

Proceso

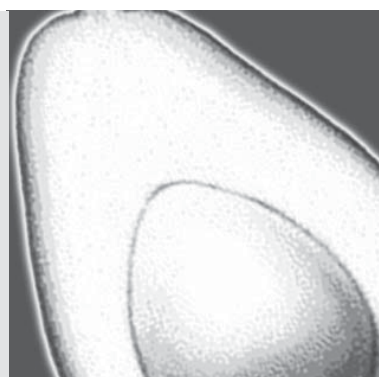
para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate

Jorge Enrique Devia Pineda

Ph. D. Docente del Departamento de Ingeniería de Procesos de la Universidad EAFIT e integrante del Grupo de Investigación en Desarrollo y Diseño de procesos en la misma institución.
jdevia@eafit.edu.co

Diego Fernando Saldarriaga

Ingeniero de Procesos de la Universidad EAFIT.
dsaldar1@eafit.edu.co



Recepción: 26 de julio de 2004 | Aceptación: 15 de septiembre de 2004

Resumen

El Aguacate es una fruta comestible con una semilla muy voluminosa de la cual se extrae un colorante, una antocianina, que sirve para teñir tejidos naturales y alimentos. En este artículo se describe el proceso de obtención del colorante y se fijan los parámetros para obtener un buen rendimiento en una planta piloto. El análisis económico preliminar del proceso sugiere que con una inversión moderada es posible iniciar la producción de este colorante natural.

Palabras Clave

Aguacate
Colorante natural
Antocianinas
Planta piloto
Proceso

Process to obtain dye from the avocado seed

Abstract

The avocado is an edible fruit that has a very voluminous seed which contains a dye, an anthocyanin, which can be extracted and used to dye natural fibers and foods. The process for the extraction of the colorant is described in this article and the parameters to obtain a good yield at the pilot plant level are defined. The preliminary economic analysis of the process suggests that with a moderate investment it is possible to initiate the production of this natural colorant.”

Key Words

Avocado
Natural dye
Anthocyanins
Pilot plant
Process

Introducción



Seguramente en los próximos años habrá una reducción considerable del uso de los colorantes sintéticos, debido a que algunos de ellos presentan efectos nocivos para la salud (Sighthings, 2004). En su reemplazo, aparece un notable interés por el uso de los colorantes naturales, que hasta ahora no requieren certificación alguna para su empleo y que se pueden obtener a partir de muchas plantas, bien sea de las hojas, de los frutos o de los tallos y raíces (FDA, 2004).

Una de las frutas más conocidas es el aguacate, que tiene una voluminosa semilla de la cual, desde tiempos inmemoriales, se obtiene un colorante que se emplea, de manera rudimentaria, para marcar la ropa. La semilla del aguacate contiene perseína, un monosacárido de siete átomos de carbono de valor quimiosistemático, epicatequina (un flavonoide), taninos condensados, que son formas poliméricas derivadas de la epicatequina y una proantocianidina trimérica (color violeta) (Castro, 1999).

No se tiene mucha información de las características fisicoquímicas del colorante que se extrae de la semilla del aguacate y en este trabajo, además de determinar algunas de estas características, se determinan los parámetros para el proceso de extracción del colorante, se propone un proceso para su obtención y se describen algunos de sus usos.

Se pretende contribuir al aprovechamiento de una biomasa, hasta ahora desechada, añadiéndole algún valor agregado. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es diseñar un proceso para la extracción del pigmento indeleble de color café que se halla en la semilla del Aguacate, determinar los parámetros de diseño para la aplicación del proceso en una planta piloto y recomendar algunas aplicaciones (Saldarriaga, 2002).

1. Aspectos generales del aguacate

1.1 Aspectos botánicos y agronómicos

El Aguacate (*Persea gratissima* Goerin - *Persea Americana* Mill) se cultiva ampliamente en toda América,

incluyendo Estados Unidos, México, Guatemala, Colombia y, en el viejo continente, en España.

Se utiliza principalmente como complemento de la alimentación, en la preparación de diferentes platos, entre los que se encuentra una amplia variedad de ensaladas, salsas, jugos, etc, debido a su alto valor alimenticio (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química del Aguacate por 100%

| Componente | % |
|---------------------|------|
| Agua | 64,5 |
| Proteína | 1,7 |
| Grasa | 26,4 |
| Hidratos de carbono | 5,1 |
| Calorías | 264 |

Fuente: Arias Alzate, E. (1968). Plantas medicinales. 8 ed. Medellín: Editorial Bedout.

El aguacate puede cultivarse en terrenos de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5,5 a 7), desde 0 hasta los 2.500 metros sobre el nivel del mar; sin embargo, se recomienda su cultivo en altitudes entre 800 y 2.500 m, para evitar problemas con enfermedades, especialmente en las raíces. La temperatura y la precipitación son los dos factores de mayor incidencia en el desarrollo del cultivo (Infoagro, 2002).

1.2 Aspectos comerciales

El fruto del árbol posee muchos usos, entre los cuales destacan:

- **Doméstico.** Como alimento, ampliamente difundido en nuestro país y en gran parte del mundo.
- **Industrial.** Para la fabricación de aceite de aguacate, que contiene una gran cantidad de aceite fijo, amarillo verdoso, excelente para el cabello, tanto para darle un bonito aspecto como para detener su caída y hacerlo crecer. Con este aceite también se prepara un magnífico jabón de tocador que mejora el cabello en firmeza y en color. De la semilla se extrae un jugo que es una tinta indeleble que sirve para marcar ropa (Arias, 1968).

- **Medicinal.** El aguacate también tiene aplicaciones en la medicina tradicional: la corteza del tallo es útil como astringente, la cáscara del fruto sirve como vermífugo y antidiarreico, los brotes y las hojas cuando ya pasan de color pardo o rosado al verde, tienen la reputación como excitantes de la vesícula biliar, son balsámicos, carminativos, esqui-máticos, vulnerarios, emenagogos, antisifilíticos y energético diuréticos entre otras aplicaciones (Arias, 1968).

2. Extracción del colorante

Después de varios ensayos de extracción sólido – líquido del colorante de la semilla molida del Aguacate, se encuentra que el solvente más adecuado es una solución diluida de hidróxido de sodio. Se ensayan solventes orgánicos (CCl₄, Acetona, Éter Etilico) con los cuales no se obtiene colorante alguno, mientras que con alcohol etílico, con agua y con agua acidificada con HCl se obtiene una concentración muy baja del colorante.

Con base en los resultados de estos ensayos se diseña un método de extracción que consiste en lavar

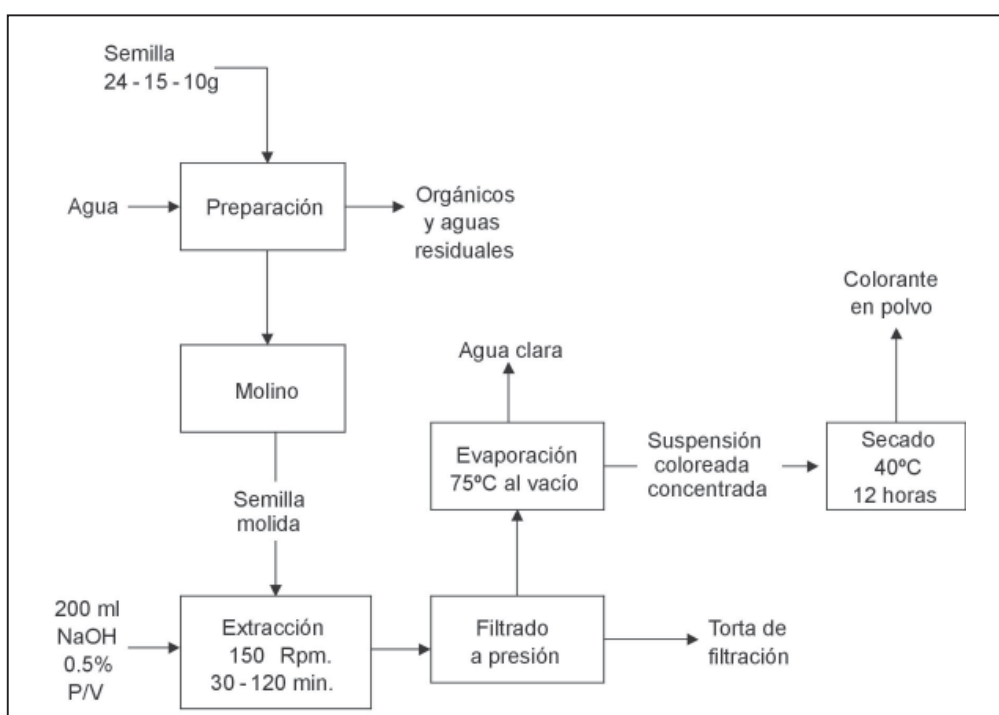
las semillas para removerles residuos de la pulpa y la suciedad, para luego pasarlas por un molino de discos y así obtener un producto de consistencia pastosa, al cual se le determina la humedad promedio de 18%.

En la fase de extracción, la semilla molida se pone en el tanque de extracción, a una temperatura moderada (menor de 75° C), con una determinada relación sólido-solvente, y por un tiempo definido con agitación.

En el laboratorio, el extracto obtenido se filtra por medio de una tela elástica, haciendo un poco de presión, para obtener la solución de color café oscuro, libre de sólido, y una torta residual.

Finalmente, esta solución se concentra en el evaporador y de este concentrado se saca una muestra que se seca totalmente en una estufa, a una temperatura inferior a 75° C, para obtener el porcentaje del producto extraído de la semilla, con base en la humedad original de ésta. En la Figura 1 aparece el Diagrama de Bloques del Proceso de extracción, cuyos parámetros se determinan con ayuda del Diseño de Experimentos.

Figura 1. Diagrama de Bloques del Proceso (BFD) de Extracción del Colorante de la Semilla del Aguacate



3. Características del colorante obtenido

Cromatografía en capa delgada. De los eluentes utilizados todos arrastran el componente parejo con el frente del solvente en la cromatografía, menos el metanol que separa, ligeramente, el colorante en dos constituyentes: uno en la parte inferior de color café-rojizo y otro en la parte superior de color café-amarilloso.

Con base en los resultados de la cromatografía de capa delgada, se hace la cromatografía de columna usando metanol como solvente.

Cromatografía de columna. En la recolección de fracciones a medida que pasa el solvente por la columna se obtienen dos fases de colores definidos a lo largo del recorrido, la primera es de color amarillo claro que se arrastra completamente, de manera que se retira en las primeras fracciones. Las fracciones intermedias son de color amarillo-anaranjado

y las últimas fracciones consisten de una mezcla de colores amarillo y café. De la tonalidad más oscura de la mezcla, se infiere que la concentración del color amarillo naranja es más alta que la del amarillo claro.

Espectro UV-VIS: Los espectros obtenidos para las diferentes fracciones, absorbancia contra la longitud de onda, registradas en el espectrofotómetro Spectronic Génesis 2PC, muestran bandas de absorción en la región visible, en 507 nm, y en la región ultravioleta, en 267 nm.

Las antocianinas sufren cambios estructurales reversibles a medida que se cambia el pH de

la solución, lo cual se manifiesta por los cambios de color, tal como ocurre con el producto obtenido de la semilla del aguacate. Por otro lado, es característico de estos compuestos mostrar dos bandas de absorción, una en la región UV (260 – 280) y otra en la región visible (490 a 550) (Giusti, 2000).

4. Parámetros del proceso de extracción

Con base en los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, se hizo un Diseño Experimental de Superficie de Respuesta, específicamente el de Box-Behnken, con el fin de optimizar estadísticamente el rendimiento de la extracción teniendo en cuenta las siguientes variables (Montgomery, 1991):

Relación sólido-solvente: 0.2, 0.125 y 0.05 (peso de sólido a volumen de solvente)

Concentración de NaOH en el solvente: 0.5% P/V (peso de NaOH / volumen de agua) (pH 13)



Temperaturas de extracción: 50° C, 75° C y 100° C.

Tiempo de extracción: 30 min, 75 min y 120 min

Tamaño de partícula: mayor a malla # 20 (600 μ m)

Temperatura de evaporación: 75° C al vacío.

Este Diseño de Experimentos se selecciona porque presenta el mismo nivel de confiabilidad del Diseño Factorial (incluyendo las interacciones entre las variables), pero con mucho menor número de ensayos, lo que permite hacer réplicas de cada uno para eliminar incertidumbres, y disminuir los costos de tiempo y dinero invertidos en ellos. Así resultan 15 experimentos, variando tiempo, temperatura y relación sólido/solvente, a partir de los cuales se obtiene la cantidad de pigmento extraído y el porcentaje de extracción.

El intervalo de temperatura se selecciona de acuerdo con ensayos realizados en trabajos anteriores (Pifferi, 1979; Warmi, 2002) y tanto el análisis de los resultados como el diseño experimental se hacen mediante el software Statgraphics-Plus V 5.0.

A partir del Diseño de Experimentos se encuentra que la mejores condiciones para la extracción del colorante del aguacate se logran usando como solvente una solución acuosa de hidróxido de sodio al 0.5% (5 g de NaOH en un litro de agua), con un pH de 13, velocidad de agitación 150 rpm, temperatura de extracción de 75° C, durante dos horas y con una relación peso de sólido a volumen de solvente de 0.05, se obtienen rendimientos en la extracción del colorante seco entre 46 y 48%.

5. Diseño del proceso de extracción

Los resultados obtenidos en el diseño experimental y la optimización de la respuesta permiten establecer los siguientes parámetros para cada una de las variables significativas del proceso y se plantea el Diagrama de Flujo (PFD) del proceso (Figura 2):

Relación sólido-solvente: 0.05 (peso de sólido / volumen de solvente)

Concentración de NaOH: 5 g/Lt.

Temperatura de extracción: 75° C

Tiempo de extracción: 120 minutos

Temperatura de evaporación: 75° C

Como criterio de diseño para el procesos se establecen 3 lotes de producción por día cada uno con 10 Kg de semilla que, de acuerdo con los parámetros seleccionados, se estima un rendimiento de 47.22%, para producir 10.97 L de solución del colorante al 45% por lote, o 32.93 Litros por día, que trabajando durante 360 días al año producen 11880 L /año de solución del colorante. Con base en estos parámetros se calculan los diferentes equipos necesarios para el proceso (Tabla 2).

Tanque de almacenamiento NaOH 0.5% (TK-101).

Para los 10 Kg de semilla en cada lote se requieren 0.2 m³ de solución acuosa de NaOH al 0.5% P/V, con lo cual a la semana serán 3 m³ de solución, que es la capacidad del tanque vertical de fibra de vidrio (Turton, 1998).

Tanque extractor (V-201). Para el proceso de extracción de un lote de producción de 10.97 L de colorante se requieren 0.2 m³ de solución acuosa de NaOH al 0.5%, para lo cual se diseña un tanque de acero inoxidable de 800 mm de diámetro y 800 mm de altura, con un espesor de 67 mm, con su respectiva paleta y quemador para el calentamiento a 75° C.

Tanque evaporador (V-301). Para concentrar hasta un 45% la solución coloreada ya filtrada. Básicamente tiene los mismos parámetros que el tanque extractor. Sólo se adiciona una conexión al vacío, por medio de la cual se disminuye el punto de ebullición del agua, para facilitar la evaporación sin degradar el colorante (McCabe, 1999; Turton, 1998).

Molino (CR-101). Para procesar la cantidad de semilla por lote 10 Kg, se requiere un molino eléctrico de disco giratorio, que cumple fundamentalmente la función de aumentar el área de contacto entre la semilla y la solución de NaOH. Su capacidad es de 10 Kg/min, con una potencia de motor de ½ HP (Ulrich, 1984).

Separadores. La solución coloreada proveniente del tanque extractor se separa en dos fases una sólida, y otra líquida que es la solución coloreada. Debe poseer la capacidad de filtrar todo el contenido de un lote en menos de dos horas y materiales resistentes a los productos a ser separados.

Figura 2. Diagrama de Flujo (PFD) para el Proceso de Extracción del colorante de la semilla del Aguacate

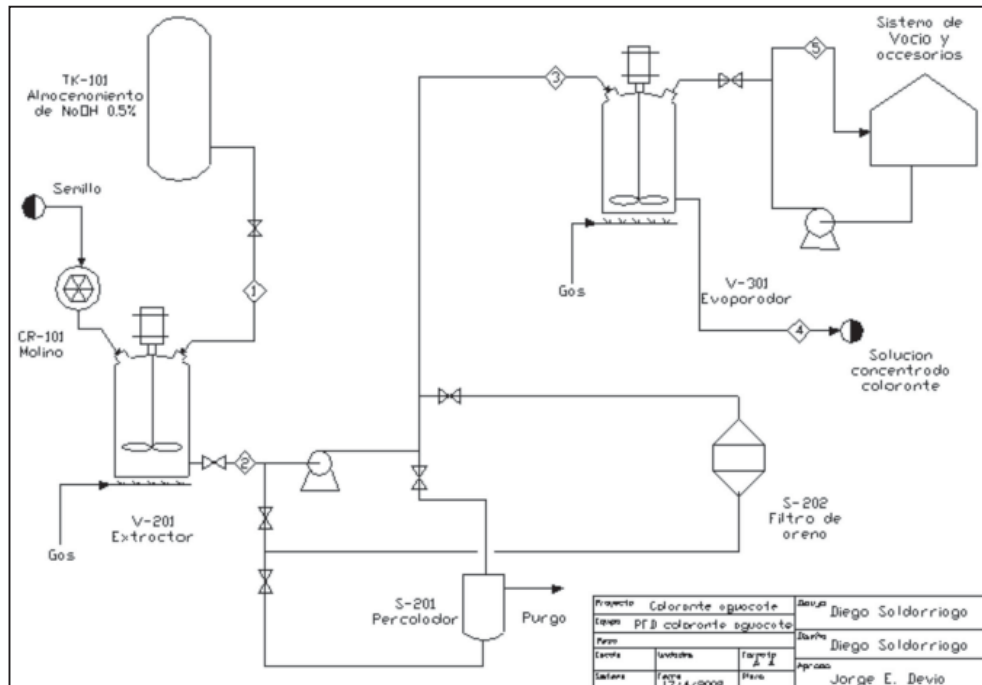


Tabla 2. Nomenclatura de equipos y corrientes del proceso

| NOMENCLATURA DE EQUIPOS | |
|---|--|
| TK-101 Tanque de almacenamiento de NaOH al 0.5% P/V. | V-201 Tanque extractor de la solución coloreada |
| S-202 Filtro de arena | V-301 Tanque evaporador |
| S-201 Percolador | |
| NOMENCLATURA DE CORRIENTES | |
| 1 Solución de NaOH al 2% P/V | 5 Suspensión libre de sólidos |
| 2 Semillas de aguacate | 6 Solución concentrada colorante |
| 3 Suspensión coloreada | 7 Agua de circulación para vacío |
| 4 Semilla despojada de colorante | |

Separación primaria. Se selecciona la separación por percolación, debido al sistema de proceso por lotes, a la poca concentración de sólidos en suspensión y a la posibilidad de limpiar el medio filtrante continua y fácilmente. El separador de acero inoxidable tiene una capacidad de 150 Kg de sólidos en 100 L/hr de líquido, y una malla filtrante # 20, para obtener un líquido clarificado libre de partículas gruesas (McCabe, 1999; Ulrich, 1984; Wakeman, 1999).

Separación secundaria. Posterior a la primaria, de la cual llega la solución libre de partículas mayores de 600 μm , por lo cual se requiere un sistema de filtración de mayor capacidad. Así un filtro de arena es bastante adecuado debido a su alta capacidad y su moderado costo; debe retener partículas mayores a malla # 100 (147 μm) con lo cual la solución coloreada queda bastante clarificada (Ulrich, 1984).

Sistema de vacío. Este vacío tiene como función disminuir el punto de ebullición de la solución acuosa, en el tanque evaporador. Se selecciona una trompa de agua que produce un vacío cerca de 0.5 psia, que satisface las necesidades del sistema y permite la reutilización del agua. Su costo inicial y mantenimiento son menores al de una bomba de aceite.

Análisis Preliminar de Costos

Como complemento de este trabajo se realizó un análisis preliminar de los costos de este proyecto y se encontró que con base en precios del año 2002, los resultados económicos del montaje de la planta piloto son: tasa interna de retorno del proyecto (TIR) 20%, valor presente neto del flujo de caja con una tasa mínima de retorno (TMR) del 10.7% igual a \$7'250.000, y utilidades netas sólo a partir del tercer año de operación (Saldarriaga, 2002).

6. Aplicaciones del colorante de la semilla del aguacate

Como tinte

El colorante obtenido a partir de la semilla del aguacate se emplea para teñir fibras textiles de poliamida y de algodón, usando mordientes vegetales, con resultados que satisfacen las Normas Icontec para textiles (Cruz, 2004).

Como colorante en alimentos

Se ensayan varios alimentos y bases de alimentos bastante comunes para determinar la estabilidad y el grado de suspensión del colorante, los cuales son:

Leche y sus derivados. Se colorea leche con el pigmento y se obtiene una completa estabilidad y una buena suspensión del colorante. En quesos la respuesta es similar, luego de colorear la leche, la suspensión comienza a precipitar en conjunto con el colorante, y el resultado es un queso de color parejo. Es de subrayar que el colorante no afecta el sabor del queso.

Harinas. Se colorea la masa a partir de harina de trigo para obtener productos de panadería, con estabilidad y buen color.

Para obtener el colorante apropiado para usar en alimentos se disuelve en etanol el producto obtenido con la solución diluida de KOH, y luego se filtra para obtener un producto en polvo por evaporación del solvente.

Otros usos

Colorante para tizas y crayones: El colorante puede agregarse a tizas y a cera para obtener tiza y crayones coloreados, aprovechando las cualidades de este colorante natural (Eck, 1991).

Cosméticos y medicina. El colorante se puede añadir a cosméticos, mezclado con las cremas apropiadas. Y en cuanto a medicina los efectos terapéuticos de los componentes pueden ser retenidos por el colorante, procurando así la apropiada reunión de los regímenes medicinales (Eck, 1991).

Conclusiones

A partir de la semilla del Aguacate se puede extraer un colorante, que es una antocianina, con una solución diluida de hidróxido de sodio y una vez procesado este extracto se obtiene un polvo, soluble en agua y parcialmente soluble en alcohol etílico, que puede usarse para darle color a fibras naturales usando mordientes naturales como los taninos de la corteza de eucalipto. También se puede adicionar a alimentos lácteos y de panadería para modificar su apariencia, una vez purificado por disolución el etanol.

Los parámetros del proceso se definen por medio de un Diseño de Experimentos de Superficie de Respuesta: dos horas de extracción, con agitación a 150 rpm y a una temperatura de 75° C, con una solución acuosa de NaOH al 0.5% y con una relación de sólido a solvente de 0.05.

Un análisis económico preliminar del proceso indica que puede ser empleado en una pequeña industria, y con una inversión relativamente baja comenzar a generar utilidades netas a partir del tercer año.

Bibliografía

Arias Alzate, E. (1968). *Plantas Medicinales*. 8 Ed. Medellín: Editorial Bedout.

Castro, O. *et al.* (1999). "Neutralización del efecto hemorrágico inducido por veneno de *Bothrops asper* (Serpentes: Viperidae) por extractos de plantas tropicales". En: *Revista de Biología Tropical*. Vol. 47. No. 3. pp. 605-616.

Cruz, D. y Palomino, C. (2004). *Selección de un método para teñir textiles con solocrantes de las semillas del Achiote y del Aguacate*. Trabajo de Grado. Ingeniería de Procesos. Medellín: Universidad EAFIT.

Eck, G. (1991). *Process for producing luminescent dyestuffs from plant materials*. Patente US 5,042,989 (27/8/1991).

FDA. Food and Drugs administration. (2004). Aditivos en alimentos. [Consultado 13/3/2004] URL: <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/sfoodadd.html>

_____ (2004). Summary of color additives listed for use United States in food, drugs, cosmetic, and medical devices. [Consultado: 13/03/2004]. URL: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/opa-col2.html>

Giusti, M.M. & Wrolstad, R. E. (2000). "Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy". [Consultado: 09/04/2003] <http://www.does.org/masterli/facsample.htm>.

Infoagro (2002). El cultivo del aguacate. [Consultado: 24/01/2002] URL: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.asp

Macreperu. (2002). Teñido con tintes naturales. [Consultado: 26/03/2002] URL: http://www.macreperu.com/Productos/Tintes_Naturales/tinte_natural.htm

McCabe, W. L. (1999). *Operaciones unitarias en ingeniería química: Agitación y mezcla de líquidos*. 4 ed. Madrid: McGraw Hill.

Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. Madrid: Editorial Iberoamericana.

Pifferl, Pier G. (1979). *Process for obtaining a dye substance of vegetal origin*. Patente US 4,156,077 (15/07/2004).

Saldarriaga, D. F. (2002). Diseño del Proceso de Extracción Industrial del Colorante de la Semilla del Aguacate. Trabajo de Grado Ingeniería de Procesos. Medellín: Universidad EAFIT.

Sastre C, M. 1996. *Manual de tintes naturales para seda*. Bogotá: Editorial C.D.I.S.

Sighthings. (2004). *EU prepares to ban clothes: Dyes Due To Cancer Risk*. [Consultado: 15/07/2004] URL: <http://www.rense.com/politics2/eu.htm>.

Riojalta (2002). *Colorantes de la uva*. [Consultado: 10/4/2002] URL: <http://www.riojalta.com/libro/rio409.htm>

Turton, R. (1998). *Analysis synthesis and design of chemical processes*. New Jersey: Prentice Hall.

Ulrich G. D. (1984). *A guide to chemical engineering process design and economics: Flow sheet preparation*. New York: Editorial John Wiley & Son.

Warmi (2002). Tintes naturales. Teñido y mordentado. [Consultado: 15/03/2002] URL: <http://warmi.hypermart.net/warmi.htm>

Wakeman, R. J. (1999). *Filtration: Equipment selection modeling and process simulation*. Oxford: Editorial Elsevier.