



Agroindustrial Science

Agroind Sci 2 (2012)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Efecto de la relación sólido/líquido y tiempo de residencia en la pérdida de sólidos solubles y eliminación de melanina por adsorción con carbón activado en jugo de manzana pardeado

Effect of the ratio solid / liquid and time of residence in the loss of soluble solid and elimination of melanin by adsorption with activated carbon in browning Apple juice

Alejandro Arévalo Minchola^a, Abel Barreto Alcántara^a, Jhan Carranza Cabrera^a, Jonatan García Vásquez^a

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

Recibido 27 de Agosto, 08 de Diciembre del 2012

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta un estudio en la aplicación de carbón activado como adsorbente y del efecto del tiempo de residencia (5; 13; 32.5; 52 y 60 min) y la relación S/L (3/90; 15.65/90; 46.5/90; 77.35/90; 90/90 kg carbón/kg jugo) sobre la disminución de los sólidos solubles y la adsorción de melaninas presentes en 11 muestras de zumo de manzana pardeadas, cuantificado estos datos mediante los métodos de refractometría y espectrofotometría respectivamente. De los tratamientos antes mencionados la combinación de tiempo de residencia de 32.5 min y la relación S/L de 1 kg de carbón / kg de zumo mostraron la mayor pérdida de sólidos solubles con un valor de 5.6°Brix y una cantidad de melanina adsorbida de 0.3836, mientras tanto para el tratamiento 7 el cual tuvo la menor relación S/L se obtuvo la menor pérdida de sólidos solubles. Esto quiere decir mientras mayor sea la relación S/L y el tiempo de residencia también aumente, la pérdida de sólidos solubles será mayor.

Palabras clave: Carbón Activado, Melanina, Adsorción, Sólidos Solubles.

ABSTRACT

This paper presents a study on the application of Activated carbon as adsorbent and the effect of time of residence (5, 13, 32.5, 52 and 60 min) and relationship solid/liquid (3/90; 15.65/90; 46.5/90; 77.35/90; 90/90kg carbon/kg juice) on the reduction of soluble solids and the adsorption of melanin present in 11 samples of browning apple Juice quantified these data by refractometry and spectrophotometry methods respectively. Of the treatments mentioned above the combination of residence time of 32.5 min and solid/liquid ratio of 1 kg of carbon/ kg of juice showed the greatest loss of solid soluble with a value of 5.6 ° Brix and a quantity of adsorbed 0.3836 melanin, while for 7 treatment which had the lowest ratio solid/liquid obtained the lowestlost of solid soluble. This means while greater relationship solid liquid and the residence time also increases, the loss of solid soluble will be greater.

Keywords: Activated carbon, Melanin, adsorption, soluble solid.

1. Introducción

Uno de los parámetros de calidad más importantes en los zumos derivados de frutas son las propiedades sensoriales del producto final. Debido a que el color es el primer atributo sensorial que percibe el consumidor, se puede afirmar que el color es uno de los factores que inicialmente mejor definen la calidad de un alimento. Por lo tanto, es necesario

conocer los componentes y procesos que determinan el color de un alimento, que no depende únicamente de sus componentes, sino también de ciertos aspectos físicos y/o fisicoquímicos (Mariné, 1981). Por lo tanto, es necesario conocer los componentes y procesos que determinan el color de un alimento, que no depende únicamente de sus componentes, sino también de

ciertos aspectos físicos y/o fisicoquímicos (Mariné, 1981). De todas las alteraciones que pueden provocar un deterioro del zumo, el pardeamiento, tanto enzimático como no enzimático, es el problema más importante que presentan muchos concentrados de zumos de fruta (Toribio y Lozano, 1984).

La eliminación de los pigmentos y olores que presentan los zumos pardeados son el motivo por el cual interesa el estudio de materiales que adsorban estos compuestos; por esa razón es que actualmente se viene trabajando mucho la utilización de materiales carbonados activados.

Reinoso *et al.* (1997) señala que la naturaleza de la superficie es la que hace que se produzca la adsorción pero, en el carbón activado, el gran tamaño de la superficie es lo que le confiere su elevada eficacia. La superficie del carbón activado es impresionante: a partir de 500 y hasta 1500 m²/g o incluso más; una cucharadita de carbón activado fácilmente posee la misma superficie de un campo de fútbol.

El carbón activado retira la impureza de forma efectiva, a diferencia de las operaciones de decoloración oxidativa, en las que únicamente se cambia la impureza cromática a un producto incoloro. Tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente “universal”. Como se mencionó antes la naturaleza de la superficie es la que permite que se produzca la adsorción, pero no es la única causa. La naturaleza de las fuerzas con las que son retenido el soluto que son de tipo eléctrica, física y química, determinan así el modo como los solutos son retenidos. La adsorción se utiliza en muchos casos de purificación de fluidos, que les confiere olores y sabores desagradables. Así como en los zumos de naranja, la limonina es un compuesto que le confiere un sabor amargo y puede ser eliminado por adsorción sobre polímeros. De igual modo, las melaninas y melanoidinas, formadas por los

pardeamientos enzimático y no enzimático, pueden ser eliminadas con carbón activado (Ibarz y Barbosa 2005).

Pardeamiento no enzimático

Los zumos clarificados son sometidos, a lo largo de todo su proceso de elaboración, a tratamientos térmicos de mayor o menor intensidad, tales como la pasteurización, esterilización o concentración. Estos tratamientos, si bien necesarios, tienen efectos no deseados sobre el producto final, provocando cambios de color, aparición de aromas desagradables, modificaciones en el sabor y pérdida o degradación de algunos de sus componentes nutricionales, como vitaminas, azúcares y aminoácidos, y además conducen a la formación de productos resultantes de las reacciones de Maillard, 5-hidroximetilfulfural (HMF) y melanoidinas, que confieren al producto final coloraciones oscuras englobadas bajo el término de pardeamiento no enzimático. (Badui, 1993).

Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático es una reacción de oxidación en la que interviene como sustrato el oxígeno molecular. En donde la enzima responsable del pardeamiento enzimático la que entra en contacto con el oxígeno recibe el nombre de Polifenoloxidasas. Bauman (1982) nos expresa que en el campo de los alimentos, el pardeamiento enzimático puede ser un problema muy serio en frutas, zumos de frutas, e incluso en la industria del vino, al producir alteraciones en el color que reducen el valor comercial de los productos, o incluso los hacen inaceptables para el consumidor. Este tipo de pardeamiento se puede evitar a través de los agentes reductores como el ácido ascórbico que reduce las o-benzoquinonas a o-difenoles (Whitaker y Lee, 1995). Dado que durante la reacción este compuesto se consume por

oxidación, la protección que confiere es sólo temporal.

En la manufactura de jugos y pulpas de fruta, tiene singular importancia referirse al pardeamiento enzimático. El pardeamiento enzimático es un fenómeno de oscurecimiento que se caracteriza por la presencia de polímeros pardos llamadas melaninas los que dañan las características organolépticas del jugo, en especial su color y hace necesaria su eliminación. Del mismo modo, el control del contenido de sólidos solubles es esencial en la manufactura de jugos envasados y para su estandarización, siendo necesario operaciones unitarias que reduzcan el contenido de melaninas y que minimicen la pérdida de sólidos solubles.

En tal motivo este trabajo presenta una orientación hacia el estudio del efecto de usar carbón activado como adsorbente para eliminar melaninas en zumo de manzanas pardeadas, utilizando métodos físicos como la absorbancia y la disminución del ° Brix, para cuantificar el efecto del carbón activado. Durante el desarrollo de esta investigación se evaluó el tiempo de residencia del carbón activado en el zumo de manzana, así como la relación S/L, obteniendo así la cantidad de carbón y el tiempo adecuado para la eliminación de las melaninas.

2. Materiales y métodos

Selección y tratamiento de las materias primas

Se seleccionaron 4 kg de manzana variedad israel *pyrus malus* tomando en cuenta los siguientes criterios: homogeneidad y sin rastros de deterioro. Las manzanas provinieron del Departamento de la Libertad, y eran de un mismo lote de cultivo.

Extracción del zumo

Las manzanas fueron cortadas en trozos y se introdujeron en un extractor marca

Oster 3157 24Oz 300w. El extracto fue filtrado para obtener el zumo de manzana.

Contenido en sólidos solubles iniciales

Se determinó utilizando un refractómetro digital Atago RX-1000. Los resultados se expresaron en °Brix, contenido en sólidos solubles existentes en 100 gramos de zumo (Ibarz *et al.*, 2010).

Pardeamiento

Las muestras de zumo se dejaron a temperatura ambiente por dos horas en vasos de precipitación de 1000 ml con el fin de influenciar en la actividad enzimática del proceso de pardeamiento.

Adsorción

Se colocaron muestras de zumo en cantidades de 90 ml en vasos de precipitación de 250 ml y se añadió carbón activado controlando la relación S/L (p/p) y el tiempo de residencia del zumo en el vaso de precipitación con carbón activo según la distribución de la Tabla 1.

Filtración de zumos

Las muestras de zumo adsorbidas se filtraron utilizando una bomba de vacío (modelo DOA-P504-BN, marca Gast) en un embudo buchner de porcelana empleando un papel filtro (tamaño de poro entre 1 μm y 3 μm , gramaje de 100 g/cm², diámetro de 155 mm, espesor de 0.2 mm, cenizas menores a 0.001) y un matraz Kitasato de 1000 ml.

Inactivación de enzimas

A las muestras; luego de ser filtradas para la eliminación de cenizas residuales del proceso de adsorción, causantes del pardeamiento se les añadió ácido ascórbico a la concentración del 1% p/p de solución.

Absorbancia

Para medir la absorbancia se utilizó el espectrofotómetro (hp hewlett 8452A) a una longitud de onda 420 nm, mediante

celdas espectrofotométricas de 2.5 ml en dos repeticiones por tratamiento.

Contenido en sólidos solubles finales

Se determina utilizando un refractómetro digital Atago RX-1000. Los resultados se expresan en °Brix, contenido en sólidos solubles existentes en 100 gramos de zumo (Ibarzet *al.*, 2010).

Diseño Estadístico

El diseño estadístico utilizado es el Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) de segundo orden con resultados en Superficie de Respuesta y superficie de contornos. Se realizó un planeamiento factorial completo 2^k , incluido 2.k puntos axiales y tres puntos centrales (en este caso $k=2$ por ser dos variables independientes) totalizando 11 tratamientos.

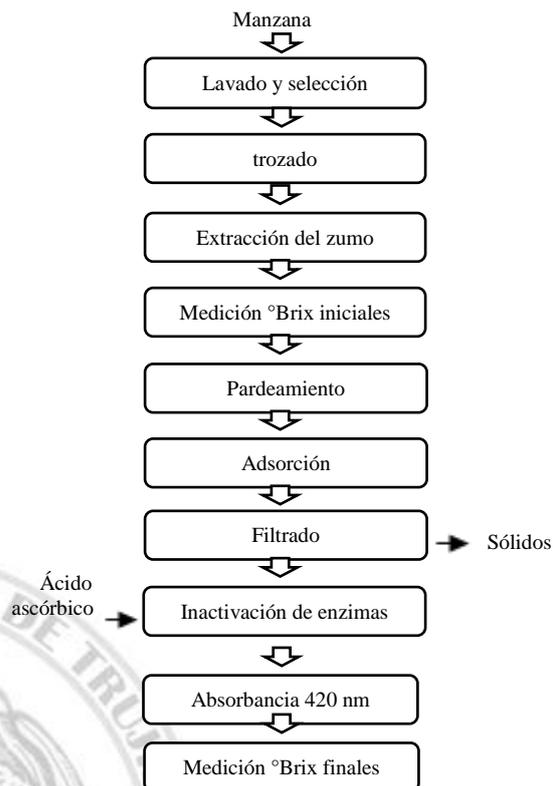


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de pérdida y eliminación de melanina en el jugo de manzana pardeado.

3. Resultados y discusión

Modelación de la adsorción de los sólidos solubles totales y melanina del zumo de manzana

En la tabla 1, se muestran los resultados de la etapa de adsorción. Se observa que a igual relación S/L (0.517 p/p), cuando el tiempo de residencia aumenta (de 5 a 60 min), la variación de sólidos solubles totales aumenta. Esto es debido al comportamiento anfótero del carbón activado, es decir, cuando éste se encuentra inmerso en soluciones acuosas de pH ácido (como es en la mayoría de frutos) muestra mejor afinidad por moléculas neutras los cuales generalmente son orgánicos (Bansal *et al.*, 1998). En el caso de melanina adsorbida se aprecia un comportamiento similar. Por ejemplo, a las mismas condiciones anteriormente mencionadas la melanina adsorbida por el de carbón aumenta de 0.4268 a 0.5523 $\Delta A/g$ carbón, esto se debe a que ésta molécula por sus características estructurales y conformacionales posee estabilidad (carga neutra), entonces sometida a las mismas condiciones de tiempo de residencia y relación S/L responderá como una molécula orgánica a la actividad del carbón activado.

La mayor variación de los sólidos solubles (5.6 °Brix) se da con 32.5 min. de residencia y una relación S/L de 1, y la menor variación (0.5°Brix) se da con un tiempo de residencia de 32.5 min. y una relación S/L de 0.033. La mayor cantidad de melanina adsorbida por el carbón activado es de 8.3605 $\Delta A/g$ carbón, y la menor cantidad es de 0.1811 $\Delta A/g$ carbón.

Los resultados de los tratamientos 9,10 y 11 reflejan en el caso de la variación de sólidos solubles totales una repetitividad aceptable; caso contrario el de la melanina adsorbida por el carbón activado que presenta una alta heterogeneidad.

Utilizando el software Statistica 7.0 y con los datos de la Tabla 1, se obtuvo el Análisis de Regresión (Tabla 2), lo cual nos indica que el modelo para predecir la variación de sólidos solubles totales en el proceso de adsorción es:

$$\Delta SST = 0.09837(t) - 0.00122(t^2) + 7.50603\left(\frac{S}{L}\right) - 3.52455\left(\frac{S}{L}\right)^2 - 1.32013 \quad (1)$$

Del cual considerando sólo los coeficientes significativos ($p < 0.05$) se obtiene un nuevo modelo resumido para la variable variación de sólidos solubles totales (ΔSST):

$$\Delta SST = 7.50603\left(\frac{S}{L}\right) \quad (2)$$

De la Tabla 3, se observa que el modelo para la predicción de la variación de sólidos solubles totales Ecuación (1) es significativo ($F_{cal} > F_{tab}$), y junto a su alto grado de determinación ($R^2 = 0.95$; y $R^2_{ajustado} = 0.90$) indica lo adecuado del modelo para predecir esta variable, se debe mencionar que en el caso del modelo resumido presenta un grado de determinación bajo ($R^2 = 0.70$).

Por lo tanto, se recomienda utilizar como modelo predictivo de este fenómeno la Ecuación (1).

Tabla 1. Variación de sólidos solubles totales y melanina absorbida/ g de carbón activado.

Tratamiento	Variables independientes		Variables Dependientes	
	Tiempo de Residencia (min)	Relación (S/L) (p/p)	ΔSST (°Brix)	Melanina adsorbida ($\Delta A/g$ carbón)
1	12.996	0.174	1.4	0.8467
2	12.996	0.857	3.9	0.1811
3	52.003	0.174	2.1	1.159
4	52.003	0.857	5.3	0.4575
5	5.000	0.517	1.9	0.4268
6	60.000	0.517	4	0.5523
7	32.500	0.033	0.5	8.3605
8	32.500	1.000	5.6	0.3836
9	32.500	0.517	3.4	0.6040
10	32.500	0.517	3.8	0.6064
11	32.500	0.517	3.7	0.5481

Tabla 2. Análisis de Regresión para la variación de sólidos solubles totales y melanina absorbida/g de carbón activado.

Factor	ΔSST		Melanina adsorbida	
	Coefficientes	p	Coefficientes	p
Media/Intercepto	-1.32013	0.24848	0.36412	0.023021
(1)Tiempo (min)(L)	0.09837	0.07290	-0.00428	0.416632
Tiempo (min)(Q)	-0.00122	0.08693	0.00008	0.254647
(2)S/L(L)	7.50603	0.02458	0.16676	0.553499
S/L(Q)	-3.52455	0.11714	-0.06929	0.751775
1L x 2L	0.02632	0.52791	-0.00684	0.174046

En el caso de la variable dependiente melanina adsorbida el modelo estimado para su predicción presentó un bajo grado de determinación ($R^2 = 0.75$; y $R^2_{ajustado} = 0.50$), por lo tanto el modelo no es adecuado para predecir la variable dependiente. Este hecho posiblemente se debe a que la metodología utilizada es accesible tanto para pardeamiento enzimático como para no enzimático (Garcia, 2012).

También, se especifica que el haz de luz de longitud de onda de 420nm es absorbida en mayor cantidad por moléculas de melanoidina (pardeamiento no enzimático) que las de melanina, y debido a que se elaboró un jugo mínimamente procesado el cual no tuvo

ningún tratamiento térmico, la formación de estas moléculas fue en cantidades bajas (Badui, 1993). Por lo tanto el poder predictivo del modelo se ve afectado.

Esta validación estadística permite interpretar los resultados mediante las superficies de respuesta. En la Figura 1, se muestra las superficies de respuesta y de contorno para la variación de sólidos solubles totales en función al tiempo de residencia y la relación S/L.

La mayor variación de sólidos solubles se muestra en las regiones de color rojo, mientras que las variaciones sólidos solubles menores se dan en la región de color verde.

Tabla 3. Análisis de varianza la variación de sólidos solubles totales y melanina adsorbida.

Fuente	Δ SST					Melanina adsorbida				
	SS	GL	MS	F cal	F tab	SS	GL	MS	F cal	F tab
Regresión	26.371680	5	5.274336	31.77	5.05	0.04753	5	0.00951	2.62	5.05
Residuos	0.830140	5	0.166028			0.01811	5	0.00362		
Total	27.201820	10				0.06564	10			

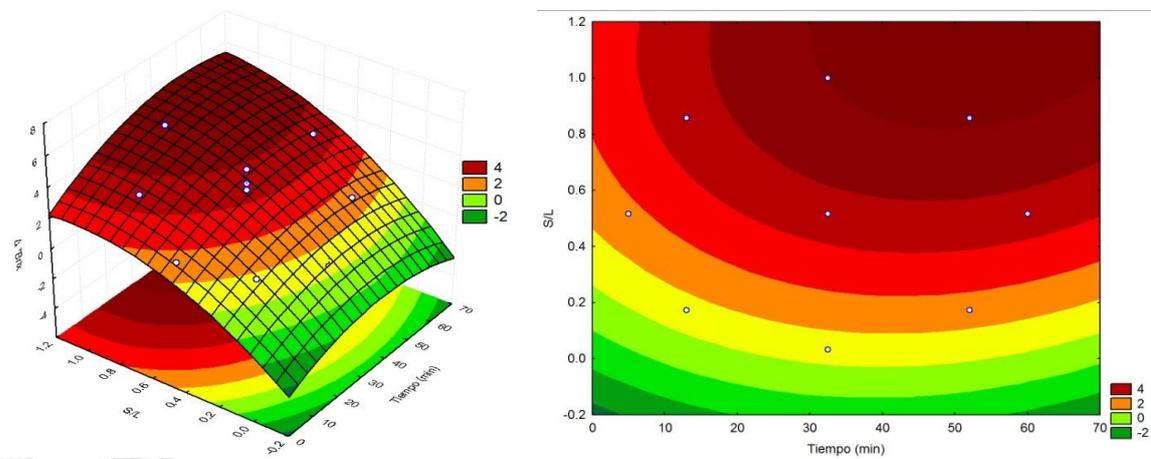


Figura 2. Superficie respuesta y de contorno para la variación de sólidos solubles totales (Δ SST).

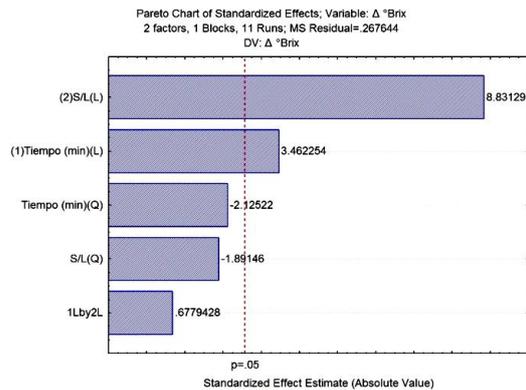


Figura 3. Análisis de Pareto para efectos individuales de las variables independientes.

En la Figura 3 se muestra el análisis de Pareto para efectos individuales provocados por las variables independientes, sobre el tiempo de filtración. Mostrando que la relación S/L más el efecto individual del tiempo de residencia ejercen aproximadamente el 80% de los efectos sobre dicha variable dependiente.

4. Conclusiones

Se encontró que la relación S/L afecta directamente a la variación de sólidos solubles totales. Desde la relación S/L de 0.033 kg de carbón / kg de zumo a 1 kg de carbón / kg de zumo y tiempos de residencia de 5 minutos a 60 minutos no afecta significativamente a la cantidad de melanina adsorbida por el carbón activado. Para relaciones S/L de 0.9 kg de carbón / kg de zumo a 1 kg de carbón / kg de zumo y tiempos de residencia de 30 minutos a 60 minutos se obtiene la mayor variación de sólidos solubles en el jugo de manzana que es aproximadamente 6°Brix.

5. Referencias bibliográficas

- Badui, Salvador. 1993. Química de los alimentos. Longman de Mexico, S.A de C.V. n° 3. Cap. 5. p. 310-315.
- Bauman, Jon. 1982. Enzyme and food processing products. London, England. p. 272-276
- Bansal, Ron; Donnet, Jane; and Stoeckli, Fred. 1998. Active Carbon. Marcel Dekker, New York.
- Ibarz, Albert; Barcosa-Cánovas Gustavo. 2005. Operaciones Unitarias en la ingeniería de alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Cap. 23. p. 815-843.
- García, Ignacio. 2012. Efecto del uso de agentes antipardeantes y atmosfer modificada sobre el pardeamiento enzimático en cascos de manzana "royal gala". Universidad de Chile.
- Mariné, Abel. 1981. El pardeamiento y color de los alimentos. Alimentaria. n° 32. p. 13-30.
- Toribio, Jorge; Lozano, Esteban. 1984. Nonenzymaticbrowning in apple juice concentrate during storage. Journal of Food Science. n° 49. p. 889-892.
- H. Marsh, E.A. Heintz, F. Reinoso, Fransico. 1997. Publicaciones de la Universidad de Alicante. Alicante. España. Cap. 2. p. 35-101
- Whitaker, James; Lee, Chang. 1995. Enzymatic browning and its Prevention. Trends in Food Science and Technology. ACS Symposium Series 600. n° 7. p. 344.

