



Influencia de la temperatura, tiempo de residencia y relación carbón activado/zumo de fruta en la absorbancia y retención de compuestos indeseables en el zumo filtrado de uva verde (*Vitis vinífera*)

Influence of the temperature, residence time and the relation between activated carbon/ fruit juice in the absorbance and the undesirable component retention of the filtered juice of green grape (*Vitis vinifera*.)

Chávez Arosemena, Jhara; Bardales Guerra, Katia; Holguín Calampa, Víctor; Laiza Campos, Crishtian.

a. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú

Recibido 07 Noviembre 2012; Aceptado 21 de Diciembre 2012.

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la proporción adsorbente/solución, el tiempo de residencia y la temperatura de residencia del carbón activado en la adsorción de jugo de uva (*Vitis vinífera*) sin pepa y pelada, previamente filtrada dos veces con un paño doble de tocuyo y la ganancia de sólidos del carbón activado usado; para este fin se utilizó un Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR), obteniendo como resultado que la temperatura, el tiempo de residencia y la relación carbón activado/zumo de frutas influyen de manera significativa en la absorbancia en el zumo de uva. Así mismo se pudo determinar que solo la relación carbón activado/zumo de fruta influye significativamente en el peso retenido por el carbón activado.

Palabras clave: Carbón activado, absorbancia, zumo de uva verde, tiempo de residencia.

ABSTRACT

In this paper, the effect of the proportion adsorbent / solution, the residence time and temperature activated coal residence in the absorbance of grape juice (*Vitis vinifera*) pitted, peeled, previously filtered twice with a cloth tocuyo double and solid gain of activated carbon used, for this purpose we used a Central Composite Rotational Design (DCCR), resulting in the temperature, residence time and the relationship charcoal / fruit juice so influence significant absorbance in the grape juice. Also it was determined that only the relationship charcoal / fruit juice significantly influences the weight retained by activated carbon.

Keywords: Activated carbon, absorbance, green grape juice, residence time.

1. Introducción

La uva es el fruto de la vid y de la parra, (*Vitis vinífera*) una planta cuyo origen se sitúa por la zona del Oriente próximo, pero que hoy en día se encuentra extendida en muchas regiones de clima mediterráneo cálido, dado que esta planta precisa de un clima bondadoso para poder vivir adecuadamente. En el Perú las mayores zonas productoras son Ica, La Libertad, Lima, Tacna, entre otras. Existen innumerables variedades de uvas con

grandes diferencias entre sí; en forma, tamaño, tonalidad de los frutos, productividad, calidad, etc. (Lasanto, 2009) En las uvas abundan diversas sustancias con reconocidas propiedades beneficiosas para la salud, tales como antocianinas, flavonoides y taninos, responsables del color, aroma y textura característicos de estas frutas, y de los que dependen diversas propiedades que se le atribuyen a las uvas. Para la producción de zumo han de utilizarse uvas que produzcan zumos que

mantengan un sabor adecuado después de pasar por las diferentes etapas del proceso de elaboración, clarificación y conservación (Pérez, 1988).

El zumo de la uva se prepara a partir de la molienda o licuado y posterior proceso de filtración y clarificación, manteniendo así las características químicas, físicas, organolépticas y nutricionales esenciales del zumo del cual proceden. Este zumo es una bebida con muchas propiedades beneficiosas para el organismo, previene el cáncer y cualquier enfermedad relacionada con la sangre (Espinoza, 2000), ya que las uvas contienen hierro, cobre y manganeso los tres elementos que forman la hemoglobina contenida en la sangre.

Debido a que el zumo de uva contiene compuestos que provocan el oscurecimiento del mismo es necesaria la aplicación de técnicas para disminuir en el mayor grado estos compuestos que le confieren un color indeseable al zumo.

El carbón activado es un material que, como su nombre lo indica, es materia carbonizada la cual puede ser de origen vegetal o mineral. Se le llama activado debido a que toda la materia carbonizada tiene propiedades adsorbentes, pero el estado de activación que se da a este tipo especial de carbón le confiere propiedades especiales que lo hacen tener una gran capacidad para adsorber ciertas sustancias (La Chira, 2010)

La acción del carbón activado es debida a que tiene una extraordinaria área de superficie y poros que logran una gran capacidad de adsorción. La adsorción ocurre cuando los componentes de un líquido (alimento o bebida) se unen a un sólido (carbón activado). Esta unión puede ser de naturaleza física o química aunque hay veces que implica ambos. La adsorción física implica la atracción entre cargas eléctricas diferentes del adsorbente y el adsorbato, mientras que la adsorción química es el producto entre la reacción de un adsorbente y el adsorbato.

La capacidad de adsorción depende de las características físico - químicas del adsorbente (carbón), las características físicas y químicas del adsorbato (alimento o bebida), la concentración del adsorbato en la solución líquida, las características de la fase (pH, temperatura) y el tiempo de contacto del adsorbato con el adsorbente

(tiempo de residencia). El carbón activado es un agente adsorbente no específico, hecho a partir de la madera (Molina, 2000).

El uso de carbón activado tiene como finalidad la remoción de polifenoles coloridos, melanoidinas de color marrón oscuro presentes en algunos zumos de frutas como: manzana, pera, uva, etc., gustos indeseables por ejemplo la limonina presente el jugo de naranja que produce el sabor amargo en éste (Ibarz, 2005), precursores de color criados durante el proceso, pesticidas y fungicidas residuales y también en el tratamiento de aguas (Aguirre, 2010).

Es por ello que esta investigación se realizó con la finalidad de mejorar el aspecto del zumo de uva mediante proceso de adsorción utilizando como adsorbente el carbón activado, promoviendo así el consumo de dicha bebida por sus propiedades nutricionales ya mencionadas y presentándola con una mejor apariencia para el consumidor.

2. Materiales y métodos

Se recibió la materia prima (*Vitis vinifera*), uva sin pepa, adquirida en el mercado "La Hermelinda", a la cual se procedió a hacer un proceso de lavado y selección para solo utilizar la uva en las mejores condiciones y sin presencia de daño microbiológico o físico que pueda influir en los resultados, con el fin de homogenizar la muestra a evaluar.

Se pelaron las uvas con el fin de eliminar la mayor parte de los sólidos, los cuales están contenidos en la cascara, con el fin de facilitar los procesos posteriores, como son el filtrado y la absorción de los sólidos por el adsorbente. Posteriormente, la uva ya pelada, se licuó, hasta obtener un jugo de pulpa de uva espeso y homogéneo.

Una vez obtenido el zumo de uva, pudimos observar que el pardeamiento ocurrió al poco tiempo de haberse licuado, pero al aún contener demasiada cantidad de sólidos, se filtró dos veces con tocuo doble para eliminar los sólidos demasiado grandes presentes en el jugo y facilitar de esta manera los procesos posteriores.

Una vez tuvimos el zumo ya filtrado, se pesaron 100 gramos en vasos de precipitación de 250 ml, con una balanza analítica de precisión $\pm 0.01g$.

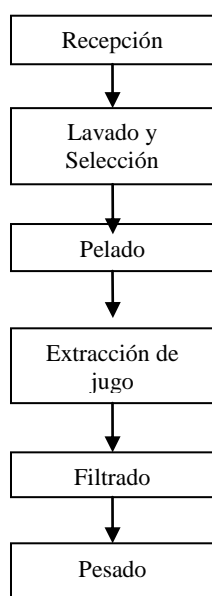


Figura 1. Diagrama de flujo para la preparación de las muestras del zumo de uva para el análisis DCCR.

Ya teniendo las muestras pesadas de zumo de uva, se procedió a pesar las diferentes cantidades del adsorbente (carbón activo) según el diseño DCCR ($k=3$) utilizado, en el cual se especifican los porcentajes de adsorbente con respecto al soluto que debe contener cada muestra.

Una vez se tuvieron tanto soluto como adsorbato pesados y rotulados, se acondicionó el baño maría según las temperaturas especificadas en el diseño estadístico a utilizar. Se sumergieron las muestras en el baño maría en grupos según la temperatura requerida y se las fue retirando de a cuerdo al tiempo de residencia especificado de igual manera en el diseño estadístico utilizado. Se agregó el carbón activo a los vasos de precipitación que contenían previamente el jugo de uva, los pesos agregados se midieron de acuerdo al diseño experimental DCCR formulado previamente.

Las muestras ya tratadas fueron filtradas para separar los rastros de los gránulos de carbón activado, los cuales al ser separados fueron pesados en una balanza analítica de precisión ± 0.01 g y posteriormente fueron llevados a la estufa para hallar la retención del soluto en éstos restos, la estufa

proporcionó un secado por aire caliente a 115°C por 90 minutos.

Las muestras filtradas fueron puestas en las celdas apropiadas para la medición de la absorción en las mismas; se analizó ésta variable utilizando una longitud de onda de 420 nm, en un espectrofotómetro marca.

Diseño Estadístico

El diseño estadístico utilizado es el Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) de tercer orden con resultados en Superficie de Respuesta. Se realizó un planeamiento factorial completo 2^k , incluido 2.k puntos axiales y cuatro puntos centrales (en este caso $k=3$ por ser tres variables independientes) totalizando 18 tratamientos. En la tabla 1 se muestran los niveles de las variables independientes, tiempo y temperatura.

Tabla 1. Niveles de los factores estudiados.

Variables	Niveles				
	-1.68	-1	0	1	1.68
X1	28	32	39	46	50
X2	15	30.2	52.5	74.8	90

Análisis estadístico

Los datos de las variables respuestas (rendimiento y poder calórico) se analizaron estadísticamente, los análisis realizados fueron:

Coefficientes de regresión del modelo

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}$$

Donde:

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3 =$ Coeficientes de regresión

Y₁: Absorbancia

Y₂: Retención de sólidos.

Análisis de varianza para el modelo y Superficies de respuesta

3. Resultados y discusión

Luego de haber realizado los 18 tratamientos se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de absorbancia y peso retenido obtenido de los 18 tratamientos.

Ensayo	Rel. de carbón activo/ g. disol.)			Rel. de carbón activo g/g. disl.)			Absorbancia	Peso retenido (g)
	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Temp. (°C)	Tiempo (min)		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Y1	Y2
1	-1	1	-1	32.46	74.80	0.18	0.96	13.37
2	-1	1	1	32.46	74.80	0.42	0.98	31.09
3	-1	-1	-1	32.46	30.20	0.18	0.64	12.21
4	-1	-1	1	32.46	30.20	0.42	0.63	24.47
5	1	1	-1	45.54	74.80	0.18	1.12	11.71
6	1	1	1	45.54	74.80	0.42	1.15	24.52
7	1	-1	-1	45.54	30.20	0.18	0.80	12.82
8	1	-1	1	45.54	30.20	0.42	0.85	27.00
9	-1,682	0	0	28.00	52.50	0.30	0.54	18.68
10	1,682	0	0	50.00	52.50	0.30	0.55	17.57
11	0	-1,682	0	39.00	90.00	0.30	0.48	21.00
12	0	1,682	0	39.00	15.00	0.30	0.78	16.25
13	0	0	-1.681	39.00	52.50	0.10	1.58	6.89
14	0	0	1.681	39.00	52.50	0.50	1.24	24.26
15	0	0	0	39.00	52.50	0.30	2.00	19.57
16	0	0	0	39.00	52.50	0.30	1.98	20.24
17	0	0	0	39.00	52.50	0.30	2.00	19.59
18	0	0	0	39.00	52.50	0.30	2.12	19.61

En la tabla 3 se observó que para la absorbancia se tuvo un mínimo valor de 0.54 en el tratamiento 9; mientras que para la retención de peso se obtuvo un valor máximo de 31.09 g en el tratamiento 2.

Utilizando el programa Statística 7.0 y con los datos de la Tabla 3, se obtuvo el Análisis de Regresión del cual se consideró sólo los coeficientes significativos ($p < 0.05$).

A continuación se muestra en la tabla 4 los coeficientes del modelo tanto para la absorbancia del jugo como para el peso retenido en el carbón activo.

Castellanos *et al.* (2004), menciona que los agentes adsorbentes como el carbón activado y las tierras diatomáceas son muy efectivos en la remoción del color y la transmitancia.

Por lo que para la absorbancia se consideran los coeficientes de temperatura de zumo cuadrático, tiempo de residencia cuadrático y concentración de carbón activo cuadrático; al igual que el intercepto por tener un valor p menor a 0.05.

En cuanto para el peso retenido (g) sólo se considero el coeficiente concentración de carbón activo lineal, al igual que su intercepto.

Tabla 4. Coeficientes de regresión para los modelos de ambas variables dependientes.

	Absorbancia		Peso retenido (g)	
	C. de regresión	P	C. de regresión	p
Intercepto	2.021	0.000000	19.639	0.000000
(1)Temperatura (°C) (L)	0.051	0.366708	-0.509	0.420646
Temperatura (Q)	-0.502	0.000019	-0.067	0.916848
(2) Tiempo de residencia (min) (L)	0.097	0.315915	1.500	0.175594
Tiempo de residencia (min) (Q)	-1.333	0.000030	0.310	0.864862
(3) Conc. De carbón activo (L)	-0.035	0.532773	6.311	0.000006
Conc. De carbón activo (Q)	-0.194	0.008416	-0.969	0.158892
1L by 2L	-0.011	0.929948	-2.390	0.107460
1L by 3L	0.008	0.913536	-0.374	0.646347
2L by 3L	0.002	0.984869	0.860	0.532663

Por lo que el modelo para la absorbancia sería:

$$A = 2.021 + 0.051T + 0.097t - 0.035C - 0.502T^2 - 1.333t^2 - 0.194C^2 - 0.11Tt + 0.008TC + 0.002tC$$

Donde: A es la absorbancia del zumo de uva, T es la temperatura del zumo en °C, t es el tiempo de residencia del carbón en el jugo expresado en min y C es la relación de carbón activo expresado en (g/g de disolución).

En la tabla 5 se observa que el Fcal es mayor que el Ftab, con un valor de $R^2=0.94$; por lo que el modelo ya descrito se acepta para predecir el comportamiento de dicha variable. Sin embargo al realizar un análisis de varianza solo para los coeficientes significativos mostrados en la tabla 4, se obtuvo que el Fcal también es mayor que el Ftab con un $R^2= 0.92$, por lo que se recomienda utilizar el siguiente modelo:

$$A = 2.021 - 0.502T^2 - 1.333t^2 - 0.194C^2$$

En las figuras 2-7 se muestran las superficies de respuesta y contorno de la absorbancia en la variable temperatura ($^{\circ}T$), tiempo de residencia (min) y relación de carbón activado (g/g disolución). La menor absorbancia se muestra en las regiones de color Rojo debido a que esta respuesta tiene una relación inversa, ya que se desea obtener una menor absorbancia de la luz en el zumo.

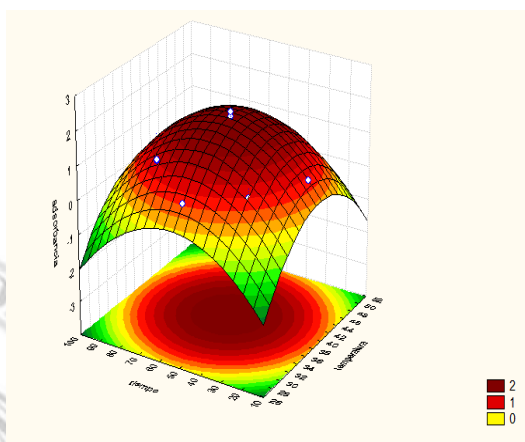


Figura 2. Superficie de respuesta para la absorbancia entre las variables tiempo de residencia y temperatura de zumo.

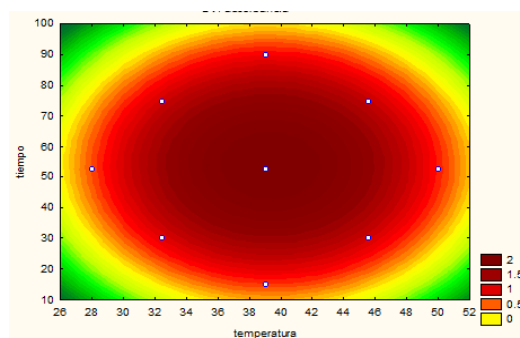


Figura 3. Superficie de contornos para la absorbancia entre las variables tiempo de residencia y temperatura.

En la figura 2 y 3 se observa que a una temperatura entre 37°C y 42°C en el zumo de uva; como a un tiempo de residencia del carbón activo entre 45 min y 65 min existe una menor absorbancia.

Asimismo Barabaza *et al.* (1998) para mejorar el color de un zumo de melocotón bronceado aclarado, con un tratamiento de adsorción con diferentes tipos de carbón activado se encontró que un tiempo de contacto de 10-15 min y una temperatura de procesamiento óptima en el rango de 30-50 ° C para obtener un jugo clarificado adecuadamente. Pero Khali y Al-Zubai (2011), afirman que para mejorar el color del zumo el tiempo de contacto de carbono/zumo fue de 45 min con una temperatura entre 30 y 60°C, acercándose estos parámetros más a nuestras condiciones.

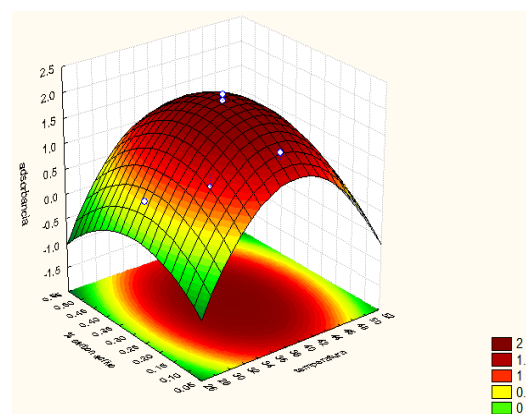


Figura 4. Superficie de respuesta para la absorbancia entre las variables relación de carbón activo y temperatura de zumo.

Tabla 5. Análisis de varianza para la modelación de la absorbancia.

FUENTE	Todos los coeficientes					Coeficientes significativos				
	SS	GL	MS	F cal	p	SS	GL	MS	F cal	p
MODELO	5.070	9	0.563	14.260	0.0005	4,9714	3	1,6571	55,895	4.8948E-08
ERROR	0.316	8	0.040			0,4150	14	0,0296		
TOTAL	5.386	17				5,3864	17			

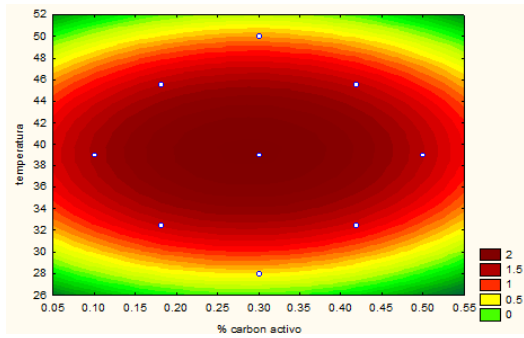


Figura 5. Superficie de contornos para la absorbancia entre las variables temperatura y relación de carbón activo.

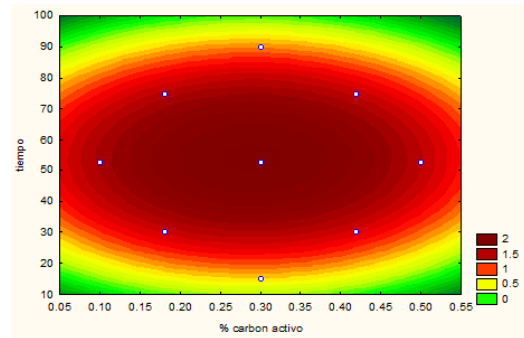


Figura 7. Superficie de contornos para la absorbancia entre las variables tiempo de residencia y relación de carbón activo.

Según Rodriguez *et al* (1998) explica que al aumentar la temperatura se genera un proceso de expansión de la estructura de poros del carbón para crear una superficie interna accesible.

A continuación en la Figura 8 se muestra el análisis de Pareto para efectos individuales provocados por las variables independientes. Mostrando que la relación carbón activado, con la temperatura y tiempo de residencia de forma cuadrática influyen significativamente en dicha variable.

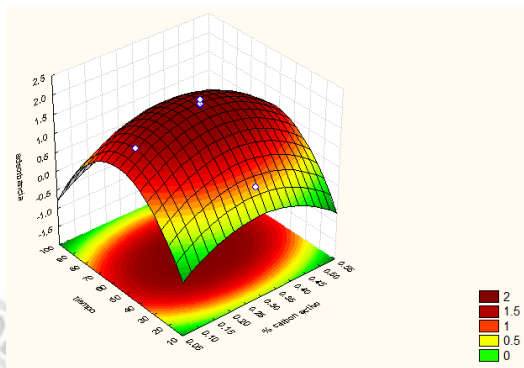


Figura 6. Superficie de respuesta para la absorbancia entre las variables tiempo de residencia y relación carbón activo.

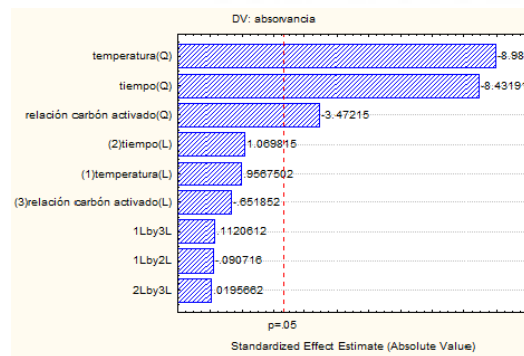


Figura 8. Análisis de Pareto para efectos individuales de las variables independientes para la absorbancia.

En la figura 6 y 7, se aprecia que la concentración de carbón activo entre 0.2 g/g disolución y 0.35 g/g disolución afecta de manera inversa a la absorbancia en el zumo de uva.

Por otro lado para la modelación de la retención peso del carbón activo sería:

$$PR = 19.639 - 0.067T^2 - 0.509T + 0.310t^2 + 1.500t - 0.969C^2 + 6.311C - 2.390Tt - 0.374TC + 0.860tC$$

Donde: PR es la retención del peso del carbón activo, T es la temperatura del zumo en °C, t es el tiempo de residencia del carbón en el jugo expresado en min y C es la relación de carbón activo expresado en (g/g de disolución).

Tabla 6. Análisis de varianza para la el peso retenido.

Fuente	SC	Gl	CM	F _{cal}	F _{tab}
Regresión	589.72	9	65.52	12.9	
Residuos	40.52	8	5.07		
Total	630.24	17			

En la tabla 6 se observa que la F_{cal} es mayor que F_{tab}, y con un valor R²=0.94 por lo que el modelo descrito anteriormente se acepta para predecir el comportamiento de dicha variable.

Sin embargo al realizar un análisis de varianza solo para el coeficiente significativo mostrado en la tabla 6, se obtuvo un R²= 0.86, por el cual indica que este modelo no predice esta variable dependiente; considerando solo el primer modelo.

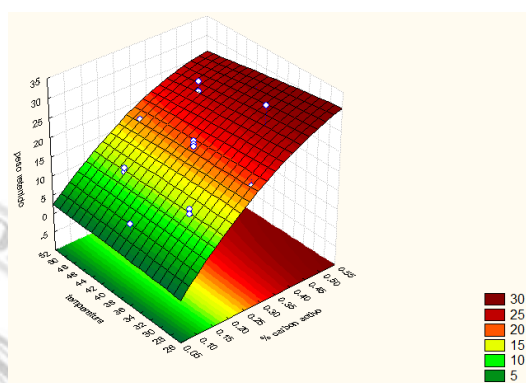


Figura 9. Superficie de contornos para la retención de peso del carbón activo.

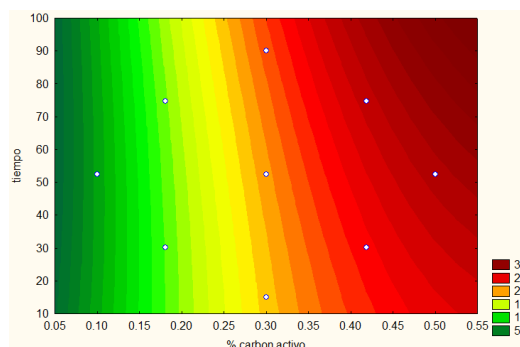


Figura 10. Superficie de contornos para la retención de peso del carbón activo.

En la Figura 9 y 10 se muestran las superficies de respuesta y de contorno para el peso retenido en función al tiempo de residencia, y a la relación carbón activo (g/g disolución).

Además se aprecia que para una mayor retención de peso, la relación de carbón activo se encuentra entre 0.05 (g/g disolución) y 0.75 (g/g disolución).

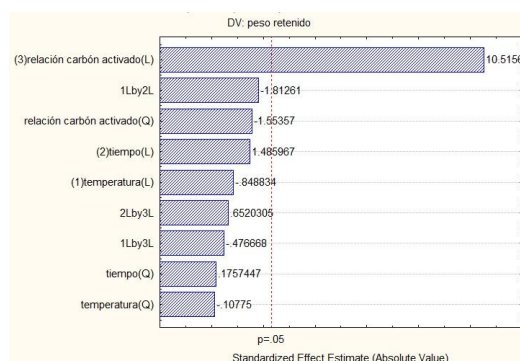


Figura 11. Análisis de Pareto para efectos individuales de las variables independientes para la absorbancia.

En la Figura 11 se muestra el análisis de Pareto para efectos individuales provocados por la variable independiente, sobre la retención de peso mostrando que solo la relación carbón activado cuadrática influye significativamente en dicha variable. Esto confirma lo mencionado por la Universidad de Sevilla (2009) que afirma que mientras más alta sea la concentración del compuesto que desea ser eliminado, más carbón se necesitará.

4. Conclusiones

Se encontró que la temperatura del zumo, el tiempo de residencia y la relación de carbón activo afecta negativamente a la absorbancia del zumo. Se recomienda para la absorción del zumo de uva la siguiente modelación:

$$A = 2.021 - 0.502T^2 - 1.333t^2 - 0.194C^2.$$

El peso retenido del carbón activado solo fue influenciada de manera significativa por la variable: relación carbón activado/zumo de fruta; con las demás variables no se observó ninguna variación significativa en la ganancia de peso del carbón activado.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, M. 2010. Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio. Instituto de Tecnologías Programa de Especialización Tecnológica en Alimentos. Ecuador
- Castellanos, O.; Cruz, G.; Gonzáles, G.; Rentería, A. 2004. Alternativas para la clarificación de jarabe de glucosa. Ingeniería e investigación, Issue , 8-21
- Espinoza, J. 2000. Perfil del producto: Uva. Colombia
- Ibarz, A. y Barbosa, G. 2005. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. España
- Khalil, T.; Al-Zubai, M. (2011). Using activated carbón for nonenzymatic browning compounds adsorption in peach pulp. Mesopotamia J. of Agric. Vol (40) No.(2)
- La Chira, R. 2010. Usos y aplicaciones del carbón activado en zumos de frutas. Disponible en: <http://www.slideshare.net/renatolachira/carbn-activado#btnPrevious>
- Lasanto, C. 2009. Estudio y aplicación de nuevos procesos para la mejora de la elaboración de vinos tintos en zonas de clima cálido. Universidad de Cádiz. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos
- Molina, R. 2000. Teoría de la Clarificación de vinos y mostos y sus aplicaciones prácticas. Ediciones Mundi-Prensa. España
- Pérez, F. (1998) La uva de mesa. Editorial Agroguías. Mundi-Prensa. Madrid
- Noriega, S; Deiana, A; Petrokic, L (1998) Carbon activado a partir de materias primas regionales. Información tecnológica. Nº5 vol.9. Argentina
- Universidad de Sevilla, (2009). Manual del Carbón Activado - Master en ingeniería del agua. Sevilla – España.

