

Extracción de las antocianinas de la col lombarda

Luis Gonzalo Rosales¹

¹Ingeniero Químico, docente del área de Química en la Universidad Rafael Landívar. Asesor en industrias de proceso

Resumen

El color es una propiedad organoléptica importante, porque es la primera propiedad que las personas observan antes de consumir un alimento. El objetivo principal de esta fue elaborar un método para la obtención, por extracción con solvente, de un colorante alimenticio a partir de las antocianinas, responsables del color de la col morada.

A partir de esto, se realizaron 3 experimentos, difiriendo uno de otro, por el solvente que se utilizó. Los 3 solventes usados fueron: solvente 0.1 % ácido clorhídrico, solvente 0.1 % ácido cítrico y solvente 0.1 % ácido acético, cada uno a base agua. El colorante se elaboró tomando como materia prima la col morada, la antocianina de la col se recuperó mediante una

extracción líquido-sólido, donde el factor determinante en la extracción fue la temperatura y pH de la solvente. La antocianina extraída se concentró con un rotavapor, y la concentración del colorante extraído se midió utilizando un espectrofotómetro.

A través de estos experimentos se pudo concluir que con un 95 % de confianza, el método con el mayor porcentaje de rendimiento, para la elaboración de un colorante natural a partir de la extracción de las antocianinas en la col morada, es usar un solvente a base de agua con concentración 0.1 % ácido clorhídrico. (p/p)

Palabras Claves: Colorante alimenticio, antocianina, col morada, ácido acético, ácido cítrico, ácido clorhídrico.

Abstract

Color is an important organoleptic property, is the first property people notice before consuming an ailment. The main objective of this investigation is to elaborate a method of obtaining, by extraction with solvent, a food colorant made of the anthocyanin, which is responsible for the color in the red cabbage.

Three experiments were executed, differing from each other, by the solvent use. The three solvents used in the investigation were: chlorhidric acid 0.1 %, citric acid 0.1% and acetic acid 0.1 % (all were water based). The colorant was created, from red cabbage as

principal source; the anthocyanin was recovered through a liquid-solid extraction, where the determinant factors were temperature and pH. The anthocyanin was concentrated using a rotary evaporator, and the concentration was measured with a spectrophotometer.

It can be concluded, with a 95 % trust, the optimal method to elaborate a natural food colorant extracting the anthocyanin from the red cabbage, is using a water base solvent with chlorhidric acid 0.1 %.

Keywords: food colorant, anthocyanin, red cabbage, acetic acid, citric acid, chlorhidric acid.

Antecedentes

La col lombarda es un repollo comestible de sabor ligeramente dulce y muy apreciado, que

se caracteriza por el atractivo de su color morado, magenta o púrpura oscuro de sus hojas. Es una variedad seleccionada de la col común cultivada en toda Europa. Se cultiva, prepara y consume de la misma manera que las otras coles.

El extracto de col lombarda es uno de los extractos vegetales con más cambios de color, mientras que el extracto obtenido a partir de pétalos de rosa es prácticamente incoloro en un intervalo bastante amplio del pH, adquiriendo coloración a pH tanto ácido como básico.

Los colorantes son aditivos, sustancias que adicionadas a los alimentos proporcionan, refuerzan o varían su color, como en el caso de carnes rojas y embutidos. Un aditivo de color es un tinte o pigmento u otra sustancia ya sea sintética o derivada de una fuente vegetal, animal, mineral o de otra fuente, la cual imparte color cuando se adiciona o se aplica a un alimento, fármaco, cosmético o el cuerpo humano. (Larousse, 1996)

Los colorantes naturales en los alimentos pueden ser pigmentos o cualquier otra sustancia obtenida de un vegetal, animal o mineral, que sea capaz de colorear. En la

industria alimenticia, la utilización de colorantes en general tiene varios propósitos:

- Devolver el color perdido al alimento durante el proceso de recolección, manejo e industrialización.
- Añadir color a los alimentos que no lo tienen.
- Reforzar la asociación que hay entre el color y el sabor de los alimentos.
- Reforzar la sensación de frescura de los alimentos.
- Eliminar las variaciones de color entre los lotes de producción.

Las Antocianinas, al igual que los flavonoides y la betalaínas, son pigmentos hidrosolubles con características de glucósidos; están constituidos por una molécula de antocianindina, que es la aglucona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosido.

Las antocianinas son responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas, rosas, frescas y muchos otros productos de origen vegetal, principalmente frutas y flores, generalmente en la cáscara. Incluye que debido a una deficiencia del núcleo de flavilio, estos pigmentos funcionan como verdaderos indicadores de pH; es decir, su color depende de las condiciones de acidez o alcalinidad del sistema en que se encuentra.

Figura 1. Estructura Molecular Antocianina

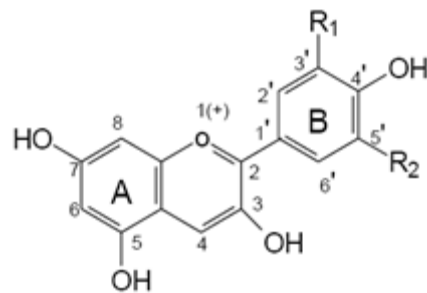


Tabla 1. Estructura y Sustituyentes de las Antocianinas

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)

Tabla 2. Métodos de Extracción de Antocianina

Método	Característica
0.001 % HCl en Metanol	Es el más efectivo, pero el HCl es corrosivo y el Metanol tiene un efecto tóxico en la salud humana
0.001 % HCl en Etanol	80 % efectividad del método con Metanol
0.001 % HCl en Agua	27 % efectividad del método con Metanol
Agua acidificada con Ácido Acético	Es menos efectiva que con HCl
Agua acidificada con Ácido Cítrico	Es menos efectiva que con Ácido Acético

Una prueba afectiva es aquella en la que el juez catador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no. Son pruebas difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente

personales, con la variabilidad que ello supone. Para las pruebas se necesita contar con un mínimo de 30 jueces catadores no entrenados y éstos deben ser consumidores potenciales o habituales del producto y compradores de esa gama de alimentos.

INTRODUCCIÓN

Los colorantes naturales se pueden clasificar en, por ejemplo; flavonoides, carotenoides, melanoidinas, porfirinas, betalaínas, quinoides y otros varios (curcumina, carbón vegetal). Las antocianinas son responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de diversas frutas, verduras y flores. Entre estas se encuentran: uvas, manzana, rosas y la Col Lombarda o Col Morada.

La Col Morada debe su coloración rojo-violeta a la presencia, en gran porcentaje, de éste tipo de compuestos. En Guatemala, se produce 142,097,759 unidades de col para el año 2008, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). La producción anual de la col morada se mantiene estable durante los meses, por lo que no habría escasez de la misma. Al extraer el jugo de ella, se transfieren las antocianinas a éste, para que puedan ser utilizadas como colorante alimenticio. Debido a

una deficiencia del núcleo de flavilio, estos pigmentos funcionan como verdaderos

indicadores de pH. Esta dependencia de pH es un factor importante para tomar en cuenta para la extracción del colorante antocianina.

La antocianina se puede extraer a partir de varios métodos, pero por lo general se utiliza la extracción por solventes; utilizando principalmente el agua y alcoholes siguiendo el proceso de molienda, extracción, filtrado y evaporación. El otro método es por medio de la extracción del jugo de la col morada y siendo esta la extracción, centrifugación o filtrado, fermentación, filtrado y concentración por evaporación de solvente.

La investigación tiene como objeto obtener el pigmento antocianina a partir del método de extracción por jugo de la col morada, determinar el proceso y las mejores

condiciones; que den como resultado el mayor porcentaje de rendimiento en la extracción del colorante antocianina. El fin de obtener este

colorante es utilizarlo como aditivo en alimentos.

EXPERIMENTACIÓN

Planteamiento de la Hipótesis

Para la experimentación se plantearon las respectivas hipótesis, considerando el porcentaje de rendimiento máximo obtenido

empleando técnicas avanzadas antes descritas

Hipótesis Nula

La extracción del colorante natural Antocianina, presentes en la Col Lombarda, es

un proceso viable con un rendimiento extracción mayor o igual a 412 ppm/Col Lombarda.

Metodología Experimental

Para el análisis de los datos obtenidos a nivel laboratorio se utilizó la teoría de pequeñas muestras. Se seleccionó la t de Student para este propósito por su facilidad de aplicación, el tamaño de la muestra y que la varianza poblacional (d) es desconocida. Se tomó un nivel de confianza unilateral al 95%, debido a la reducida cantidad de muestras.

Tabla 3. Parámetros físicos y químicos del solvente

Condición de la extracción	Solvente		
	Ácido Acético 0.1 % (p/p)	Ácido Cítrico 0.1 % (p/p)	Ácido Clorhídrico 0.1 % (p/p)
Temperatura Inicial	20 °C ± 2.5 °C	20 ± 2.5 °C	20 ± 2.5 °C
pH Inicial	3.821 ± 0.0009	4.356 ± 0.0009	2.610 ± 0.0009
Temperatura Final	5.3 ± 2.5 °C	5 ± 2.5 °C	5 ± 2.5 °C
pH Final	4.258 ± 0.0009	4.859 ± 0.0009	3.988 ± 0.0009

Tabla 4. Concentración Inicial (ppm)

Condición de la extracción	Solvente		
	Ácido Acético 0.1 % (p/p)	Ácido Cítrico 0.1 % (p/p)	Ácido Clorhídrico 0.1 % (p/p)
Temperatura Inicial	5.3 ± 2.5 °C	5 ± 2.5 °C	5 ± 2.5 °C
pH Inicial	4.258 ± 0.0009	4.859 ± 0.0009	3.988 ± 0.0009
Absorbancia	0.224 ± 0.0017	0.010 ± 0.0017	0.485 ± 0.0017
Concentración (ppm)	71.191 ± 0.0146	3.072 ± 0.0004	154.248 ± 0.0215

Tabla 5. Concentración Final (ppm)

Condición de la extracción	Solvente								
	Ácido Acético 0.1 % (p/p)			Ácido Cítrico 0.1 % (p/p)			Ácido Clorhídrico 0.1 % (p/p)		
Temperatura Inicial	5.3	±	2.5 °C	5	±	2.5 °C	5	±	2.5 °C
pH Inicial	4.258	±	0.0009	4.859	±	0.0009	3.988	±	0.0009
Absorbancia	0.397	±	0.0017	0.018	±	0.0017	0.667	±	0.0017
Concentración (ppm)	126.259	±	0.0195	5.827	±	0.0042	211.879	±	0.0252

Tabla 6: Porcentaje de rendimiento

Condición de la extracción	Solvente								
	Ácido Acético 0.1 % (p/p)			Ácido Cítrico 0.1 % (p/p)			Ácido Clorhídrico 0.1 % (p/p)		
Concentración Inicial (ppm)	71.191	±	0.0146	3.072	±	0.0004	154.248	±	0.0215
Concentración Final (ppm)	126.259	±	0.0195	5.827	±	0.0042	211.879	±	0.0252
Porcentaje de Rendimiento	38.26%	±	0.07%	1.77%	±	0.003%	64.21%	±	0.111%

Tabla 7. Parámetros óptimos para la extracción de antocianinas de la col morada

Condición de la extracción	Solvente								
	Ácido Acético 0.1 % (p/p)			Ácido Cítrico 0.1 % (p/p)			Ácido Clorhídrico 0.1 % (p/p)		
Temperatura Inicial	20 °C	±	2.5 °C	20	±	2.5 °C	20	±	2.5 °C
pH Inicial	3.821	±	0.0009	4.356	±	0.0009	2.610	±	0.0009
Temperatura Final	5.3	±	2.5 °C	5	±	2.5 °C	5	±	2.5 °C
pH Final	4.258	±	0.0009	4.859	±	0.0009	3.988	±	0.0009
Concentración Inicial (ppm)	71.191	±	0.0146	3.072	±	0.0004	154.248	±	0.0215
Concentración Final (ppm)	126.259	±	0.0195	5.827	±	0.0042	211.879	±	0.0252
Porcentaje de Rendimiento	38.26%	±	0.066%	1.77%	±	0.003%	64.21%	±	0.111%

Tabla 8. Comprobación hipótesis para la extracción de antocianina de la col morada en base concentración inicial extraída de la col morada

	Solvente
--	----------

Condición de la extracción	Ácido Acético 0.1 % (p/p)	Ácido Cítrico 0.1 % (p/p)	Ácido Clorhídrico 0.1 % (p/p)
Concentración Final (ppm)	126.259 ± 0.0195	5.827 ± 0.0042	211.879 ± 0.0252
Hipótesis Nula	Se rechaza	Se rechaza	Se rechaza

Figura 2. Balance de masa para el proceso de extracción de antocianinas de la col morada, por solvente acidificado

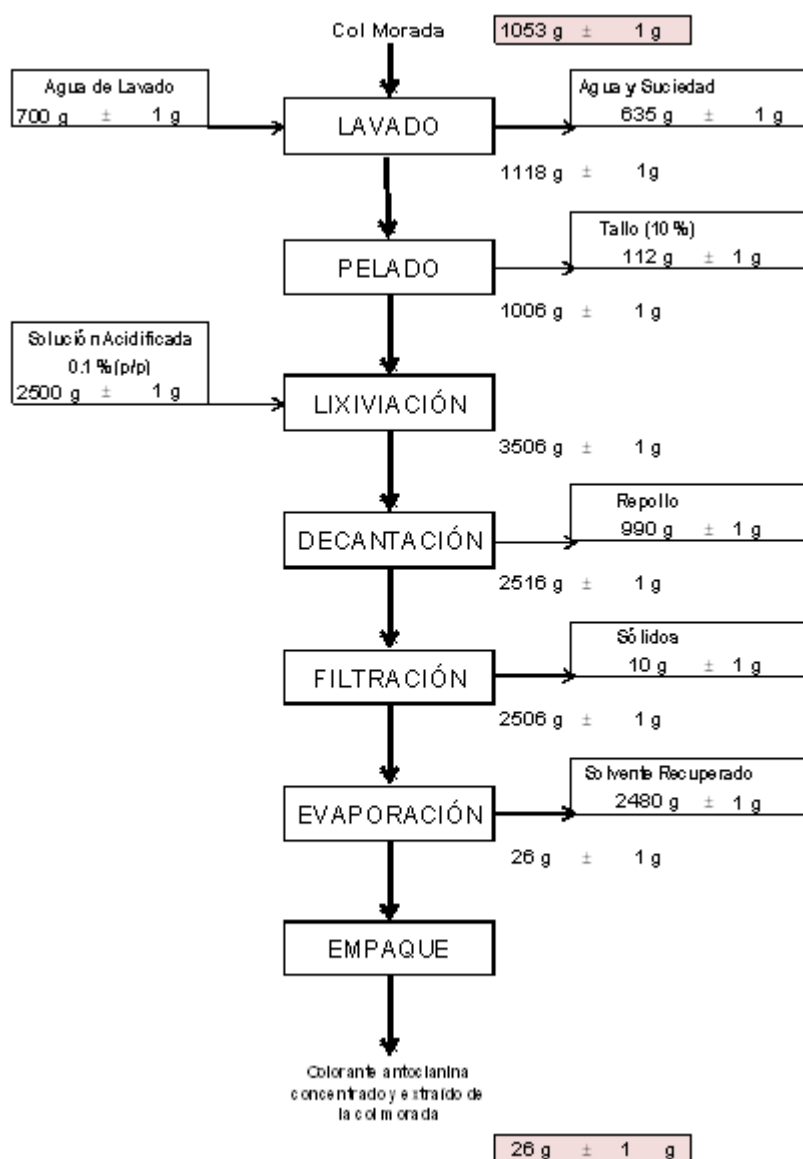
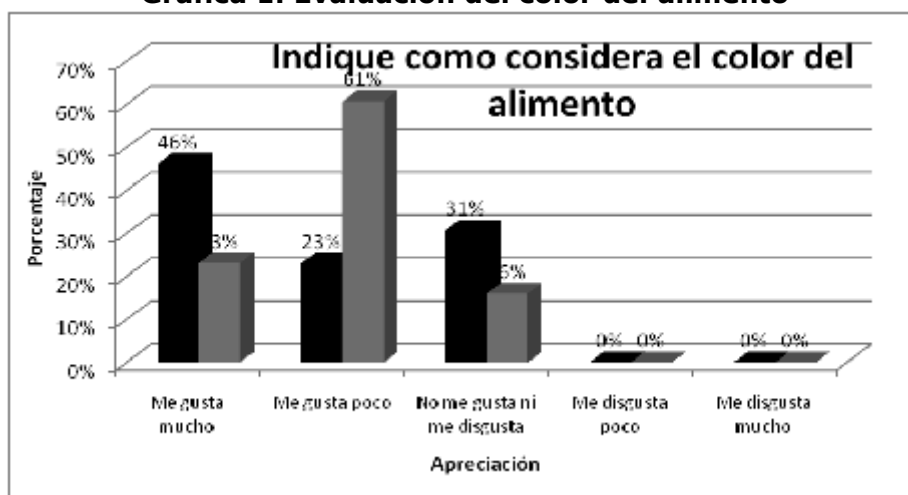


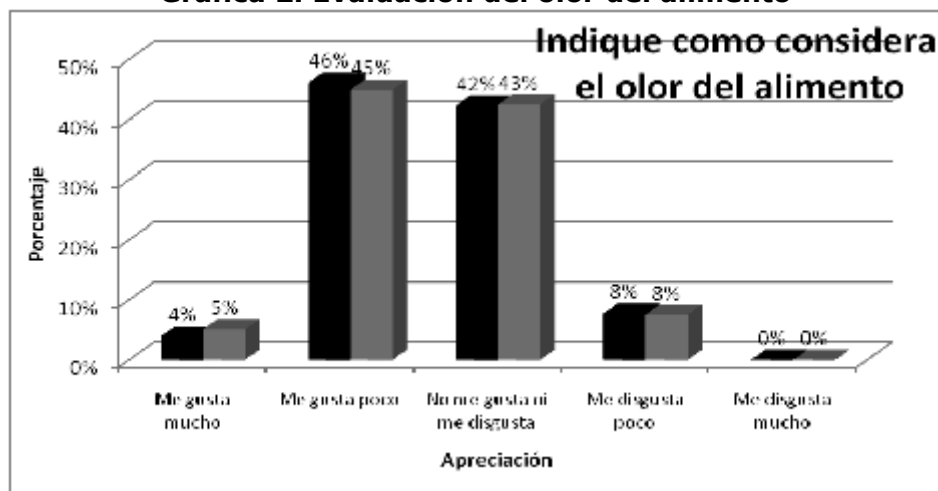
Tabla 9. Porcentajes de aceptación obtenidos en la evaluación sensorial

Grado de Aceptabilidad	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR	ACEPTABILIDAD
Me gusta mucho	48%	5%	50%	25%	28%
Me gusta poco	23%	45%	25%	30%	23%
No me gusta ni me disgusta	30%	43%	20%	30%	43%
Me disgusta poco	0%	8%	5%	15%	8%
Me disgusta mucho	0%	0%	0%	0%	0%

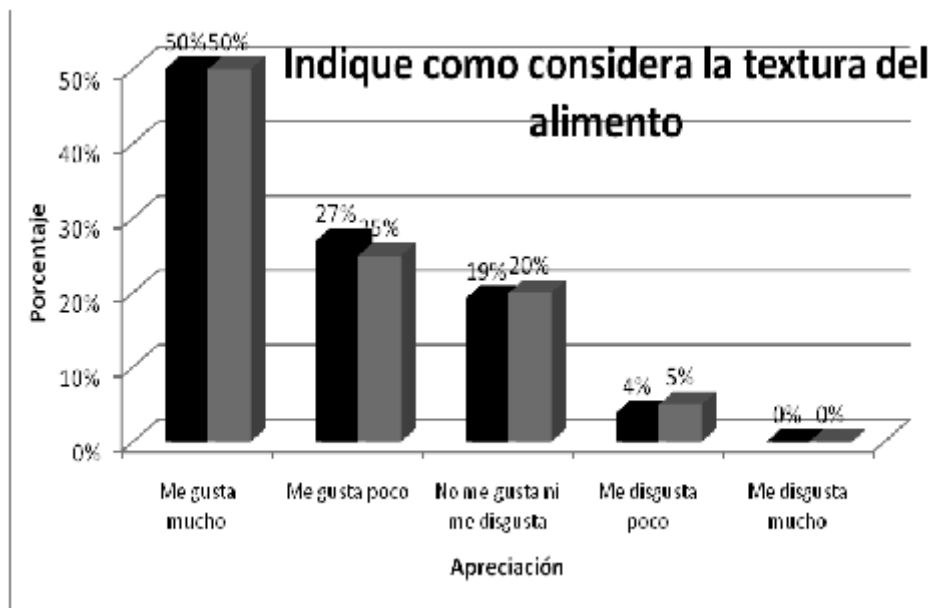
Gráfica 1. Evaluación del color del alimento



Gráfica 2. Evaluación del olor del alimento



Gráfica 3. Evaluación de la textura del alimento



Gráfica 4. Evaluación del sabor del alimento

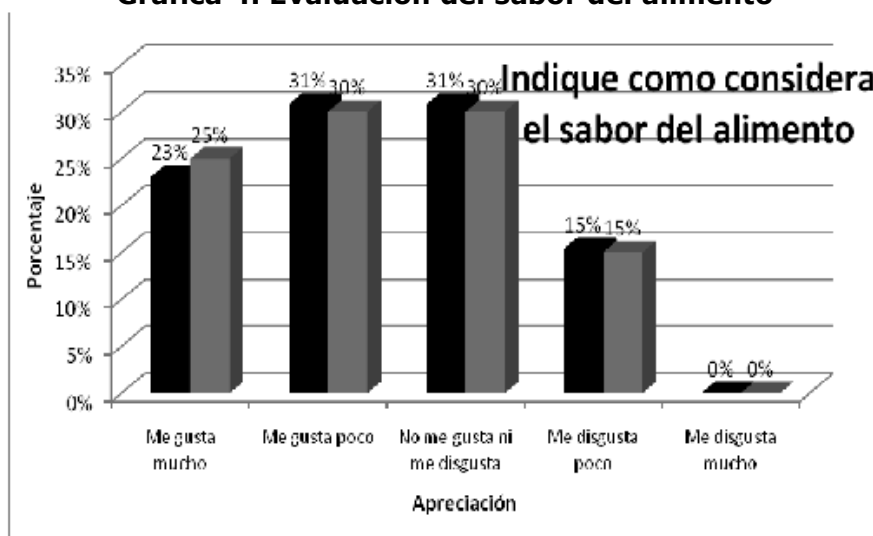


Tabla 10. Escala hedónica

Escala Hedónica	PUNTEO	ACEPTABILIDAD
Me gusta mucho	5	11
Me gusta poco	4	9
No me gusta ni me disgusta	3	17
Me disgusta poco	2	3
Me disgusta mucho	1	0
Total de Participantes		40

Media	3.7
Varianza	0.93
Desviación Estándar	0.97

Gráfica 5. Resultados de la escala hedónica

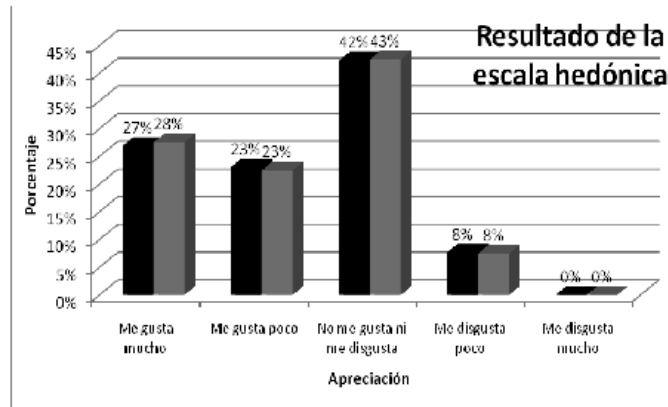


Tabla 11. Identificación de antocianinas extraídas de la col morada

Antocianina	Rf (teórico)	Rf (encontrado)	Porcentaje de error
Cyaniadina-3,5-diglucósida	0.3	0.28	6.67 %
Peonidina-monoglucósida	0.4	0.41	2.5 %

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La extracción del pigmento natural antocianina presente en la col morada se ve favorecida en solvente polares ligeramente ácidos, en un intervalo de pH de 4.5 a 5. La molécula de antocianina, que es aglucona, está unida a un azúcar por medio de un enlace β -glucósido. La extracción por medio de solventes polares ácido se debe a la hidrólisis ácida del enlace β -glucósido, esta reacción no causa necesariamente la pérdida del color, únicamente vuelve la parte de la antocianina, que es aglucona, más sensible a factores externos como: pH y temperatura. El solvente que se utilizó fue agua siendo éste un solvente covalente polar.

Se utilizaron 3 solventes los cuales fueron: ácido clorhídrico, ácido acético y ácido cítrico. Los ácidos que se escogieron son monopróticos. El hecho de que los tres ácidos fueran monopróticos indicó que únicamente podían realizar la hidrólisis del enlace β -

glucósido de la antocianina, con el único ion hidronio, que se encontraban en la capacidad de donar. La ruptura del enlace β -glucósido se vio relacionada con la cantidad de iones hidronio presentes en el solvente. La temperatura de extracción por solvente se mantuvo constante, a 5°C. Se mantuvo la temperatura de refrigeración, para que el único factor que afectará la extracción de la molécula de aglucona fuera la hidrólisis ácida de las antocianinas de la col morada.

El bajo porcentaje en peso, del ácido en el solvente, permitió que los solventes tuvieran un pH, en el rango de 4 a 4.5, ya que de tener un pH < 4 se provocaría, aparte de la hidrólisis de las antocianinas en la col morada, su posterior cambio de color debido a la sensibilidad de la antociadina a factores como pH. Así como, pH > 5 no se hubiera logrado la

hidrólisis del enlace β -glucósido. (Resultados, Tabla 3).

Una vez se dejó la col morada en inmersión en los distintos solventes por un período de 24

horas a temperatura de refrigeración, la temperatura de refrigeración sirvió para evitar la formación de chalcona, debido a la vía metabólica de oxidación que sufren las antocianinas. La col morada inmersa se decantó el extracta de la col morada, quedando así únicamente la solución con las antocianinas.

De los tres ácidos utilizados, el ácido fuerte es el ácido clorhídrico, los otros dos ácidos son ácidos débiles: ácido acético y ácido cítrico. Por lo que, el solvente de ácido clorhídrico al 0.1% poseía la mayor cantidad de iones hidronio, en el medio. Esto permitió que se viera favorecida la hidrólisis de los enlaces β -glucósido, en comparación a los solventes con ácido acético al 0.1% y ácido cítrico al 0.1%, por ser ácidos que no se disocian completamente. La concentración inicial se calculó por medio de espectrofotometría utilizando la ecuación 1 y 2. Se realizó el mismo procedimiento en todos los experimentos. Se filtró por gravedad la solución para eliminar cualquier sustancia sólida de diámetro menor a 11 μm . (Resultados Tabla 4).

El colorante antocianina extraído se concentró utilizando un rotavapor. Se utilizó el mismo, ya que se buscó la eliminación del solvente (agua) a una temperatura menor de 39 °C. Si la temperatura de evaporación del solvente hubiera sido mayor, se habría promovido la oxidación de la molécula antocianina a chalcona, siendo la antocianidina sensible a la temperatura. El rotavapor tiene la ventaja de que permite manejar la presión manométrica al vacío, con esto se puede disminuir el punto de ebullición del agua, que para el valle de Guatemala es de 94 °C, a un valor de 39 °C \pm 2.5 °C. Otra ventaja es la movimiento circular que se provoca en el rotavapor, esto mantiene el calor constante y disminuye que se promueva la oxidación del compuesto a extraer.

Se analizaron únicamente las antocianinas extraídas por el solvente con HCl 0.1 %, por ser el proceso de mayor rendimiento (Resultados Tabla 7). Se hizo una evaluación sensorial del colorante extraído, realizándose una prueba hedónica de 5 puntos, la cual indica el grado de aceptación de un producto de "Me gusta mucho" a "Me disgusta mucho". La prueba era momentánea ofreciendo la apreciación hedónica en el momento de realizar la misma. Se pidió a los encuestados, que expresaran su opinión a un carácter agradable sobre una escala de 5 puntos.

El objetivo del análisis sensorial fue comprobar que el colorante antocianina extraído de la col morada, no afectaba las propiedades organolépticas del alimento al que se le agregue, en este caso un yogurt marca comercial "Yes". Se realizó una comparación entre el yogurt comercial sin el colorante agregado, y el yogurt comercial con el colorante. Se observó que la aceptación del yogurt con respecto del color, mejoró de un 23% a un 46%. Se evaluó las características como sabor, olor, textura para comprobar que en realidad el colorante extraído aplicado al yogurt, no modificaba estas propiedades organolépticas. Se obtuvo que para el sabor, olor y textura no se encontró variación entre los resultados de la prueba para el yogurt sin el colorante, con respecto del yogurt con colorante. Por lo que, se demuestra que el colorante antocianina extraído de la col morada, no afecta las propiedades organolépticas del alimento al que se agregue. (Resultados, Gráficas 1-5). A partir de los datos obtenidos por la prueba de aceptabilidad, se obtuvo un promedio de 3.7 puntos para la aceptabilidad del colorante extraído con un valor de 0.97 de desviación estándar. Los resultados muestran que el colorante extraído, se encuentra en la categoría "Me gusta poco", por lo que la aceptación del mismo, indica que no afecta las propiedades organolépticas del alimento al que se agregue, en este caso yogurt. Se eligió yogurt, como alimento para la prueba de análisis sensorial, ya que este posee un pH ácido, entre 4 y 4.5, para mantener la coloración púrpura de las antocianinas extraídas de la col morada. En productos con

un pH distinto, se obtendría una gama de colores que podría variar desde rojo a azul, dependiendo del pH de la sustancia. En la evaluación sensorial se analizó el color, olor y textura de un alimento usado con el colorante extraído (Resultados Tabla 9 y Tabla 10, Gráficas 1-5). En todas las gráficas, el alimento con el colorante extraído obtuvo una calificación de "bueno".

Se tomó 95 % de confianza en el muestreo, estimándose que 0.5 era la probabilidad de éxito, y que 0.5 era la probabilidad de fracaso. Debido a que la población presenta diferentes características y se comporta según la curva de distribución normal; se obtiene que el valor correspondiente a "z" es igual a ± 1.96 . Por lo tanto, el error máximo a considerar de la presente evaluación sensorial es de 15.49%. El porcentaje de error en la evaluación se debe a errores no determinados (error aleatorio), este tipo de errores no se pueden eliminar totalmente. Entre los errores no determinados en la evaluación se debe considerar: preferencia o gusto hacía el yogurt, con respecto de sabor y textura, subjetividad con respecto a la coloración del yogurt.

Para identificar las antocianinas presentes en la col morada, se realizó una cromatografía de capa fina. Se logró identificar dos tipos de antocianinas, siendo estas; Cyanidina-3,5-diglucósida, Peonidina-monoglucósida. Se identificó estos dos tipos de antocianinas comparando los Rf encontrados en la cromatografía realizada, con respecto de los Rf teóricos para un solvente n-butanol: ácido acético glacial: agua (40:10:20), con una placa de sílica gel 60F₂₅₄ (Resultados Tabla 11, p. 46). Se obtuvo un porcentaje de error de 6.67 % para la Cyanidina-3,5-glucósida y 2.5 %

CONCLUSIONES

1. Se puede obtener un colorante de grado alimenticio, siguiendo los parámetros de la norma COGUANOR NGO 34 192, a partir de la extracción del colorante natural antocianina, por medio de solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Clorhídrico, de la col morada con un

para la Peonidina-monoglucósida. El porcentaje de error presentado en los Rf es de tipo sistemático, en específico por errores instrumentales y errores de métodos.

Para la comprobación de la hipótesis se tomaron en consideración, los tres experimentos realizados. Se utilizó un nivel de confianza del 95% con prueba de una cola de t-student debido a que se realizó cada uno de los experimentos, por triplicado. Utilizando la distribución de t-student para el presente estudio se determinó que para un 95 % de nivel de confianza y 2 grados de libertad, la t-student resultante debe ser menor de -1.886.

Dado que, en todos los casos, realizando la extracción con solvente ácido acético al 0.1 %, extracción con solvente ácido cítrico al 0.1 % y ácido clorhídrico al 0.1 %, el valor crítico "C" calculado para la t-student con un valor de -2.92 es menor a los valores obtenidos. Por esto se concluye que se debe rechazar estadísticamente la hipótesis nula con $\alpha = 0.05$, que indica que el concentración de la antocianinas extraídas es mayor que la cantidad de antocianinas presente en la col morada que es posible extraer con el solvente utilizado. Esto indica que estadísticamente la hipótesis alterna es verdadera, y puede existir un error tipo I.

Se concluye que la extracción del colorante natural de antocianinas, presentes en la col morada, es un proceso viable con un rendimiento menor al rendimiento teórico por solvente con respecto de la cantidad total de antocianinas igual a 412 ppm/col morada.

porcentaje de rendimiento de 64.21 %
 ± 0.111 %

2. Se logró obtener un colorante de grado alimenticio, a partir de la extracción del colorante natural antocianina, por medio de solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Acético, de la col morada con un porcentaje de rendimiento de 38.26 %
 ± 0.07 %

3. Es posible obtener un colorante de grado alimenticio, a partir de la extracción del colorante natural antocianina, por medio de solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Cítrico, pero el rendimiento de 1.77%. \pm 0.003 %
4. Se extrajo el pigmento antocianina de la col morada, con solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Clorhídrico en una concentración inicial de 154.248 ppm \pm 0.0215 ppm; con solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Acético en una concentración inicial de 71.191 ppm \pm 0.0146 ppm y con solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Cítrico en una concentración inicial de 5.827 ppm \pm 0.0042 ppm.
5. La concentración final del colorante antocianina de la col morada, después de la concentración, purificación del pigmento, fue de 211.879 ppm \pm 0.0252 ppm con solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Clorhídrico; 126.259 ppm \pm 0.0195 ppm con solvente 0.1 % (p/p) de Ácido Acético.
6. El mejor método de extracción del colorante natural antocianina de la col morada, para obtener un colorante de grado alimenticio, se logra utilizando un solvente 0.1% (p/p) de Ácido Clorhídrico teniendo una concentración final de 211.879 ppm \pm 0.0252 ppm y porcentaje de rendimiento de 64.21 % \pm 0.111 %
7. La estabilidad del colorante obtenido, por la extracción de la antocianina de la col morada, con solvente 0.1% (p/p) de Ácido Clorhídrico, se debe a la variación del pH, que se mantuvo entre los

valores de 3.596 y 4.368, en promedio del triplicado, durante el proceso de extracción y concentración de la antocianina extraída de la misma.

8. La cromatografía de capa fina realizada en una placa de sílica gel 60 F254 con solvente n-butanol: ácido acético glacial: agua (40:10:20), identificó la presencia de la antocianina Cyaniadina-3,5-diglucósida y Preonidina-monoglucósida.
9. A partir de los datos obtenidos por la prueba hedónica de 5 puntos de aceptación, se obtuvo un promedio de 3.7 puntos para la aceptabilidad del colorante con un valor de 0.97 de desviación estándar. Se concluye que el colorante no afecta las propiedades organolépticas del alimento al que se le agregue. El colorante tuvo la calificación entre "Me gusta poco" y "Ni me gusta, ni me disgusta".
10. El 48 % de los encuestados calificaron el color del yogurt, como "me gusta mucho".?48
11. Se concluye que la extracción del colorante natural de antocianinas, presentes en la col morada, es un proceso viable.
12. Se acepta la hipótesis alterna, que indica que la extracción del colorante natural antocianina, presente en la col morada es un proceso viable con un rendimiento extracción menor al rendimiento teórico por solvente con respecto de la cantidad teórica total de 412 ppm/col morada, a un nivel de confianza del 95 %.

BIBLIOGRAFÍA

Baudi, S. (s.f.). *Química de los alimentos*. México: Pearson.

Brown, T., Lemay, H., Bursten, B., & Burdge, J. (2004). *Química la ciencia central*. México: Pearson.

Cacelen, C. (2005). *Composición Química de los Alimentos: análisis y sistema*. Perú: Universidad de San Marcos.

Delgado, F., & Paredes, O. (2000). *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses*. CRC.

Francis, F. (1987). *Lesser-known colourants*. Chicago.

Heredia, S. (2006). *Experiencias sorprendentes de Química con indicadores de pH caseros*. Universidad de Murcia.

Hwager, S. (1984). *Plant Drug Analysis*. alemania: springer verlag.