alto valor.

#### d. Extracción por Percolación

Consiste en la percolación sucesiva del solvente a través de un sistema de tanques dentro de los cuales se coloca la materia a extraer.

Cada tanque realiza un ciclo de un determinado número de periodos y ocupa posiciones sucesivas respecto al solvente, de modo que el período de su entrada corresponde al de la salida de la mezcla y el de su salida ,

en que los sólidos están prácticamente agotados, corresponde al del ingreso del solvente puro.

Este es uno de los sistemas más usados en la industria y es ventajoso debido a su adaptabilidad a instalaciones industriales y a las soluciones concentradas que se obtienen.

## 1.2 Filtración-Centrifugación

Se conoce como filtración a la separación de partículas sólidas contenidas en un fluido, pasándolo a través de un medio filtrante, sobre el que se depositan los sólidos. La filtración industrial puede ir desde el simple colado hasta las separaciones más complejas.

En algunos casos, cuando los sólidos forman una torta porosa, pueden separarse de los líquidos en una centrífuga filtrante. La suspensión se introduce como alimentación en una cesta rotatoria provista de paredes perforadas o acanaladas. El medio de filtración puede ser una lona o tela metálica que recubre la pared. La acción centrífuga, provoca una presión tal que provoca al líquido a pasar a través del medio filtrante y dejar los sólidos atrás.

Si la cesta se detiene y se deja de girar durante poco tiempo, gran parte del líquido residual contenido en la torta se escurre y deja a los sólidos más secos que un filtro prensa e incluso que en filtro de vacío. Cuando el material filtrado hay que sacarlo posteriormente por medios térmicos, puede obtenerse un ahorro considerable de tiempo y energía con el uso de la centrífuga.

### 1.3 Concentración

Para concentrar una solución es necesario someterla a una evaporación. La solución consta de un soluto no volátil y un disolvente volátil. Por lo general el disolvente es agua.

Generalmente, el líquido concentrado es el producto principal, mientras que el vapor se condensa y se desprende. Sin embargo puede suceder el caso contrario como en la eliminación de sólidos en el agua de alimentación de calderas o para consumo humano.

Cabe mencionar que aunque el líquido que entra como alimentación a un evaporador puede ser bastante diluido y poseer muchas de las propiedades físicas del agua, a medida que aumenta la concentración, la solución adquiere un carácter par

ticular. La densidad y viscosidad aumentan con el contenido de sólidos hasta que la solución se satura o se hace demasiado difícil para la adecuada transmisión de calor.

La ebullición continuada de una solución saturada da lugar a la formación de cristales que es preciso retirar con el fin de evitar la obstrucción de los tubos. A medida que aumenta la proporción de sólidos, aumenta también la temperatura de ebullición de la solución, la cual puede ser mucho mayor que la del agua pura a la misma presión.

Algunas sustancias especialmente las orgánicas forman espuma durante la vaporización. Con el vapor sale del evaporador una espuma estable que origina un gran arrastre.

En los casos extremos toda la masa del líquido es arrastrada por el vapor.

#### 1.4 Secado

El secado es una de las operaciones más importantes en casi todas las ramas de la industria de consumo.

Por secado se entiende el procedimiento utilizado para eliminar el líquido de un producto, ya

sea por evaporación o vaporización con la ayuda de calor.

Aquellos casos en que se extrae agua por medios mecánicos, se les conoce como deshidratación mecánica. Las posibilidades de secado mecánico se ven limitadas por la cantidad de humedad residual que queda en el producto.

Para elegir un método de secado es preciso tener en cuenta la naturaleza de la sustancia, ya que puede sufrir daño por elevadas temperaturas o producirse modificaciones indeseables en la materia prima.

Básicamente se tienen dos métodos para el secado: secado por atomización y secado por liofilización.

El secado por atomización o spray drying consiste en que el producto a secar se introduce atomizado a una cámara de secado, donde fluye una corriente de aire caliente la cual arrastra la humedad obteniéndose el producto seco.

La liofilización consiste en evaporar el agua de un producto no aplicando vapor, sino creando un vacío suficiente como para producir la evaporación del agua, obteniéndose así el producto seco.

## 2. Selección del Proceso y Condiciones de Operación

La primera etapa de la obtención del colorante es la extracción. Como hemos visto en el capítulo anterior existen varios métodos de extracción, de los cuales, se descartan aquellos en que el producto está sometido a alta temperatura por largo tiempo, por lo que quedarían los métodos percolante y mixer and settler.

De estos dos métodos hemos elegido el de Mixer & Settler con una variable adicional, la que consiste en hacer la extracción aplicando vacío, con lo que se disminuye la temperatura de ebullición, evitándose la descomposición del producto.

Las etapas de filtración y concentración no presentan partes críticas, por lo que se usó un filtro de malla y luego se concentró aplicando una evaporación con vacío.

Para el secado se eligió un spray dryer ya que es el equipo ideal para productos líquidos.

La liofilización es más aplicable cuando se quiere deshidratar sólidos.

### 3.- Procedimiento Experimental:

Para el desarrollo del procedimiento experimental primero se obtuvo todas las corontas molidas, para lo cual se contó con la colaboración de la Universidad Nacional Agraria de la Molina que nos facilitó el uso de su molino.

Una vez obtenida la coronta molida y seca, se procedió con las operaciones de extracción y secado, desarrollándose estas operaciones en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la UNI.

En el Apéndice 2 (Fig. N° 5), se muestra el diagrama de flujo de proceso del sistema utilizado. Las

etapas seguidas para la extracción del colorante fueron:

#### 3.1 Extracción

Se tomaron 500 gramos de coronta molida como materia prima, a ésta materia prima se le somete a tres lavados o extracciones sucesivas, es decir los sólidos que quedan de la primera extracción, luego de ser prensado se retornan al reactor adicionándole nuevamente agua para que éste proceso se repita una vez más.

El equipo utilizado fué un reactor tanque agitado marca Brighton, la temperatura del

reactor se mantenía por medio de una chaqueta de vapor.

En cada lavado se mantenía la carga en el reactor por 20 minutos una temperatura promedio de 75°C y luego se descargaba procediendo al filtrado de la solución.

### 3.2 Filtrado

La solución obtenida en el paso anterior se filtró en un filtro malla de 400 micrones para separar las partículas sólidas de las coronas, estas coronas agotadas retienen una parte del líquido por lo que es necesario prensar ésta torta, los sólidos se retornan al reactor para la 2<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> extracción. El filtrado es necesario debido a que la corona tiene carga.

### 3.3 Concentración

La solución obtenida en la extracción del colorante tiene un contenido de sólidos muy bajo (0.6%), por esto es necesario concentrar la solución previamente para poder secarla luego en el spray-dryer.

Una solución más concentrada permite disminuir el tiempo de secado y por consiguiente el

tiempo de uso del spray-dryer, con lo que se consigue disminuir los costos.

### 3.4 Secado

Para realizar la operación de Secado se utilizó un secador Spray-Dryer De Niro. Es importante controlar la temperatura durante el proceso, para evitar la degradación del producto.

En el apéndice Nº 3, se muestran cuadros de resultados y datos detallados de las diferentes corridas de prueba realizadas.

C A P I T U L O   V I I  
POSIBILIDADES ECONOMICAS

## VII POSIBILIDADES ECONOMICAS

No es nuestro propósito realizar un estudio o análisis económico del proyecto de extracción de colorante a partir del maíz morado, pues ésto implicaría un estudio de tallado de la evaluación económica.

Tan sólo deseamos hacer una evaluación respectiva al aspecto de los parámetros que se deben tener en cuenta en una evaluación económica.

El proceso tal como se ha mostrado es sencillo, sin embargo, implica una alta inversión en equipos, sobre todo en el secador spray-dryer. También es posible realizar el secado por medio de terceros, así como fabricar un extractor simple enchaquetado con un sistema de enfriamiento.

Sin lugar a duda la compra de materia prima será una inversión muy alta, por lo cual será necesario hacer un estudio de las posibilidades de compra y venta del pro

ducto final en el Mercado Nacional e Internacional.

Si bien es cierto existe un gran interés por el uso de colorantes naturales en el mundo entero aún no se ha introducido éste producto antociánico en el Mercado Internacional; por lo cual primero sería necesario un estudio de mercado incluyendo envío de muestras de producto é información acerca del posible uso comercial del producto.

A continuación, mostramos un ejemplo aproximado de los costos involucrados en el desarrollo de este proceso y que deben ser considerados:

I. Costos de Materia Prima :

- I.a) Costo de maíz morado
- I.b) Costo de agua destilada
- I.c) Costo de ácido cítrico
- I.d) Costo de CMC (Carboximetilcelulosa)

II. Costos Fijos:

- II.a) Costales de carga
- II.b) Tarimas de madera para secado de maíz
- II.c) Bidones
- II.d) Equipos básicos.- Ejm: Quemador de kerosene, tanque mezclador de doble fondo con control de temperatura, evaporador de simple efecto a vacío, filtro simple, congelador, desgranador, etc.

## II.c) Equipos de Laboratorio y Mantenimiento:

Ejm: 1 Phmetro, 1 balanza de plataforma -  
(Hasta 700 Kg), balanzas pequeñas, tu  
bos de prueba, vasos de vidrio, erlen  
meyers, etc.

También tanques receptores, válvulas,  
bombas y otros.

## III. Costos de Producción

III.a) Costos de combustible y arranque

III.b) Costos de mano de obra

III.c) Costo de energía.

## IV. Costos de Almacenamiento

V. Costos de Transporte y envasado del ProductoVI. Costos de Servicios (Por terceros)VII. Costos de comercialización y Ventas

## VIII. Otros costos administrativos

C A P I T U L O V I I I

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Montalvo Montañez, Enrique. "Pigmentos del Maíz Morado" Tesis U.N.M.S.M.
- 2.- Markakis P. CRC Critical Reviews W Food Technology March 1974. Pag. 437, 452
- 3.- Arias Lescano, Luz Consuelo. "Proyecto Para una Planta de Extracto de Maíz Morado" Tesis U.N.M.S.M.
- 4.- Sanchez Campos, Hugo. "El Maíz. Composición Química y Utilización". Programa Cooperativo de Investigación. Ministerio de Agricultura.
- 5.- Fernandez Jesus, Filomena. "Determinación de Antocianinas del Maíz Morado" Tesis U.N.M.S.M.
- 6.- Geisman T. A. "The Chemistry of Flavonoids Compounds" Cap. 9 Kozo Hayashi The Antocyanins. Pag. 248-281.
- 7.- Lock de Ugaz, Olga. "Colorantes Naturales, Química y Tecnología". Seminario Universidad Catolica 1985.
- 8.- John Innes Horticultura Institution. "Spectral Methods of Characterizing Anthocyanins"
- 9.- Morrison Boyd. "Química Organica" Cap. 31

- 10.- Hill Overhalts. "Tratado de Botanica".
- 11.- Harborne, J.B. "Phytochemistry" Vol. 8 1969
- 12.- Lederer Michael "Chromatography"
- 13.- Horzedena, Williams. "Journal of Chromatography
- 14.- Haw, J.H. "Journal of Food Science" Vol. 43 1978
- 15.- Bate, Fruth "Biochemistry Journal
- 16.- Boletin del Programa de Promoción de Inversiones en  
el Sector Agrario. Fopex 1983
- 17.- Chemical Abstracts Vol. 93 166 210 (1980)  
Vol. 86 102645 (1977)  
Vol. 90 164745 (1970) .