



## Efecto combinado de filtración por placas y centrifugación en la absorbancia aplicado a la clarificación de chicha de jora

*Effect combined of filtration plates and centrifugation in absorbance applied to the clarification of "Chicha de Jora"*

Jam Pier Cruz\*, Jorge Cabrera, Shirley Rojas, Julio Agreda, Stiben Arteaga, Miguel Espina

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

Recibido 25 de febrero 2013; Aceptado 20 de mayo 2013.

### RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la disminución de la absorbancia aplicando el método combinado de filtración por placas y centrifugación, se evaluó en un comienzo las características de resistencia de la torta ( $\alpha = 1.2 \cdot 10^{14}$  m/kg) y resistencia al medio filtrante ( $R_m = 4.8 \cdot 10^{10}$  1/m). Posteriormente se buscaron las condiciones óptimas de filtrado en el filtrador de placas para favorecer la clarificación de la chicha de jora, realizándose un Anova simple para los tratamientos y un test de Duncan para encontrar el caudal favorable para el filtrado correspondiente a 35.98 (ml/s); de la muestra obtenida de este tratamiento se realizó la centrifugación teniendo como variables independientes la temperatura en un rango de 12 a 26 °C y en las revoluciones por minuto en un rango de 1000 a 10000 rpm. Se realizó el Diseño Computacional Central Rotacional para el proceso de centrifugación obteniendo como variable significativa a las revoluciones por minuto, teniendo mayor influencia positiva en la disminución de absorbancia los valores de 19°C y 6450 rpm.

**Palabras clave:** Chicha de Jora, clarificación, filtrado.

### ABSTRACT

In this assignment we assessed the decrease in absorbance using the combined method of filtration plates and centrifugation, It was assessed initially characteristics cake resistance ( $\alpha = 1.2 \cdot 10^{14}$  m/kg) and resistance to the filter media ( $R_m = 4.8 \cdot 10^{10}$  1/m). Subsequently searched the optimum filter in the filter plate to facilitate the clarification of chicha, performing one simple Anova treatments and Duncan test to find the favorable flow filtration corresponding to 35.98 (ml /s) of the sample obtained by this centrifugation treatment was performed considering the temperature as independent variables in a range of 12 to 26 °C and the revolutions per minute in a range from 1000 to 10000 rpm. Computational Design was performed Central Rotating centrifugal process for obtaining as a significant variable revolution per minute, being more positive influence on the decrease in absorbance values of 19 °C and 6450 rpm.

**Keywords:** Chicha de Jora, clarification, filtration.

### 1. Introducción

La Chicha de Jora es un producto oriundo del Perú, que se elabora artesanalmente y se consume además en otros países de América del Sur, constituyendo un producto potencialmente industrializable. Se denomina Chicha de Jora, a la bebida alcohólica obtenida por fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto de malta de maíz, con un contenido alcohólico de 9% en volumen.

Se entiende por filtración como la operación Unitaria en la que el componente sólido insoluble de una suspensión sólido-líquido se separa del componente líquido haciendo pasar este último a través de una membrana porosa la cual retiene a los sólidos en su superficie (filtración de torta) o en su interior (Clarificación), gracias a una diferencia de presión existente entre un lado y el otro de dicha membrana. A la suspensión de sólidos en líquidos se conoce como papilla de alimentación o simplemente

\*Autor para correspondencia.

Email: jampier\_14\_06@hotmail.com (J. Cruz)

suspensión, al líquido que pasa a través de la membrana se conoce como filtrado, la membrana es conocida como medio filtrante y a los sólidos separados se conocen como torta de filtración.

Bardales *et al.* (2011) evaluó la influencia de las concentraciones de un coadyuvante preseleccionado y de la presión de vacío sobre el tiempo de filtración y la transmitancia en el proceso de clarificación de “Chicha de Jora”. Se realizó en dos etapas, la primera evaluó las velocidades de sedimentación de dos coadyuvantes (silicato de aluminio hidratado y colapís) obteniendo una mayor velocidad de sedimentado con las muestras tratadas con silicato de aluminio hidratado o Bentonita. El primero separar los sólidos suspendidos en la chicha de jora que la componen, formándose una torta en la parte anterior del medio; el segundo, clarificar con el propósito de producir un líquido claro y el tercero emplear la centrifugación como operación complementaria a la filtración por placas para asegurar un producto totalmente libre de partículas suspendidas.

El objetivo del proyecto fue obtener los parámetros óptimos de filtración por placas y centrifugación para la clarificación de Chicha de Jora

## 2. Materiales y métodos

Se utilizó Chicha de Jora proveniente de Moche, distrito de Trujillo, la cual fue elaborada con Jora (maíz germinado), azúcar, chancaca y agua.

Equipo de filtración está compuesto por: Bomba de vacío (modelo DOA-P504-BN, marca Gast), barómetro, tubos, codos y válvulas de fierro galvanizado, Prensa hidráulica de fierro galvanizado y placas de prensa del mismo material (Ver Figura 2).

Termómetro, un cronómetro digital. Centrifugadora, rejillas y Espectrofotómetro (spectronic 20, marca Genesys), 2 Pipetas graduadas de 10 ml, 10 celdas estándar para espectrofotometría de 2.5 mL de capacidad.

En este trabajo se aplicó la filtración por placas en chicha de jora, utilizando a la temperatura y a la presión como variables independientes en el proceso, buscando evaluar si estos tienen efectos en la clarificación del producto final, logrando así determinar los valores óptimos de estas variables, incentivando así el consumo de este licor por sus propiedades curativas en la

digestibilidad convirtiéndolo en un alto potencial comercial.

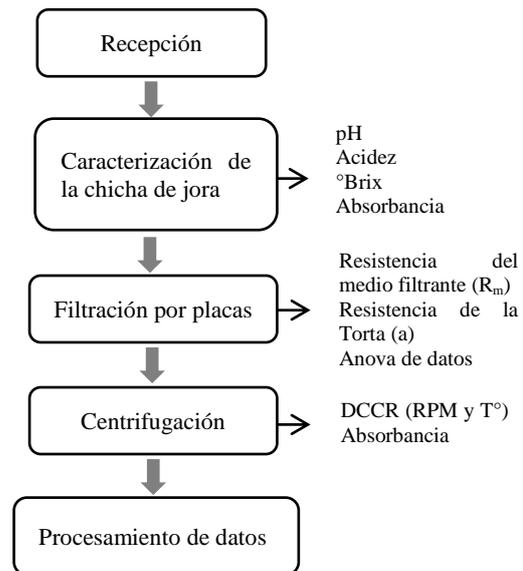


Figura 1. Flujograma experimental.



Figura 2. Equipo de Filtración por placas.

## Ecuaciones de Filtración

1. Ecuaciones básicas para la velocidad de filtración en los procesos por lotes. Con frecuencia, las filtraciones se llevan a cabo en condiciones de presión constante. La ecuación se puede invertir y reordenar para obtener

Donde  $K_p$  se da en  $s/m^6$  y  $B$  en  $s/m^3$ .

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu \alpha c_s}{A^2(-\Delta p)} V + \frac{\mu}{A(-\Delta p)} R_m = K_p V + B \quad \dots (1)$$

$$K_p = \frac{\mu \alpha c_s}{A^2(-\Delta p)} \quad \dots (2)$$

$$B = \frac{R_m}{A(-Ap)} \quad \dots (3)$$

Para presión invariable, a constante y una torta incompresible, V y t son las únicas variables de la ecuación. Integrando para obtener el tiempo de filtración t en s.

$$\int_0^t dt = \int_0^V (K_p V + B) dV \quad \dots (4)$$

$$t = \frac{K_p}{2} V^2 + BV \quad \dots (5)$$

Al dividir entre V

$$\frac{t}{V} = \frac{K_p V}{2} + B \quad \dots (6)$$

Donde V es el volumen total de filtrado en m<sup>3</sup> recolectado en t (s).

Para evaluar la ecuación (4) es necesario reconocer  $\alpha$  y R<sub>m</sub>. Esto se puede hacer usando la ecuación (6). Se obtienen los datos de V recogidos en diferentes tiempos t. Entonces, se grafican los datos experimentales de t/V contra V. A menudo, el primer punto de la gráfica no cae sobre la línea y se omite. La pendiente de la línea es  $\frac{K_p}{2}$  y la intersección, B. Después se utilizan las ecuaciones para determinar los valores  $\alpha$  y de R.

### Diseño y Análisis Estadístico

Para la etapa de filtración se propuso un Análisis de varianza aplicado a la variable caudal, teniendo como variable respuesta la absorbancia y verificar si existe diferencia significativa en los tratamientos.

Se realizó un Test de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para determinar cuál de los tratamientos es más efectivo y optimiza las condiciones de filtrado. Para la centrifugación se propuso un diseño compuesto central rotacional (DCCR), tomando un planteamiento factorial: 2K + 2K + 3 (K=2).

En la fase inicial del estudio de una superficie de respuesta se trata de identificar la región de respuesta más óptima y para ello se utilizan experimentos factoriales completos 2k con el fin de estimar las respuestas medias para un modelo lineal o de primer orden.

Para la aproximación a una superficie de segundo orden se escogió un diseño rotacional central compuesto, considerando una propiedad deseable consistente en que la varianza de los valores estimados sea constante en puntos equidistantes del centro del diseño. Esta propiedad llamada rotabilidad se logra estableciendo  $\alpha = (2^k)^{1/4}$ . Así el valor  $\alpha$  para el presente diseño con dos factores fue  $\alpha = 1.41$

**Tabla 1.** Niveles de los factores estudiados

Componentes	Niveles				
	-1.41	-1	0	1	1.41
Temperatura (°C)	12	14.04	19	23.96	26
RPM	1000	2308.5	5000	8691.49	10000

Con el análisis de varianza se determinó el efecto de los factores y sus interacciones sobre la variable de respuesta; el resumen de análisis ANOVA fue llevado a cabo en el paquete estadístico Statistica 7.0.

Obtenido el modelo estadístico, representados por una regresión lineal y cuadrática fue útil para graficar la superficie de respuesta, con la cual se visualizó de una manera global el efecto de los factores, además para encontrar la región en la que se encontró el punto óptimo dentro del intervalo experimental.

### 3. Resultados y discusión

**Tabla 2.** Tratamientos para el proceso de Filtración por placas

Caudal (ml/s)	Absorbancia		
	I	II	III
27.26	1669	1658	1775
35.8	1595	1591	1597
35.98	1366	1259	1370

Del análisis ANOVA ( $\alpha=0.05$ ) podemos diferenciar los valores de absorbancia obtenidos para cada caudal trabajado, que muestra que los tratamientos son diferentes.

Las ventajas de la operación con velocidad decreciente sobre la operación con velocidad constante son las de un efluente de una mejor calidad y requerimiento de una menor pérdida de carga disponible (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1999).

Los resultados encontrados muestran que el caudal si tiene efecto significativo. Ribéreau-Gayon *et al.* (1999) quién

menciona que la calidad del efluente empeora con aumentos bruscos de caudal. Esto puede ser referente para el proceso y relacionar la importancia del control del caudal para obtención de filtrados más límpidos.

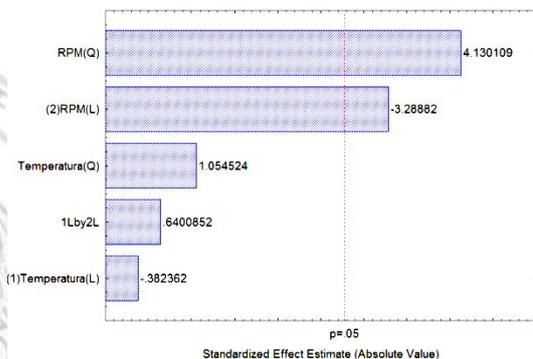
**Tabla 3.** Test de Duncan – Diferencia de Promedio

Tratamiento	V= 35.98 (ml/s)	V= 35.8 (ml/s)	V= 27.26 (ml/s)
V= 27.26(ml/s)	369	106.333	0
V= 35.8 (ml/s)	262.667	0	-
V= 35.98(ml/s)	0	-	-

El test de Duncan permite diferenciar la significancia de cada tratamiento sobre la disminución de la absorbancia. Podemos notar que el caudal de 35.98 ml/s se consigue una menor disminución de la absorbancia, debido a que el fluido permanece mayor tiempo en el filtro y esto permite que la filtración sea más eficiente.

Bardales *et al.* (2011), encontró que la concentración de bentonita afecta inversamente al tiempo de filtración. Las concentraciones de bentonita de 3 g/hL a 12 g/hL, y la presión de filtración al vacío no afectan a la transmitancia de la Chicha de Jora clarificada.

Para obtener los menores tiempos de filtración se deben utilizar presiones muy cercanas entre -0.3 bar y -0.1 bar con concentraciones de bentonita muy cercanas a 12 g/hL.



**Figura 3.** Efecto de las Revoluciones por minuto y temperatura sobre la absorbancia.

Según Concha (2001) en los procesos de filtración a vacío los cambios en la caída de presión son pequeños llegando como máximo a -0.8 bar pero estos son suficientes

para generar cambios en el tiempo de filtración.

La centrifugación permite eliminar en una etapa, sin consumo de coadyuvantes, las partículas responsables del turbio. Los índices de clarificación son sin embargo inferiores a los obtenidos por filtración por placas (Humbert, 1993) y no son en mayor parte de los casos suficientes para obtener el producto deseado.

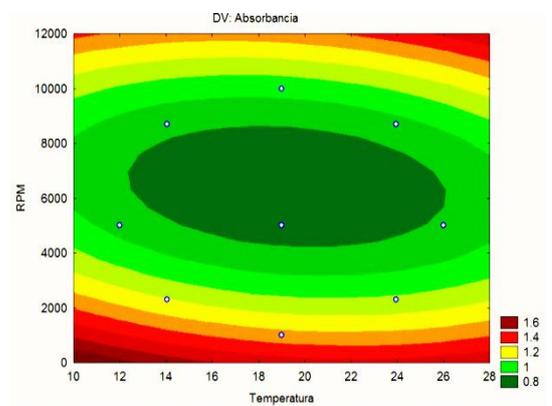
Esta asociación de tecnologías permite obtener una chicha con tasas de turbidez muy bajas e índices filtrabilidad excelentes. Además, la centrifugación puede entrañar una reducción de la retención de coloides en la chicha durante la filtración.

A nivel económico, la inversión en dichos procesos será pues tanto mejor valorada y amortizada si está situada a continuación de la centrifugación.

Como se observa en la Figura 3, la variable que ejerce un mayor efecto significativo sobre la absorbancia, según los datos reportados, son las revoluciones por minuto. Para cada aumento de revoluciones por minuto que se trabaje, la absorbancia de la chicha de jora disminuirá. Efecto positivo para el proceso de centrifugación.

Este mismo análisis de regresión también nos permitió formular el modelo ajustado para  $Y_1$  del cual considerando sólo los coeficientes significativos ( $p < 0.05$ ) se obtuvo el siguiente modelo:

$$Y = 11.08835 - 3.28882 * X + 4.13011 * N^2 \quad (R^2 = 0.87167)$$



**Figura 4.** Diagrama de contorno para la absorbancia durante la centrifugación de chicha de jora.

En la figura 4 se puede observar que entre las temperaturas de 18 °C y 20 °C y revoluciones por minuto entre 6000 y 8000 la absorbancia es menor.

#### 4. Conclusiones

Se encontró que a temperatura de 19 °C y revoluciones por minuto de 6500 la absorbancia es menor. Cuando las revoluciones por minuto son mayores, el proceso de clarificación se acentúa más. La temperatura no tiene efecto significativo en el proceso de clarificación de chicha de jora.

#### 5. Referencias Bibliográficas

Bardales, k; Barreto, A.; Chávez, J.; Carranza, J.; Holguín, M.; Laiza, P.; Sánchez, J.; Linares, G. 2011. Efecto de la concentración de un coadyuvante preseleccionado y presión de vacío sobre el tiempo de filtración y la transmitancia aplicado a un proceso de clarificación de la Chicha de Jora. *Agroindustrial Science* 2(1): 110-117.

- Concha, F. 2001. Manual de filtración y separación. Tecnología productiva red – CETTEC y fundación Chile y universidad de Concepción. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/8634301/Manual-de-Filtracion>.
- Costa-López, J. 1991. Curso de ingeniería química: introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte. Barcelona, Editorial Reverté, S.A.
- Eugene, D.; Olsen. 1990. Métodos ópticos de análisis. Barcelona, Editorial Reverté, S.A.
- Fennema, O.R. 1982. Introducción a la ciencia de los alimentos, Volumen 1. Barcelona, Editorial Reverte, 2ª edición.
- Humbert, C. 1993. La microfiltration des vins sur membranes minerales "Kerasesp". *Rev Oenologues* 69: 25-26.
- Ribéreau-Gayon, P. Glories, Y.; Maujean, A. 1999. Clarification and stabilization treatments: Finig wine. En "Handbook of enology, Vol 2 The chemistry of wine, Stabilization and treatments". John Wiley & sons, Ltd, Chichester, pp 271-299.

