

TITULO: “DECOLORACION DE LA CERA DURA DE CANA DE AZUCAR POR VIA FISICA CON BENTONITA NATURAL ACTIVADA”

AUTORES: Msc Juan B. de León Benítez

Dra. Gretel Villanueva Ramos

Dr. Alfredo Curbelo Sánchez

Ing. Erick García Zaíta

RESUMEN

El presente artículo trata sobre la decoloración de la cera dura de caña de azúcar por vía Física empleando como adsorbente en cama fija bentonita natural activada.

Se determinaron experimentalmente las propiedades físico-químicas de la cera dura, Punto de Fusión, Viscosidad, Color y Brillo antes y después de ser decolorada la cera.

Se desarrolla un diseño experimental mediante un plan factorial 2^k , definiendo como variables de operación en el proceso de decoloración por vía Física, el diámetro de partícula, la relación alcohol/cera y la altura de la cama de adsorbente, teniéndose como variable respuesta las propiedades físico-químicas de la cera una vez decolorada, índice de saponificación, viscosidad, brillo, color y punto de fusión.

Los resultados experimentales se procesaron estadísticamente en cada caso, obteniéndose los modelos matemáticos adecuados que definen la dependencia de las variables de proceso en las modificaciones físico químicas de la cera luego de ser esta decolorada, estableciéndose además las mejores condiciones de operación como resultado de la optimización de los modelos matemáticos.

SUMMARY

The present article treats on the decoloration of the wax It endures of cane by physical path employing as adsorbent in fixed bed natural small @bentonita@ activated.

It is determined experimentally the physical ownership-chemistries of the wax endures, fusion point, viscosity, color and shine rather and after is decolorized the waxlas.

It is unrolled an intervening experimental design a factorial plan 2 k, defining as operation variables in the decoloration process by physical path, the particle diameter, the alcohol relation/wax and the height of the adsorbent bed of, as variable answer the physical ownership-chemistries of the wax once decolorized, saponification index, viscosity, shine, color and fusion pointiante.The experimental results are indicted statisticsly in each case, the adequate mathematical models that define the dependence of the process variables of in the physical modifications chemistries of the wax after be this decolorized, moreover the better operation conditions as result of the optimization of the mathematical models.

INTRODUCCION:

La necesidad de reanimación de las Plantas Productoras de Cera Cruda en nuestro país exigen del apoyo y desenvolvimiento de Tecnologías a partir de la Cera Dura de Caña de Azúcar, para que la misma se torne más competitiva comercialmente, resultados que pueden abrir nuevas perspectivas de aprovechamiento de la Cera Dura de Caña de Azúcar tomando las alternativas más factibles económicamente.

La cera de caña de azúcar dentro de los tipos de ceras vegetales que existen, posee una combinación de propiedades de remarcada importancia. Dureza, alto punto de fusión, extraordinaria capacidad de formar emulsiones, excelente retención de solventes; son algunas de las diversas propiedades que llevan a esta cera a tener un gran valor industrial.

Es conocido que la cera de caña de azúcar tiene su utilización garantizada en los más variados tipos de industrias destacándose textil, papel, alimentos, cosméticos, farmacéutica entre otras.

Algunas de estas industrias, como por ejemplo la farmacéutica, para fabricar numerosos productos, requieren de una cera dura beneficiada, en la cual sus propiedades físico químicas sean mejoradas substancialmente con la consecuente eliminación de su color y olor entre otras impurezas, todo lo cual se logra a través de modificaciones físico químicas de la misma dentro de las cuales se encuentra el proceso de blanqueo, lográndose al final una cera con las características más apropiadas para su uso.

En este trabajo se establecen las etapas del proceso de blanqueo de la cera Dura por método físico utilizando bentonita natural activada.

Por todo lo anterior los objetivos de este trabajo son:

- Modificación de las propiedades físico químicas de la cera dura mediante un proceso de blanqueo utilizando bentonita natural activada.
- Sobre la base de los resultados experimentales alcanzados en el proceso de blanqueo, establecer los modelos matemáticos de la etapa y las mejores condiciones de operación de proceso para el desarrollo de la misma.

DESARROLLO

En el estudio bibliográfico del tema se pudo constatar que se aprecia una ligera diferencia entre los valores de las propiedades físico-químicas de la cera dura de caña dependiendo ello del origen de cada una; pero además de forma particular para la Cera de Caña de Azúcar existen diversidad de criterios de estos parámetros entre diferentes autores, así como tampoco se reportan de forma exacta.

Hay que tener en cuenta también que en el caso de la Cera Dura de caña de Azúcar en nuestro país, sus propiedades se ven también influenciadas por la eficiencia del proceso de Refinación de esta lo que motiva que sus valores no sean constantes y exactos.

Por otra parte existe una uniformidad de criterios entre varios autores en relación a que cuando la cera dura es sometida a procesos de purificación, sus Propiedades Físico Químicas tales como, Punto de Fusión, Dureza, Viscosidad, Brillo entre otras, mejoran substancialmente motivado ello por la eliminación de componentes grasos de bajo punto de fusión pigmentos e infinidad de impurezas.

De La Cerda (8) plantea que la cera dura es la fracción soluble en acetona a 90 °C o 100 °C, o en isopropanol a 20°C y reporta las siguientes propiedades físico-químicas:.

- Color----- carmelita.
- Punto de fusión-----77°C -78°C
- Índice de acidez----- 25-40
- Índice de saponificación-----90-100 mg KOH/g
- Índice de yodo-----20-30

BLANQUEO FÍSICO

Según Andersen (1) algunas materias colorantes son muy solubles en las grasas, de las que son componentes naturales y característicos en estado bruto, lo que conlleva a que no pueden considerarse como impurezas y su eliminación requiere de un tratamiento especial. Las materias colorantes naturales son principalmente carotenos, xantofilas y clorofila. Estos colorantes son difíciles de eliminar .

El grado de blanqueo a que debe ser sometida la cera depende únicamente de su empleo futuro, esto puede efectuarse de diversas formas.

El método mas importante en la industria es la decoloración mediante sustancias de elevada actividad superficial, tales como tierras o carbones blanqueantes que retienen por adsorción las materias colorantes sin afectar la cera en su composición.

Los adsorbentes utilizados para el blanqueo de ceras son principalmente arcillas naturales o activadas con ácidos, silicatos de aluminio hidratados, o en menor extensión carbones activados. Estas sustancias son capaces de adsorber sobre su superficie no solo las sustancias colorantes sino también cualquier otra que lleve la cera en suspensión coloidal, tales como gomas resinas y ciertos productos de degradación.

Las Tierras de blanqueo naturales y las activadas y lavadas después, hasta neutralidad completa, son completamente inertes no modificando las propiedades químicas de las grasas durante el tratamiento. Ciertas tierras activadas se expenden, en ocasiones, con pequeñas cantidades del ácido mineral empleado para la activación y, al utilizarlas, pueden originar un ligero aumento en la acidez de la grasa.

Las tierras naturales tienen la ventaja de que no aumentan la acidez durante el tratamiento, pero su poder decolorante es inferior.

Por consiguiente, al valorar la influencia de las tierras de blanqueo sobre el costo, deben tenerse en cuenta también, además de su poder decolorante, factores tales como su acción sobre la acidez, el efecto sobre los paños filtrantes, la retención de material en las tortas de prensa y la velocidad de filtración. (1)

La proporción media de adsorbente es, por lo general, de 1.5-2.5 tratándose de tierras activadas de buena calidad.

La decoloración con adsorbentes se realiza por dos métodos: el proceso de Mezclado Discontinuo y el de Lecho Filtrante Fijo. En el primero, se mezcla el adsorbente con el líquido, generalmente a elevada temperatura, durante un intervalo de tiempo determinado y luego se separa por filtración el adsorbente del líquido decolorado. En el segundo proceso, se pasa el líquido caliente a través de capas sucesivas o lechos filtrantes de 7-10 mm de espesor de adsorbente, hasta que se logra el grado de decoloración deseado.

No todas las ceras son susceptibles a blanquearse en prensas filtros ya que hay unas bastante viscosas y a las cuales no se les puede dar una temperatura excedida porque se descomponen en sus ácidos grasos totales.

Por lo anterior este procedimiento es práctico solo en el caso de ceras muy fluidas. Este procedimiento de blanqueo tiene el inconveniente de que las tierras acaparan un porcentaje de ceras a veces hasta de un 30% y la mayoría de los industriales tienen que efectuar posteriores operaciones para recuperar las ceras, lo que hace más costoso este procedimiento.

Composición de las tierras decolorantes. Activación

Las tierras de blanqueo son silicatos de diferentes composiciones, siendo los principales constituyentes el SiO_2 y el Al_2O_3 también contienen agua combinada químicamente. Además contienen óxidos de Ca, Mg y Fe.

Se ha planteado que el poder decolorante de las tierras puede estar determinado por la relación ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$) pues esta relación es máxima en las tierras de blanqueo naturales y mínima en las inactivas, pero existen demasiadas excepciones como para considerar válido este postulado.

Según Davis y Messer las buenas tierras decolorantes distinguen por la ausencia de sales solubles en agua y por su elevada acidez hidrolítica, aunque esta última característica también la presentan las tierras inactivas por lo que no es criterio para identificar las primeras. Un criterio que parece eficaz en la identificación es la presencia como componente principal de la tierra; del compuesto llamado montmorillonita [$\text{H}_2\text{O}.4\text{SiO}_2.\text{Al}_2\text{O}_3.\eta\text{H}_2\text{O}$] y además el fenómeno de la hinchazón monodimensional en el seno de líquidos polares.

Se ha sugerido que el poder de adsorción puede deberse a las capas de átomos de Si, unidas unos a otros formando una lamina silicio-oxígeno. Shoenfeld supone que la aparición o aumento del poder decolorante por ebullición con ácidos minerales, es debido a la liberación de las superficies activas, las cuales en su estado natural, están recubiertas con sales metálicas.

Vagelar y Endell opinan que el ácido mineral motiva la sustitución de las bases intercambiables por iones H^+ . Fogle y Olin suponen las tierras de blanqueo una estructura similar a las zeolitas y atribuyen la activación al cambio de los iones Ca^{2+} por H^+ . Finalmente según Hofman y Endel comprobaron que la activación de la arcilla bruta tiene lugar mediante la sustitución de los anillos básicos intercambiables, principalmente los iones calcio y magnesio por anillos ionices similares de hidrogeno y aluminio.

Otra característica original de las tierras blanqueantes es que pierden su humedad a temperatura inferior a la necesaria para secar las arcillas ordinarias.

Por tratamiento con ácido mineral, pueden tener lugar tres reacciones diferentes según Voight.

- El ácido disuelve el Fe_2O_3 y Al_2O_3 entre otros óxidos, dividiendo la red cristalina lo que incrementa la actividad superficial.
- El cambio gradual de los iones Ca y Mg por iones H del ácido.

- Cierta cantidad de iones H son sustituidos por iones Al en la solución.

Para activar una tierra blanqueante se recomienda utilizar un peso de ácido concentrado equivalente al 30% del peso de la arcilla seca llevándolo posteriormente a ebullición de 2 a 3 horas a 105°C, la pasta resultante debe lavarse hasta quedar completamente libre de ácidos. Es importante señalar que la proporción óptima de ácido adsorbente debe determinarse mediante ensayos de laboratorio.

Varios trabajos (4) (6) reportan el uso de tierras blanqueadoras, Bentonita y Carbón activado, para el blanqueo de la cera de caña, pero no se reporta la forma de llevarlos a cabo.

Es importante señalar que en estos trabajos solo se reporta que los adsorbentes fueron aplicados a la decoloración, sin embargo no se dice ni la forma ni bajo que condiciones fueron realizadas las experiencias, sino solo se señala lo costoso que resulta esta aplicación, quizás debido ello a la necesidad de trabajar la cera en forma fluida lo que requiere de una determinada temperatura y presión en el sistema elevando por supuesto el costo del equipamiento.

PARTE EXPERIMENTAL:

El trabajo experimental se dividió en dos partes fundamentales:

- Determinación experimental de las Propiedades Físico-Químicas de la Cera.
- Decoloración de la Cera Dura por vía Física empleando como adsorbente bentonita natural activada.

Dada la fluctuación entre los valores que se reportan para las propiedades físico-químicas de la cera, fueron determinadas experimentalmente propiedades como: Color, Viscosidad, Brillo y Punto de Fusión, aplicando las técnicas experimentales que aparecen en la literatura (7), cuyos valores se reportan en la Tabla No. 1.

Para el desarrollo de las experiencias de laboratorio de blanqueo de la cera en cama fija empleando carbón activado, se utilizó la misma cera dura oscura que fue caracterizada experimentalmente desde el punto de vista de sus propiedades físico-químicas.

En todos los experimentos fue utilizado un sistema de decoloración formado por una columna de vidrio encamisada que tiene una altura de 25 cm y un diámetro de 2.05 cm. La misma acoplada a un termostato permite circular agua caliente por el interior de la camisa para mantener constante la temperatura deseada en la cama de 77 °C a la que se garantiza que la cera permanezca fundida ya la vez no hay pérdidas de solvente por

evaporación. En el proceso de refinación de la cera cruda (9) la fracción cera dura se obtiene en solución con etanol, hecho que brinda la posibilidad de tratar esta solución con un adsorbente en cama fija.

Por lo anterior, con el objetivo de lograr una mayor fluidez de la cera a través de la cama, se mezcló esta con etanol como solvente. En todos los experimentos, se mantuvo constante una relación de 0.5 gramos de soluto/gramos de adsorbente.

A partir de la bentonita natural se activó esta por agitación en HCL por espacio de 4 horas y posteriormente fue lavada con agua durante 2 horas hasta neutralizarla. Finalmente se sometió a secado para concluir con la trituración de la misma hasta lograr el tamaño de partícula deseado.

Para el estudio del proceso se siguió un Diseño Experimental del tipo factorial 2^k tomando como variables, la altura de la cama de adsorbente, el diámetro de partícula y la relación soluto/solvente (alcohol/cera), obteniéndose como variable respuesta el valor de las propiedades físico-químicas, color, viscosidad, brillo y punto de fusión. En este diseño se fijaron dos niveles para cada variable como se muestra a continuación:

NIVELES ASUMIDOS

<u>VARIABLES</u>	<u>BAJO</u>	<u>ALTO</u>
X ₁ : Diámetro de partícula;(mm)	0.65	1
X ₂ : Relación alcohol/cera;	4/1	7/1
X ₃ : Altura de cama de ads;(cm)	14	18

Una vez fijados los niveles de diseño, se desarrollaron las corridas experimentales haciendo pasar la mezcla soluto/solvente a través de la cama, garantizando el cumplimiento de mantener constante en todos los casos la relación de 0.5 gramos de soluto/gramos de adsorbente y la altura de líquido en la cama toda vez que el objetivo esencial de los ensayos está encaminado a estudiar el poder decolorante de este adsorbente.

Finalmente a cada muestra de cera decolorada bajo las condiciones establecidas en el diseño experimental, se le determinaron las propiedades físico-químicas, Color, Brillo, Viscosidad y Punto de Fusión, las cuales aparecen reportadas en la Tabla No.2

En la Tabla No.1 aparecen reflejados los resultados experimentales alcanzados con relación a la determinación de las propiedades físico-químicas de la cera: Índice de

Color, Punto de Fusión, Viscosidad y Brillo luego de aplicar las técnicas experimentales descritas en la literatura, para muestras de diferentes lotes de cera dura obtenidos en la Planta de Refinación de Cera Cruda del CAI “Majibacoa” en la provincia de Las Tunas, que al compararse con los que se reportan en la literatura se observa que los determinados como índice de saponificación y punto de fusión están dentro de ese rango, obteniéndose el resto, como propiedades importantes que no habían sido calculadas.

Las experiencias desarrolladas en la decoloración de la cera dura por vía física en cama fija, con bentonita natural activada según plan experimental descrito anteriormente arrojan los resultados que aparecen en la Tabla No.2.

En la Tabla No.2, resume los resultados experimentales de la determinación de las propiedades físico-químicas de la cera decolorada por vía Física empleando como adsorbente Bentonita natural activada según el plan experimental descrito, en función del diámetro de partícula del adsorbente, la relación alcohol/cera y la altura de cama de adsorbente.

Véase en esta tabla como en todas las corridas la absorbancia disminuye en comparación con el valor de esta para la muestra inicial sin decolorar, lo que demuestra que ha existido una adsorción de sustancias colorantes presentes al inicio, alcanzándose los mayores porcentos de decoloración para el experimento #3, aunque en general estos valores pueden considerarse bajos.

En la misma Tabla No.2, se observa que los puntos de fusión en todas las muestras luego de ser tratadas, son superiores al punto de fusión inicial, motivado ello por el hecho de que en los compuestos orgánicos se eliminan muchas impurezas al ser sometidas al proceso de purificación, lo cual trae consigo que la temperatura de fusión del producto sea mayor, o sea que se eliminan aquellas sustancias de bajo punto de ebullición.

De forma similar ocurre con la viscosidad de las muestras de cera luego de ser decoloradas con la bentonita natural activada. Obsérvese en la Tabla No.3, como en todos los casos los valores de viscosidad son superiores al inicial para la cera sin decolorar, de lo que puede inferirse que durante la decoloración, se han eliminado sustancias que favorecen un aumento de la viscosidad de la cera al no estar presentes en esta, resultado que corrobora lo reportado en trabajos anteriores. (2)

Con relación al brillo, en la Tabla No.2, puede observarse que en todas las muestras decoloradas hay un aumento de su brillo al comparar este con el valor inicial para la

cera sin decolorar, por lo que se evidencia que realmente se ha producido una purificación en las muestras.

Todos estos resultados demuestran que realmente la bentonita natural activada como adsorbente, posee cualidades para adsorber sustancias colorantes que conforman la cera dura de caña de azúcar, lo que ha quedado evidenciado a través de su poder decolorante. Sin embargo a pesar de este resultado, en la Tabla No.2 se reflejan los porcentajes de retención de cera en la cama de adsorbente, y en todas las muestras puede observarse que este es realmente significativo, lo cual es característico en operaciones en cama fija, es también debido a las características que como tal reviste la cera, que se comporta como un fluido solo a temperaturas superiores a su temperatura de fusión y que de solo disminuir esta producto de no garantizar que la misma se mantenga constante en la cama de adsorbente durante la operación, origina una disminución de la fluidez de la cera lo que impide su percolación a través de la cama y favorece la retención de esta en la misma.

Todos los resultados alcanzados con la aplicación del diseño experimental definido desde unos inicios, fueron procesados estadísticamente para establecer la dependencia de las propiedades físico-químicas de la cera; índice de color, punto de fusión, viscosidad y brillo, con las variables de estudio, diámetro de la partícula, relación hipoclorito/cera y altura de la cama de adsorbente, lo que permitió además de establecer la significación de cada variable en el proceso, obtener el modelo matemático adecuado en cada caso, optimizando cada uno de ellos.

Los resultados de este tratamiento estadístico se reflejan en la Tabla No.3.

Véase en esta Tabla que para el caso del color, se establece una dependencia lineal de esta propiedad con las variables de proceso estudiadas, diámetro de partícula, altura de la cama de adsorbente y relación alcohol/cera, siendo significativas todas estas variables en el rango estudiada de cada una.

Así mismo luego de la optimización del modelo, buscando minimizar el color como función objetivo, se obtiene que los mejores resultados (menor color 23,08) se alcanza para condiciones de operación que respondan al menor diámetro de partícula (0.65 mm), mayor relación alcohol/cera (7/1) y mayor altura de la cama de adsorbente (18 cm), resultados que son totalmente lógicos pues a medida que es menor el diámetro de partícula, mayor es la superficie total activa puesta en contacto con el fluido aumentando así el poder de adsorción y mientras más alta sea la cama de adsorbente sin

provocar altas caídas de presión), mayor es el tiempo de contacto fluido-sólido lo que favorece la transferencia de masa.

La dependencia de la viscosidad con las variables de proceso responde también a un modelo lineal sin interacciones (ver Tabla No.3) en el que son significativas las tres variables estudiadas, alcanzándose los mayores valores de viscosidad, para cuando las condiciones de proceso responden a los mayores valores de relación alcohol/cera y altura de la cama y el menor diámetro de partícula de adsorbente en el rango de estudio de estas variables.

Similarmente como puede observarse en la Tabla No.3 sucede con el punto de fusión, propiedad en la que influyen significativamente las variables de proceso estudiadas, teniendo entre sí una correlación lineal con el punto de fusión lográndose el más alto (85.17°C) para las condiciones de proceso que corresponden a los mayores valores de relación alcohol/cera y altura de la cama de adsorbente y el menor diámetro de partícula dentro del rango de estudio escogido para cada variable.

Por último el brillo, es también una propiedad que depende linealmente del tamaño de partícula, relación alcohol/cera y altura de la cama de adsorbente, como refleja el modelo matemático obtenido que se reporta en la Tabla No.3, variables estudiadas del proceso de decoloración por vía física que influyen significativamente en el brillo de las muestras decoloradas.

De manera que puede resumirse que en el caso de la decoloración de cera dura por vía física empleando como adsorbente la bentonita natural activada en cama fija, las tres variables de proceso estudiadas, diámetro de partícula, altura de la cama de adsorbente y relación alcohol/cera, influyen significativamente en las propiedades físico-químicas de la cera dura decolorada, índice de color, viscosidad, brillo y punto de fusión, obteniéndose en cada caso modelos matemáticos lineales sin interacciones, que describen la etapa en cuestión.

A todas las muestras de cera decoloradas se le sometió a un estudio cualitativo a través de los espectros de absorción en la región U.V. Estos resultados si se comparan con el espectro U.V. que caracteriza a la cera sin decolorar demuestran que existe correspondencia entre todos los espectros obtenidos, con el mismo, pues aparece una única banda característica de intensidad considerable alrededor de los 315nm en todos los casos.

Al no existir alteración alguna ni en la posición ni en la intensidad de esta banda, se puede afirmar que al menos los grupos cromóforos presentes en la estructura química de

la cera y que son los responsables de esta banda en el espectro U.V. no sufren alteración alguna durante los tratamientos que se utilizan para decolorar la cera.

CONCLUSIONES:

1. Se determinaron las principales Propiedades Físico-Químicas de la Cera Dura de Caña de Azúcar Cubana, comparando los valores para los casos que se reportan en la Literatura, y obteniendo propiedades importantes que no habían sido calculadas con anterioridad.
2. La bentonita natural activada, puede emplearse como adsorbente para decolorar la cera dura por vía Física en cama fija alcanzándose resultados satisfactorios en cuanto a su poder decolorante, teniendo como dificultades el alto porcentaje de retención de cera en el adsorbente y lo imprescindible de garantizar la temperatura constante y necesaria para lograr la fluidez en la cera que le permita percolar a través de la cama.
3. El Punto de fusión, la Viscosidad y el Brillo de la cera dura aumentan luego de ser esta purificada, a través de un proceso de decoloración, motivado ello por la eliminación de impurezas que de no estar presentes en la cera, favorecen este comportamiento.
4. Los espectros U.V. realizados a las muestras de cera decolorada, demuestran, que no existe alteración ni en la posición ni en la intensidad de la banda característica de intensidad considerable (315 nm), que aparece también en la cera antes de ser decolorada, permitiéndose afirmar, que al menos los grupos cromóforos presentes en la estructura química de la cera, no sufren alteración alguna durante la decoloración.
5. Los modelos matemáticos obtenidos para la decoloración de la cera dura por vía física, corroboran la influencia significativa que sobre las propiedades físico-químicas ejercen las variables estudiadas, diámetro de partícula, altura de la cama de adsorbente y relación alcohol/cera estableciendo en cada caso las mejores condiciones de operación de cada variable en el procesos para alcanzar los mayores rendimientos.

TABLA No 1 : Propiedades Físico - Química de la Cera Dura de Caña de Azúcar determinadas experimentalmente.

MUESTRAS	ÍNDICE DE COLOR	PUNTO DE FUSIÓN (°C)	VISCOSIDAD (CP)	BRILLO
1	30.12	75	0.098	40
2	30.9	75.2	0.092	39
3	30.5	74.8	0.096	39.8
4	30.36	75	0.091	41
5	30.6	75.1	0.089	40.0
6	30.2	74.9	0.095	39.9
7	30.82	75	0.097	40.8
8	30.75	75.3	0.096	41
9	30.8	75	0.094	40.6
10	30.79	75	0.098	40
Rango	30-31	74-75	0.090-0.098	40-4

TABLA No 2 :Resultados experimentales de la determinación de las propiedades Físico - Químicas de la Cera Dura decolorada con Bentonita Natural según plan experimental.

EXP	X ₁	X ₂	X ₃	A	C	%D	V	P F	%R	B	%B
1	0.65	4	14	0.391	24.25	4.16	0.21	80.5	56	44	10
2	1	4	14	0.38	24.57	6.86	0.23	82	52	62	55
3	0.65	7	14	0.372	23.08	8.8	0.22	82.5	52	48	20
4	1	7	14	0.376	23.31	7.84	0.48	79	32	78	95
5	0.65	4	18	0.142	23.84	6.5	0.38	83	60	53	32.5
6	1	4	18	0.148	24.64	2.63	0.39	82	48	80	77.8
7	0.65	7	18	0.139	23.14	8.55	0.43	85	32	64	42.2
8	1	7	18	0.14	23.32	7.89	0.61	83.5	32	60	33.3
MI	--	--	--	0.152	25.3		0.07	75	--	40	--

Leyenda:

X₁ : Diámetro de Partículas (mm)

X₂ : Relación Alcohol / Cera

X₃ : Altura de la Cama (cm)

A : Absorbancia

C : Color (IC)

%D : Porcentaje de Decoloración

V : Viscosidad (cP)

P F : Punto de Fusión (°C)

%R : Porcentaje de Retención

B : Brillo

%B : Porcentaje de incremento en brillo

MI : Muestra inicial.

TABLA No 3 : Modelos matemáticos obtenidos para las Propiedades Físico Químicas en función de las Variables del proceso para la Decoloración de la Crea Dura con Bentonita Natural Activada.

Prop. F-Q	Modelos Matemáticos	Cond. de Operación			Y
		X ₁	X ₂	X ₃	
Color	$Y=199.39+1.46X_1-0.302X_2- 9.73X_3$	0.65	7	18	23.08
Brillo	$Y=20.8-17.48X_1+0.056X_2+0.034X_3$	0.65	6.99	17.9	70.94
Pto Fus	$Y=70.46-5.89X_1+0.52X_2+0.822X_3$	0.65	7	18	85.17
Viscos.	$Y=-0.261-0.375X_1+0.044X_2+0.045X_3$	0.65	6.99	18	0.636

Leyenda de la Tabla 8:

X₁ : Diámetro de Partículas (mm).

X₂ : Relación Alcohol / Cera.

X₃ : Altura de la Cama (cm).

Pto Fus : Punto de Fusión (C).

Viscos. : Viscosidad (cP).

BIBLIOGRAFIA

1. Andersen J.C., "Refinación de Aceites y Grasas." Editorial Barcelona, 1956.
2. Balch Royal, T. "Wax and fatty by product from sugar cane." Sougar Journal, No.3, New York, Oct. 1947
3. Balch Royal, T., " Preliminary Report on Sugar Cane Wax", Sugar Journal, No.6, 1941.
4. Chemical Abstrac. "Sugar Cane Wax" Año 19 17, Pág.3451, Vol.11.
5. Chemical Abstrac. "Sugar Cane Wax" Año 1913, Pág.3539, Vol.7.
6. Chemical Abstrac. "Sugar Cane Wax" Año 1911, Pág. 2750, Vol.5.
7. Cera. Manual de Control Analítico. ICIDCA. MINAZ .1980
8. De la Cerda, Jaime Alfredo., Cericultura. Agroquímica y programa de la UNESCO para zonas áridas. B. Costa-Amic, editor. México. D.F. 1964
9. Hernández Escobar, D., "Influencias del grado alcohólico sobre la solubilidad de la cera dura, aceite y cera cruda." Trabajo de Diploma, C.U., Las Tunas, 1992.

