

CARACTERIZACIÓN DE UN TINTE NATURAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA) PARA TEÑIR FIBRAS TEXTILES.

CHARACTERIZATION OF A NATURAL DYE FROM AVOCADO SEED (PERSEA AMERICANA) FOR DYEING TEXTILE FIBERS

MIGUEL MANUEL PEREZ HERNANDEZ

Universidad Metropolitana de Caracas (Venezuela)

DANIELA C. MARTÍNEZ S.

EAE Business School (España)

HERNÁN E. PÉREZ G.

Lilac Solution. (EE.UU.)

Resumen

La coloración de la vegetación viene dada por la presencia de las antocianinas. Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles capaces de dar una extensa gama de coloraciones con un extenso mercado en los colorantes naturales, los cuales han presentado un auge en la última década debido a su biodegradabilidad y baja toxicidad frente a colorantes sintéticos. Los colorantes naturales pueden ser extraídos de distintas partes de la planta. En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo la extracción y evaluación de un colorante natural extraído de la semilla de aguacate. La extracción del colorante se llevó a cabo moliendo la semilla, se realizó la extracción con Hidróxido de Sodio, luego filtrado y, por último, centrifugado. Para la evaluación de este colorante se calculó su rendimiento obteniendo un promedio de 90.15%. Posteriormente, luego de medir las absorbancias de la muestra con el espectrofotómetro, se determinó su concentración mediante el uso de la Ley de Lambert-Beer. Seguidamente, se aplicó a las fibras textiles de algodón, poliéster y mixtas teniendo como resultado una coloración marrón-rojiza, observando una mayor adherencia en el caso del algodón. Finalmente, se llevó a cabo una prueba de solidez al lavado obteniendo una buena fijación en las fibras de algodón teñidas con colorante natural.

Palabras clave: antocianinas, coloración, pigmentos hidrosolubles, baja toxicidad, solidez al lavado, biodegradabilidad.



Abstract

The vegetation coloration is determined by the presence of anthocyanins. Anthocyanins are water-soluble pigments capable of providing a wide range of colors with a significant market in natural dyes, which have experienced a surge in the last decade due to their biodegradability and low toxicity compared to synthetic dyes. Natural dyes can be extracted from different parts of the plant. In this research study, the extraction and evaluation of a natural dye extracted from avocado seeds were carried out. The dye extraction process involved grinding the seed, followed by extraction with Sodium Hydroxide, filtration, and finally centrifugation. The yield of this dye was calculated for its evaluation, resulting in an average of 90.15%. Subsequently, after measuring the sample's absorbance using a spectrophotometer, its concentration was determined using the Lambert-Beer Law. Then, it was applied to cotton, polyester, and blended textile fibers, resulting in a brownish-red coloration, with higher adhesion observed in the case of cotton. Finally, a wash fastness test was performed, obtaining good fixation on the cotton fibers dyed with the natural dye.

Key words: anthocyanins, coloring, water-soluble pigments, low toxicity, Wash fastness, biodegradability

RECIBIDO: 09-03-2023 / ACEPTADO: 11-05-2023 / PUBLICADO: 15-12-2023

Cómo citar: Pérez H. Miguel M. et al., (2023). Caracterización de un tinte natural de la semilla de aguacate (Persea Americana) para teñir fibras textiles. *Anales*, 39, 33-52. <https://doi.org/10.58479/acbf.2024.64>

CONTENIDO

Resumen	33
Abstract	34
1. Introducción	37
2. Experimentación	38
2.1 Determinación de pectina en la semilla de aguacate	38
2.2 Extracción del colorante a partir de la semilla del aguacate	39
2.3 Filtración al vacío y centrifugado de la solución colorante	40
2.4 Pruebas a la solución colorante	40
2.4.1 Cálculo del rendimiento	40
2.4.2 Caracterización del colorante natural mediante el uso del FTIR	40
2.5 Cálculo de la concentración de la solución colorante	41
2.6 Teñido de las fibras textiles con la solución colorante	42
2.6.1 Preparación de las fibras textiles para el teñido	42
2.6.2 Aplicación de la sustancia colorante a las fibras textiles	42
3. Resultados y discusión	42
3.1 Extracción del colorante natural a partir de la semilla de aguacate	42
3.2 Determinación del rendimiento del colorante natural	45
3.3 Determinación de la concentración del colorante natural	46
3.4 Verificación de la capacidad de teñido del colorante natural	

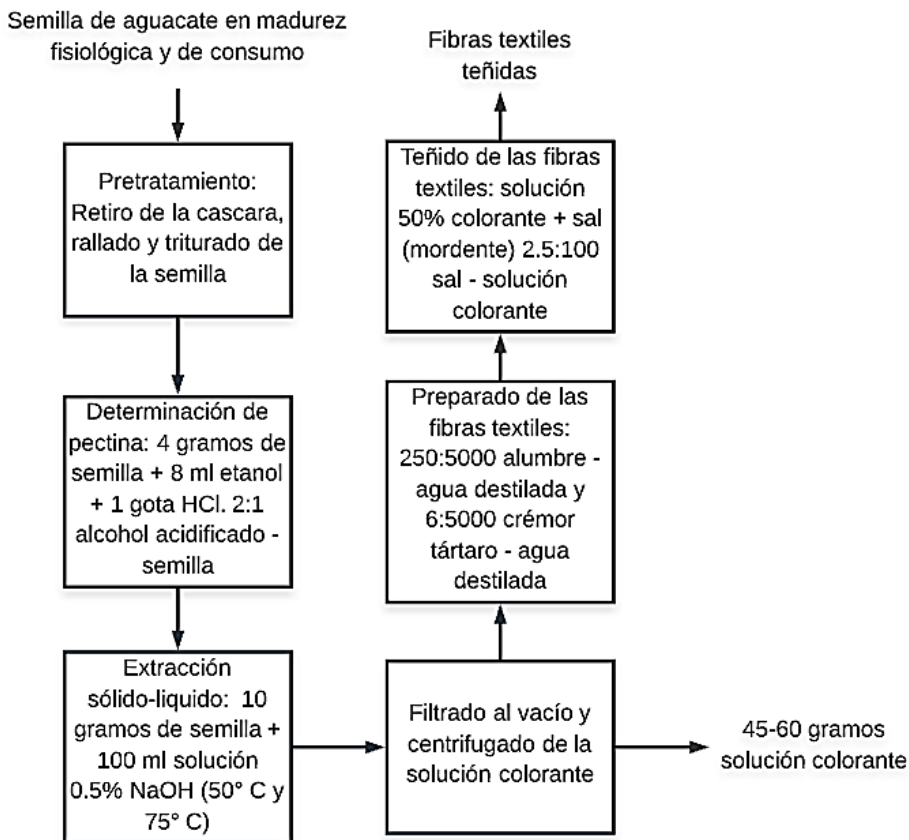
mediante su aplicación a diferentes fibras textiles	47
3.5 Evaluación de la fijación del colorante natural a través de una prueba de solidez al lavado	48
4. Conclusiones	49
Conflicto de intereses	49
Agradecimientos	50
Referencias	50

1. Introducción

El aguacate (*Persea Americana*) es un fruto exótico, carnosos y unisemillado proveniente de México y Guatemala. Este fruto ha estado presente en la cultura americana desde hace siglos ya que, además de ser rico en grasas naturales, tiene grandes propiedades medicinales a través del uso de su semilla, la cual ha sido utilizada en distintas industrias tales como la farmacológica y la cosmetológica. Además de estas aplicaciones, se puede destacar el uso de esta semilla para la obtención de un colorante natural con propiedades únicas en la industria textil. Hoy en día, el uso de los colorantes se ha convertido en una práctica muy común en las industrias, con una aplicación muy variada. En el caso de la industria textil, el uso de los colorantes naturales se ha aprovechado ya que no requieren de la utilización de productos sintéticos que incrementan el costo del producto final. Actualmente se cuestionan tanto el impacto ambiental como las consecuencias para la salud causadas por el uso de componentes sintéticos. La obtención de colorantes a partir de la semilla de aguacate es una alternativa para el aprovechamiento de residuos, ya que esta semilla es desperdiciada en la vida cotidiana. Es importante promover el uso de colorantes naturales, los cuales han tenido gran aceptación debido a su biodegradabilidad y a su baja toxicidad. En el presente trabajo de investigación se lleva a cabo la extracción del colorante natural mediante la utilización de solución de Hidróxido de Sodio (NaOH), dando como resultado un colorante marrón-rojizo, así como también se realiza el cálculo del rendimiento y, haciendo uso de un espectrofotómetro, de la concentración. Por último, se aplica a diferentes fibras textiles con el fin de evaluar la capacidad de teñido del colorante natural y su fijación a las mismas.

2. Experimentación

Figura 1. Diagrama del proceso para la obtención del colorante y el tenido de las fibras textiles.



Fuente: Elaboración propia.

2.1 Determinación de pectina en la semilla de aguacate

Antes de empezar la extracción del colorante, se lleva a cabo la determinación de pectina en la semilla a utilizar, es necesario que la misma esté completamente libre de pectina o con cantidades mínimas para evitar el espesado de la solución. Para este proceso se siguió la metodología del Test de Pectina llevado a cabo por Novozymes Switzerland AG para la determinación de pectinasas en la elaboración del vino. Para este procedimiento, se procedió a preparar una solución de alcohol acidificado mezclando 8 ml de Etanol y 1 gota de Ácido Clorhídrico en un

tubo de ensayo. Luego, se pesaron 4 gramos de semilla de aguacate previamente rallada y se colocaron en el tubo de ensayo junto con la solución anterior y se deja reposar por 10 minutos. Una vez pasados 10 minutos, si hay presencia de un precipitado gelatinoso color blanco, significa que hay presencia de pectina en la semilla de aguacate, ya que la pectina precipita en presencia de alcohol acidificado, (Novozymes Switzerland AG, 2009).

2.2 Extracción del colorante a partir de la semilla del aguacate

Una vez determinada la carencia de pectina en la semilla de aguacate, se procede a llevar a cabo la extracción del colorante a partir de la misma. El siguiente procedimiento se llevó a cabo basado en las metodologías de los siguientes autores: Devia & Saldarriaga y Moreno; con ciertos cambios decididos a la hora de la revisión bibliográfica y como solución a ciertos problemas presentados al realizar los experimentos.

En primer lugar, se retira la cáscara de la semilla de aguacate y se lava debidamente para retirar cualquier impureza. Seguidamente, se procede a rallar la semilla de aguacate para así disminuir su tamaño. Luego, con el mortero, se tritura la semilla de aguacate rallada, de manera que se obtenga como resultado una consistencia pastosa. Posteriormente, se pesan 10 gramos de la semilla de aguacate, rallada y triturada, para llevar a cabo la extracción en una relación de 10:100, 10 gramos de la muestra de semilla de aguacate por cada 100 ml de solución de Hidróxido de Sodio 0,5% en peso. Se mezclan los elementos mencionados anteriormente en una plancha de calentamiento, ajustando tanto la temperatura a trabajar como la velocidad de agitado en velocidad 3 (200 rpm). Se vigila constantemente la temperatura de manera que no supere o quede por debajo de la temperatura a la que se está trabajando. De igual manera, con ayuda de un cronómetro se toma el tiempo de la extracción. En la Tabla 1 se indican los tiempos y temperaturas de las extracciones con las distintas semillas a utilizar.

Tabla 1. Tiempos y temperaturas de extracción del colorante a partir de la semilla de aguacate.

Madurez de la semilla	Extracción #1	Extracción #2
Fisiológica	Tiempo: 30 minutos Temperatura: 50° C	Tiempo: 30 minutos Temperatura: 75° C
De consumo	Tiempo: 30 minutos Temperatura: 50° C	Tiempo: 30 minutos Temperatura: 75° C

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Filtración al vacío y centrifugado de la solución colorante

Una vez obtenida la solución colorante a partir de la semilla de aguacate, se procede a filtrarla y centrifugarla para eliminar por completo los residuos no deseados de la misma. En primer lugar, se lleva a cabo la filtración al vacío conectando la manguera vertical del Venturi al tubo de desprendimiento del matraz de filtración. Posteriormente, se coloca suficiente lana de vidrio sobre el embudo Buchner. Se abre el flujo de agua y se mantiene de esa forma mientras se lleva a cabo la filtración al vacío. Finalmente, se vierte la solución colorante sobre la lana de vidrio y se esperan unos minutos, dejando caer la solución filtrada en el matraz de filtración, hasta observar que solo quedan residuos sobre la lana de vidrio. Al filtrar la solución colorante, no se retiran por completo los residuos no deseados. Por esta razón, la solución colorante obtenida luego del filtrado es sometida a un centrifugado, de manera que se eliminen por completo dichos residuos. Para esto, se vierte la solución colorante filtrada en tubos de ensayo aptos para ser colocados en la centrifugadora. Se colocan dichos tubos de ensayo dentro de la centrifugadora por treinta (30) minutos y en velocidad 8 (3200 rpm). Pasado este tiempo, la solución colorante se encuentra completamente libre de residuos y es transferida de los tubos de ensayo a un vaso de precipitado debidamente limpio.

2.4 Pruebas a la solución colorante

2.4.1 Cálculo del rendimiento

Para el cálculo del rendimiento, se procedió a pesar la solución colorante inmediatamente después de terminar la extracción y luego se pesó nuevamente después de filtrar y centrifugar, registrando debidamente ambos valores. El rendimiento fue calculado mediante la siguiente ecuación 1:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{g sol colorante filtrada y centrifugada}}{\text{g sol colorante antes de filtrar y centrifugar}} \cdot 100\% \quad (1)$$

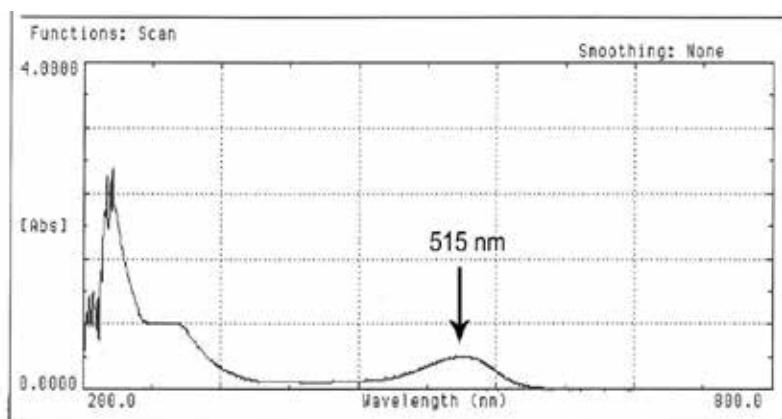
2.4.2 Caracterización del colorante natural mediante el uso del FTIR

Es necesario comprobar la presencia de antocianinas en el colorante natural ya que estas son las que proporcionan el color a la solución colorante. Para esto se procedió a caracterizar la solución mediante la Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), utilizando un espectrómetro Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR, y así analizar sus componentes. En primer lugar, se realizó una investigación en cuanto a la verificación de la presencia de antocianinas en distintos frutos mediante el uso del FTIR. Luego, al tener una referencia con que comparar los resultados, se procedió a analizar nuestra solución en el FTIR. Para esto, previamente, se llevó a cabo el "Background" con la celda vacía, de manera que se verifique que la celda está en las condiciones necesarias para llevar a cabo la caracterización. Una vez realizado esto, se llenó la celda con el colorante natural y se procedió a obtener el espectro infrarrojo correspondiente para el colorante natural, para luego compararlo con el espectro previamente investigado.

2.5 Cálculo de la concentración de la solución colorante

Una vez obtenido el colorante natural, se procede a determinar la absorbancia de la muestra haciendo uso del espectrofotómetro, utilizando un espectrofotómetro UV-visible, Fisher 4001/4, Thermo Scientific (Genesys 20) y, con este valor obtenido, se realiza el cálculo de la concentración mediante la Ley de Lambert-Beer. Al obtener el colorante natural, se procede a diluirlo con un factor de dilución de cuarenta (40). Mediante la revisión bibliográfica correspondiente (Gross, 1987, entre otros) se determinó que la longitud de onda óptima, en la región visible, para las antocianinas es de 515 nm como se observa en la Figura 2. Luego de llenar las cubetas con las diferentes muestras a analizar y utilizando solución de Hidróxido de Sodio como blanco para el espectrofotómetro, se procede a medir la absorbancia de las muestras haciendo uso de la longitud de onda mencionada anteriormente.

Figura 2. Espectro ultravioleta-visible, banda de absorción característica para antocianinas.



Fuente: Martínez-Cruz et al., 2011.

Una vez obtenidos los valores de absorbancia para cada una de las muestras de colorante, se procede a realizar los cálculos correspondientes a la concentración utilizando un coeficiente de extinción de $26900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$. El valor de concentración obtenido se multiplica por el factor de dilución utilizado, de manera que se obtenga la concentración real del colorante. Se utilizó la siguiente ecuación 2:

$$C = \frac{A \cdot FD}{\xi \cdot L} \quad (2)$$

Donde: A = Absorbancia
 C = Concentración del Cromóforo
 L = Longitud del paso óptico que contiene la muestra
 ξ = Coeficiente de extinción
 FD = Factor de dilución

2.6 Teñido de las fibras textiles con la solución colorante

2.6.1 Preparación de las fibras textiles para el teñido

Es importante preparar las fibras textiles antes de ser teñidas, para que así se asegure un teñido uniforme, intenso y con brillo. Al llevar a cabo este proceso conocido como “premordentado”, se genera la ruptura de las cadenas moleculares de la fibra de manera que se fije mejor el colorante en la misma (Arroyo, 2010). El procedimiento a continuación se llevó a cabo basado en la metodología de la autora Leticia Arroyo.

En primer lugar, se cortó la fibra textil en tamaños iguales con medidas 5 cm de ancho y 5 cm de largo aproximadamente. Luego, se procedió a lavar dicha fibra textil con jabón pH neutro de manera que se elimine cualquier impureza que pueda afectar el teñido. Seguidamente, se lleva a cabo el pesado del Sulfato aluminico de potasio (alumbre) relación 250:5000, 250 gramos de alumbre por cada 5000 ml de agua y del bitartrato de potasio (cremor tártaro) relación 6:5000, 6 gramos de bitartrato de potasio por cada 5000 ml de agua. En un vaso de precipitado se mezclan todos los elementos mencionados anteriormente. Se coloca este vaso de precipitado con la solución sobre una plancha de calentamiento y se dejan circular las fibras textiles en el baño por 40 minutos a punto de ebullición. Por último, se escurren y se dejan secar.

2.6.2 Aplicación de la sustancia colorante a las fibras textiles

En este proceso, se llevó a cabo la aplicación de la sustancia colorante a las distintas fibras textiles a utilizar. Se diluye la sustancia colorante con cantidades iguales de agua y colorante para obtener una solución 50% colorante. A esta solución diluida, se le añaden 2.5 gramos de mordente (sal común, NaCl) por cada 100 ml de solución, en este caso se utiliza sal común (NaCl) como mordente. Se coloca el vaso de precipitado con la solución sobre la plancha de calentamiento, se ajusta la temperatura de la plancha y se introducen las fibras textiles, luego de ser preparadas, en el baño de teñido. Se dejan circular las fibras textiles en el baño de teñido por 40 minutos a 40° C. Una vez pasado el tiempo, se retira de la plancha y se deja enfriar hasta el día siguiente, en este momento se retiran las fibras textiles del baño de teñido y se dejan secar tendidas.

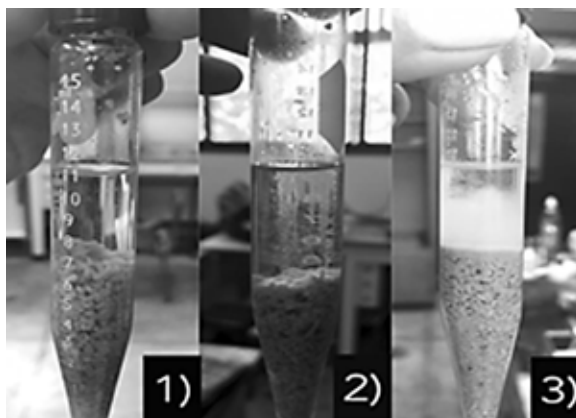
3. Resultados y discusión

3.1 Extracción del colorante natural a partir de la semilla de aguacate

Antes de empezar la extracción del colorante natural a partir de la semilla de aguacate, se procedió a determinar la presencia o carencia de pectina en la semilla de aguacate mediante un

Test de Pectina. Es necesario que la semilla esté libre de pectina para utilizarla en la extracción ya que, al tratarse de un gelificante, si se realiza la extracción con una semilla de aguacate que contenga pectina, la solución obtenida tendrá consistencia espesa. Como se observa en la Figura 3 en el tubo de ensayo 1) hay ausencia de pectina ya que el líquido es claro, en el tubo de ensayo 2) hay ligera presencia de pectina por la formación de bruma y, finalmente, en el tubo de ensayo 3) hay alta presencia de pectina debido a la floculación observada.

Figura 3. Test de pectina en la semilla de aguacate, (1) ausencia de pectina, (2) ligera presencia, (3) alta presencia de pectina.



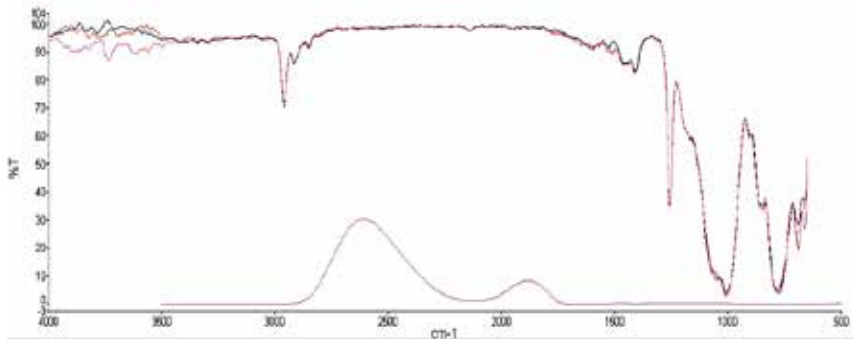
Fuente: Elaboración propia.

Se llevó a cabo satisfactoriamente la extracción del colorante natural a partir de la semilla de aguacate utilizando Hidróxido de Sodio 0.5% en peso como solvente. Se tomó la decisión de utilizar Hidróxido de Sodio como solvente ya que, según Devia & Saldarriaga “Después de varios ensayos de extracción sólido-líquido del colorante (...), se encuentra que el solvente más adecuado es una solución diluida de Hidróxido de Sodio” (2004).

Esta extracción se llevó a cabo por treinta (30) minutos a temperaturas de 50°C y 75°C con semillas de aguacate a madurez fisiológica y madurez de consumo. Es importante mencionar que en la metodología de los autores mencionados anteriormente, se llevan a cabo extracciones con duración de una (1) hora, al igual que con temperatura de 100°C. En cuanto a la extracción con duración de una (1) hora, según Rosales “Las conversiones estructurales de las antocianinas son reacciones endotérmicas. Resisten procesos a altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo” (2015). Al igual que al realizar la revisión bibliográfica correspondiente, se determinó que la antocianina se degrada al estar en presencia de temperaturas mayores o iguales a 100°C (Simpson et al, 1976). Por las razones mencionadas anteriormente, se tomó la decisión de descartar aquellas extracciones de una (1) hora o que fueran a temperatura de 100°C.

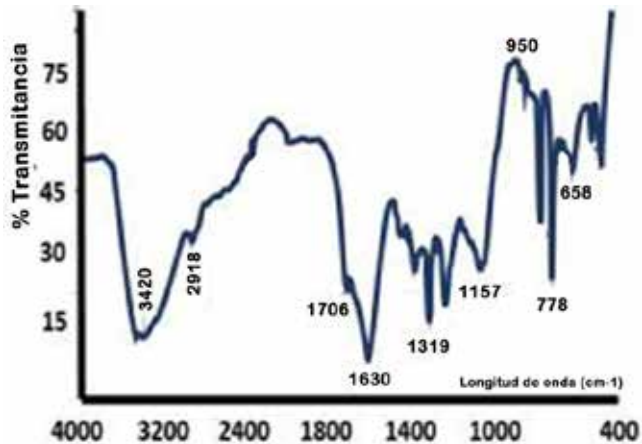
El colorante obtenido es una antocianina. Para comprobar la presencia de antocianinas en este colorante se llevó a cabo una prueba de Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) donde los resultados obtenidos se encuentran en la Figura 4 y su respectiva comparación con la referencia de antocianinas se encuentra en la Figura 5.

Figura 4. Espectros FTIR de antocianinas presentes en la semilla de aguacate.



Fuente: Elaboración propia mediante uso del FTIR.

Figura 5. Espectro infrarrojo de la fracción de un colorante flavinílico.



Fuente: Barragán et al., 2017.

Analizando el gráfico de espectro infrarrojo obtenido y comparando con el espectro infrarrojo para un colorante flavinílico, se establece que entre 2900 y 3000 cm^{-1} se produce el estiramiento de C-H, lo que se debe a que, a medida que el átomo unido al carbono aumenta

en masa, la frecuencia de vibración disminuye, es decir, los números de onda se hacen más pequeños. Estos picos se aprecian en la Figura 5 a 2914.29 y 2971.42 cm^{-1} , picos que a su vez significan presencia de grupo metilo C-H_3 . Por su parte, hay presencia de un estiramiento C=C del anillo aromático entre 1600 y 1475 cm^{-1} , el cual se observa específicamente en 1475.43 cm^{-1} en la Figura 6. La banda a 1428.57 pertenece a la vibración del enlace carbono-nitrógeno (CN). Aproximadamente a la altura de 1050 , 1260 y 1515 cm^{-1} ocurre la deformación en el plano aromático $=\text{C-H}$ (benceno) y el grupo de flavonoides $=\text{C-O-C}$, lo que se muestra en la Figura 6 en 1271.43 y en 1071.43 cm^{-1} junto con la vibración de flexión de los grupos de carbonilo (COC) que puede indicar la presencia de carbohidratos. Las bandas entre 860 y 780 cm^{-1} corresponden a las vibraciones del anillo aromático. Todas estas características de frecuencias de vibración sugieren una estructura similar a un flavonoide del tipo antocianina en los espectros FTIR para el colorante extraído a partir de la semilla de aguacate.

3.2 Determinación del rendimiento del colorante natural

En la Tabla 2 se presentan los resultados en cuanto al rendimiento obtenido de acuerdo a cada extracción de colorante natural para cada semilla de aguacate según su madurez.

Tabla 2. Rendimiento de extracciones de colorante natural a partir de semilla de aguacate.

Madurez de la semilla	Temperatura (°C)	Rendimiento (%)	Promedio (%)
Fisiológica	50	89.39	90.88
		90.86	
		92.39	
	75	88.82	87.61
		87.97	
		86.06	
De consumo	50	95.48	94.04
		92.25	
		94.39	
	75	86.74	88.10
		89.60	
		87.96	

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que un buen rendimiento está relacionado con la naturaleza del solvente y depende de muchos factores como el poder ionizante del solvente, su polaridad, fuerzas de unión y otros factores fisicoquímicos. Por lo que, al utilizar Hidróxido de Sodio como solvente se obtiene como resultado un alto rendimiento.

Por otra parte, al realizar una comparación en cuanto a las temperaturas de extracción utilizadas con las semillas de aguacate en los diferentes estados de madurez, se puede observar que las extracciones llevadas a cabo a 50°C tienen mayor rendimiento que aquellas realizadas a 75°C. Mientras que, al comparar las extracciones en cuanto al estado de madurez de la semilla utilizada, se puede establecer que se obtiene un mayor rendimiento al utilizar la semilla de aguacate en madurez de consumo. En este sentido, se puede decir que al obtener un mayor rendimiento utilizando la semilla de aguacate en madurez de consumo se trata del aprovechamiento de un residuo sin comprometer la pulpa del fruto, mientras que si se tratara de la semilla de aguacate en madurez fisiológica se desperdicia el fruto completo. El rendimiento obtenido en este trabajo de investigación es considerablemente mayor en comparación con el obtenido por los autores Devia & Saldarriaga y Moreno, quienes se encargan de la investigación del colorante en estado sólido (polvo). Por lo que es evidente que el colorante en estado líquido, con un rendimiento promedio de 90.15%, presenta un mayor rendimiento que el colorante en estado sólido (polvo), con un rendimiento aproximado de 45% entre los autores consultados.

3.3 Determinación de la concentración del colorante natural

En la Tabla 3 se presentan los resultados correspondientes a la concentración de los colorantes obtenidos a las temperaturas trabajadas y con las semillas en madurez fisiológica y de consumo.

Tabla 3. Absorbancias y concentraciones del colorante natural.

Madurez de la semilla	Temperatura (°C)	Absorbancia	Concentración (M)	Concentración promedio (M)
Fisiológica	50	0.318	9.18	9.28
		0.321	9.27	
		0.325	9.38	
	75	0.469	13.54	13.54
		0.473	13.66	
		0.465	13.43	
De consumo	50	0.547	15.79	15.79
		0.545	15.74	
		0.549	15.85	
	75	0.725	20.93	20.93
		0.723	20.88	
		0.727	20.99	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los valores de la absorbancia, se procede a llevar a cabo el cálculo de las concentraciones haciendo uso de la Ley de Lambert-Beer. Para el uso de esta ley, se

determinó que el coeficiente de extinción para la cianidina es $26900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$. Se decidió utilizar el coeficiente de extinción mencionado anteriormente, debido a que tanto la cáscara como la semilla del aguacate presentan alto contenido de flavonoides, entre ellos la procianidina, los flavonoles y ácidos hidroxicinámicos. En este sentido, las procianidinas son una clase de antocianina provenientes de los flavonoides, que al oxidarse se despolimerizan convirtiéndose en cianidinas, (Tremocoldi, et al, 2018).

Al analizar los valores de concentración obtenidos se encontró que, comparando los colorantes naturales en cuanto a la madurez de la semilla de aguacate utilizada, el colorante extraído de la semilla de aguacate en madurez de consumo presenta una concentración mayor que el colorante extraído de la semilla de aguacate en madurez fisiológica. Esto se debe a que, al madurar el aguacate, ocurren modificaciones tanto en su estructura como en su composición, debido a la despolimerización de la pared celular del fruto (Ceballos & Montoya, 2013, p.105). Por lo tanto, se determinó que al madurar el aguacate aumenta la concentración de antocianinas en la semilla del mismo, lo cual coincide con la afirmación de Antonnen y Karjalainen (2005) quienes “encontraron amplia variación en el contenido de antocianinas, (...), entre cultivares y ambientes; el grado de maduración del fruto también influye en el contenido y tipo de antocianinas, así como en otros compuestos fenólicos.”

Por otra parte, al comparar las concentraciones en cuanto a la temperatura utilizada en la extracción, aquellas realizadas a 75°C presentan una mayor concentración que las extracciones efectuadas a 50°C . La razón de esto es que, al llevar a cabo la extracción utilizando un solvente a base de agua y, a su vez, trabajar con temperaturas cercanas a 100°C se evapora parte del líquido debido a la mayor energía cinética presente entre las moléculas de agua, (Jaramillo, 2007).

3.4 Verificación de la capacidad de teñido del colorante natural mediante su aplicación a diferentes fibras textiles

Para el cumplimiento de este objetivo, se llevó a cabo la aplicación del colorante natural haciendo uso de las fibras textiles: 100% algodón, 100% poliéster y 50% algodón 50% poliéster, con la debida preparación previa de la tela y usando sal común (NaCl) como mordente durante el teñido para la fijación del colorante en la fibra textil.

Los colorantes naturales son reconocidos por su poder colorante en fibras de proteína natural como lana, seda y algodón, (Kumar & Agarwal, 2009). Mientras que, no son efectivos en telas sintéticas, (Xicotla, 2015). Los resultados obtenidos, verifican lo mencionado anteriormente. Al aplicar el colorante natural en la fibra textil 100% algodón se obtuvo un teñido con coloración intensa y uniforme, por tratarse de una tela de origen natural. Por su parte, al llevar a cabo el teñido en la fibra textil 50% algodón 50% poliéster se obtuvo una coloración menos intensa que en la fibra 100% algodón, pero con igual uniformidad de teñido, tener presencia de poliéster genera el teñido menos intenso. Por último, evaluando el teñido de la fibra textil 100% poliéster, se observa que la coloración es poco intensa y, a su vez, presenta

poca uniformidad con presencia de leves manchas más oscuras que el resto de la tela, ya que es una tela sintética.

Se verificó que la intensidad de la coloración depende de la concentración del colorante utilizado. En cuanto a los colorantes extraídos de la semilla de aguacate en madurez de consumo, se considera que, al evaluar el teñido llevado a cabo con el colorante extraído a 75°C, se presentó la coloración más intensa ya que se trata del colorante con mayor concentración. Por su parte, al evaluar teñido realizado con el colorante obtenido a 50°C, se observa una coloración menos intensa que con el colorante a 75°C, debido a la disminución en la concentración. En relación al colorante extraído de la semilla de aguacate en madurez fisiológica, al analizar el teñido llevado a cabo con el colorante obtenido a 75°C, este presentó una coloración similar a la conseguida con el colorante a partir de la semilla de aguacate en madurez de consumo a 50°C debido a la concentración similar de ambas soluciones colorantes. El colorante que se extrajo a 50°C presentó la coloración menos intensa de todas debido a su baja concentración.

3.5 Evaluación de la fijación del colorante natural a través de una prueba de solidez al lavado

Las fibras textiles, al estar completamente secas, se sometieron a un proceso que simula un sensor digital de color bajo el modelo CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key).

Llevando a cabo una comparación entre los resultados obtenidos, se puede determinar que la fibra textil 100% algodón presenta la mayor fijación de teñido con colorante natural a partir de la semilla de aguacate. Luego, comparando esta fibra textil en cuanto al colorante utilizado, la mayor fijación de teñido se presentó con el colorante extraído a partir de la semilla de aguacate en madurez de consumo, con una fijación similar entre el teñido con el colorante extraído a 50°C y a 75°C, con tendencia a la pérdida de color negro (Key) al lavar la fibra textil.

En cuanto a la fibra textil 50% algodón 50% poliéster, presentó una decoloración intermedia, con mayor decoloración en aquellos teñidos llevados a cabo con el colorante natural extraído de la semilla de aguacate en madurez fisiológica, al tener presencia de poliéster, la fijación será menor debido a la poca afinidad entre los colorantes naturales y las fibras textiles artificiales. Con respecto a la fibra textil 100% poliéster, hubo una gran decoloración de aproximadamente 55% en todos los colores (Cyan, Magenta, Yellow, Key), ya que se trata de una fibra textil artificial y los colorantes naturales no son efectivos en este tipo de telas.

Tanto las fibras textiles 50% algodón 50% poliéster como las 100% poliéster, presentaron una mayor decoloración de los colores Magenta y Yellow en la primera lavada y, en la segunda lavada, una mayor pérdida del color negro (Key). Mientras que, todas las fibras textiles presentaron una tendencia a la pérdida del color negro (Key) a lo largo de las lavadas.

Por último, la fibra textil 100% poliéster presentó la menor fijación por tratarse de una tela artificial. El promedio de pérdida de color total entre todas las telas de poliéster teñidas

fue de 54.3% de Magenta, 49,6% de Yellow y 58.6% de Key. Por lo que es evidente que este colorante no es efectivo en este tipo de fibras textiles.

4. Conclusiones

- Se extrajo eficientemente colorante de color marrón-rojizo a partir de la semilla de aguacate en madurez fisiológica y de consumo, haciendo uso de solución de Hidróxido de Sodio 0.5% en peso, a las temperaturas de 50°C y 75°C.
- El colorante extraído a partir de la semilla de aguacate contiene antocianinas.
- El rendimiento promedio de las extracciones fue de 90.15%.
- El uso de Hidróxido de Sodio como solvente resulto ser eficiente para este experimento ya que se obtuvo un alto rendimiento.
- La concentración del colorante depende de la maduración de la semilla de aguacate utilizada.
- La poca intensidad en la coloración se debe a la presencia parcial o completa de fibras textiles artificiales.
- Los teñidos más intensos se obtuvieron con el colorante extraído a partir de la semilla de aguacate en madurez de consumo a 75°C.
- El colorante obtenido en este trabajo no es efectivo en fibras textiles artificiales.
- La mayor fijación del colorante natural se obtuvo en la fibra textil 100% algodón, específicamente con el colorante extraído de la semilla de aguacate en madurez de consumo.
- Las fibras 50% algodón 50% poliéster y 100% poliéster presentaron menor fijación, al hacer uso de este colorante, por tratarse de fibras textiles artificiales.
- Luego de lavar la fibra textil, se observó una tendencia a la pérdida del color negro (Key).

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses con respecto a la publicación de este documento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Metropolitana por haber permitido que esta investigación se hiciera en sus laboratorios.

Referencias

- Antonnen, M., Karjalainen, R. (2005). Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, (8), 759-769. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.11.003>
- Arroyo, L. (2010). *Tintes naturales mexicanos: su aplicación en algodón henequén y lana*. Ciudad de México, México. Editorial Conabio.
- Barragán, M., Aro, J., Delgado, M. et al. (2017). Evaluación y caracterización de compuestos bioactivos en sachá manzano (*Hesperomeles escalloniifolia* Schlttdl.) y upatankar (*Berberis boliviana* L). *Revista ECI Peru*, 14, (2), 109-114. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0012/>
- Ceballo, A., Montoya, S. (2013). *Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate*. *Rev.Bio.Agro*, 11 (1). 103-112 Recuperado de: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/270/471>
- Devia, J. & Saldarriaga, D. (2005). Proceso para obtener colorante a partir de la semilla de aguacate. *Revista Universidad EAFIT*, 41, (137), 36-43. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/836/745/>
- Tremocoldi, M., Rosalen P., Franchin M, Massarioli A, Denny C, et al. (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLOS ONE* 13(2): e0192577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577>
- Gross, J. 1987. *Pigments in fruits*. Academic Press. London. ISBN 10 0123042003.
- Moreno N., Guerrero, E., Diana P. (2011). *Extracción y evaluación de un colorante natural a partir de la pepa de aguacate para el teñido de las fibras de algodón y poliéster*. Tesis de grado. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1757>
- Jaramillo, O. (2007). *Notas de Físico-Química: Estados de la Materia; Líquidos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigación en Energía <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Liquid3/liquid3pdf.pdf>
- Kumar, A., Agarwal, P. (2009). *Application of natural dyes on textiles*. *Indian Journal of Fibre & Textile Research, Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34 (4), 384-399 Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/fbec/006a749312db0b3a32fb4063a7b8928aa8a3.pdf>
- Novozymes Switzerland AG. (2009). *Test de Pectina*. Recuperado de: https://www.bioteca.info/pdf/Guias/LP_ES_Pectin-Test_Info.pdf

Rosales, J. (2015). *Influencia de la Temperatura y Velocidad de Aire en la Cinética de Degradación de las Antocianinas del Sauco (Sambucus Peruviana H.B.K.) durante el Secado por Convección*. Tesis de grado. Recuperado de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1590/ROSALES%20TORPOCO%20Tesis.pdf?sequence=1>

Xicota, E. (2015). *Tintes naturales vs Tintes sintéticos. ¿Qué es más sostenible?* Recuperado de: <https://www.esterxicota.com/tintes-naturales-vs-tintes-sinteticos/>

