



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

Effect of a preselected Concentration of Adjuvant and Vacuum Pressure on the Filtering time and the Transmittance applied to the Clarification Process of "Chicha de Jora"

Katia Bardales Guerra^a, Abel Barreto Alcántara^a, Jhara Chávez Arosemena^a, Jhan Carranza Cabrera^a, Manuel Holguín Calampa^a, Paola Laiza Campos^a, Jesús A. Sánchez-González^a, Guillermo Linares Luján^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 23 Julio del 2012, aceptado el 15 de Agosto del 2012

RESUMEN

En el presente estudio se 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. En la segunda etapa, se utilizaron diferentes concentraciones de Bentonita, coadyuvante pre seleccionado entre 5 g/hL y 12 g/hL y diferentes presiones de vacío entre -0.8 bar y -0.1 bar para la filtración; se pudo observar que las variables no fueron significativas para la transmitancia medida, pero por el contrario ambas variables en interacción fueron significativas en el tiempo de filtración, obteniéndose el mejor resultado con concentraciones de bentonita cercanas a 12 g/hL y presiones cercanas a -0.3 bar y -0.1 bar.

Palabras clave: Chicha de Jora, bentonita, clarificación, presión de vacío.

ABSTRACT

The present study evaluated the influence of different concentrations of a preselected adjuvant and the vacuum pressure on the filtration time and the transmittance on the clarification process of the "Chicha de Jora". The process was performed in two stages, the first evaluated settling velocities of two adjuvants (hydrated aluminum silicate and Colapis) obtaining a higher speed sedimented with the samples that were treated with hydrated aluminum silicate or bentonite. In the second stage, we used different concentrations of bentonite, preselected adjuvant between 5 g/hL and 12 g/hL and different vacuum pressures between -0.8 bar and -0.1 bar for filtration, here we found that our variables were not significant for the transmittance measurement, but instead the two interacting variables were significant in the filtration time, obtaining the best result with bentonite concentrations near to 12 g/hL and pressures close to -0.3 bar and -0.1 bar.

Keywords: Chicha de Jora, Bentonite, Clarification, vacuum pressure.

1. Introducción

La Chicha de Jora, es un producto oriundo del Perú, la cual es una bebida alcohólica que se obtiene por fermentación natural de la materia azucarada contenida en el mosto de malta de maíz, con un contenido alcohólico de 9% en volumen (León, 2010). Es elaborada artesanalmente en muchas partes del Perú especialmente en la costa norte, como en el distrito de Catacaos, en Piura, así como en los

pueblos andinos, especialmente Cusco y Arequipa.

Su elaboración depende de la jora, que es el nombre que reciben los granos de maíz germinado, los cuales son obtenidos del remojo del maíz; ya sea en pozas de germinación o en sacos de yute, para luego trasladarlas a unas pozas de mayor área hasta que emerja el coleóptilo, luego de lo cual los granos pasan a ser secados al sol. Luego se procede a la molienda de la jora y

posteriormente a la fermentación de ésta, para finalmente obtener la bebida alcohólica (IICA - PROCIANDINO, 1995).

Como es sabido, los licores después de un prolongado reposo tienden a pasar por un proceso de clarificación mediante el cual se lleva a cabo la separación de las partículas responsables de la turbidez, estos procesos son lentos y requieren de varios años para que alcancen la total limpidez y estabilidad deseada; en consecuencia, es necesario utilizar ciertos procedimientos para acelerar esta etapa.

En un proceso de sedimentación de licores se pueden utilizar coadyuvantes como bentonita, gelatina, caseína, carbono o clara de huevo; para luego aplicar adicionalmente operaciones de centrifugación, decantación y/o filtración a través de mallas de asbesto, celulosa o derivados de esta para obtener un producto libre de levaduras u otros productos que enturbian el licor (García *et al.*, 2004).

Entre las características que los coadyuvantes de sedimentación deben reunir son de las de no influir en el olor, color, ni sabor propio de los vinos; además deben ser de fácil preparación y no quitar al licor en proporción sensible ninguno de sus componentes.

La bentonita es un material parecido a la arcilla de origen volcánico la cual está disponible comercialmente para su uso en vinos (Morris y Main, 2007).

El modo de acción de la bentonita es electrostático. La superficie plana de una plaqueta de bentonita hidratada se carga negativamente, por lo que las partículas de carga positiva del licor son absorbidas por la superficie de la bentonita (Vialatte, 2000)

La reacción se lleva a cabo rápidamente pero la gravedad hace que la bentonita se deposite lentamente en el fondo del contenedor. La bentonita se utiliza principalmente para eliminar proteínas (proteínas estabilizantes) de los licores y jugos. La bentonita también se puede usar para eliminar polifenoloxidasas del jugo.

La concentración de bentonita mayormente utilizada fluctúa entre 5 g/hL a 10 g/hL (Morris y Main, 2007).

La cola de pescado (colapís) proviene de la vejiga natatoria de determinados peces. Se presenta en forma de virutas o de fideos. Su preparación es en frío nunca debe calentarse. Esta se clarifica mejor con dosis más pequeñas, proporciona más brillo y no sobreencola. Pero produce lías voluminosas, sedimenta mal y se adhiere a las paredes de los toneles; y son necesarios dos trasiego (Molina, 2000)

La filtración es una operación básica, muy utilizada en la agroindustria, consistente en la separación de partículas sólidas de una suspensión mediante un medio filtrante que deja pasar el líquido y retiene la torta. Las partículas sólidas retenidas sobre el medio filtrante van formando un lecho poroso, a través del cual circula el fluido, denominado filtración.

La función del medio filtrante es, generalmente, la de actuar como soporte para la torta filtrante mientras las capas iniciales de la misma proporcionan el verdadero filtro, este debe ser mecánicamente fuerte, resistente a la acción corrosiva del fluido y debe ofrecer tan poca resistencia como sea posible al flujo de filtración.

Según Jerez (2008) el diámetro de los poros del medio filtrante tendrá que ser de un rango de diámetro de 0.1 μm hasta 100 μm . Sin embargo al colocar un menor diámetro aumentará su torta de filtración y por consiguiente también se incrementará los tiempos de este, además indica que una de las formas para reducir el tiempo de filtración es aumentando la gradiente de presión del proceso de filtración.

Los filtros también son muy variados: la elección del más adecuado así como de las condiciones óptimas de operación, son función de diversos factores entre los que cabe destacar las propiedades del fluido como viscosidad, densidad y propiedades corrosivas; la naturaleza del sólido como tamaño y forma de la partícula y

distribución de tamaños; la concentración de los sólidos en la suspensión a filtrar, etc.

Es por ello que esta investigación se realizó con la finalidad de mejorar el aspecto de la chicha de jora mediante la utilización de procesos de sedimentación y filtración al vacío en su clarificación, promoviendo así el consumo de esta bebida como licor y presentándola con una mejor apariencia y atractivo para el consumidor.

2. Materiales y métodos

Materiales

Muestra: Chicha de Jora proveniente de La región La Libertad, provincia de Trujillo. La cual fue elaborada con Jora (maíz germinado), azúcar, chancaca y agua.

Coadyuvantes: Bentonita, Colapís.

Equipo de filtración: Bomba de vacío (modelo DOA-P504-BN, marca Gast), Embudo Buchner de porcelana, Papel filtro (tamaño de poro entre 1 μm y 3 μm , gramaje de 100 g/cm^2 , diámetro de 155 mm, espesor de 0.2 mm, cenizas menores a 0.001), Kitasato de 1 L de capacidad (Figura 1). Balanza analítica (modelo CPA224S, legibilidad 0.1 mg, marca Sartorius AG Germany), Espectrofotómetro (spectronic 20, marca Genesys), 33 Recipientes de vidrio (altura 40 cm, diámetro 7.2 cm), 2 Pipetas graduadas de 10 ml, Escuadra angular (45°). Talón de perfil de aluminio, 24 celdas estándar para espectrofotometría de 2.5 mL de capacidad y un cronómetro digital.

Metodología

La Chicha de Jora elaborada artesanalmente se procesó como sigue: Se procedió a la sedimentación del líquido utilizando dos coadyuvantes distintos (Colapís y Bentonita). Para evaluar el mejor coadyuvante se utilizó un Diseño completamente al Azar (DCA) ($\alpha=0.05$) (Naghi, 2005), para lo cual se prepararon 9 muestras de 600 mL, de las cuales 3 muestras contenían colapís en una concentración de 0.6×10^{-3} g/mL, 3

muestras contenían bentonita (7.5 g/hL) y 3 muestras testigo. El tiempo de sedimentación fue de una semana (168 h). Al término de esta primera etapa se determinó las respectivas velocidades terminales de sedimentación trazando una tangente en el punto crítico de la curva de sedimentación (Geankoplis, 2008) y se realizó el análisis de varianza. El análisis de varianza sirvió para poder demostrar diferencia significativa entre los tratamientos. También se analizó el tratamiento significativamente mayor mediante las comparaciones múltiples de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Tabla 1: Diseño codificado $k = 2$ para las variables independientes.

X_1	X_2	X_1 : ccBentonita (g/hL)	X_2 : Presión de Filtración (bar)
1	1	10.69	-0.202
1	-1	10.69	-0.698
-1	1	4.31	-0.202
-1	-1	4.31	-0.698
1.41	0	12.00	-0.450
-1.41	0	3.00	-0.450
0	1.41	7.50	-0.100
0	-1.41	7.50	-0.800
0	0	7.50	-0.450
0	0	7.50	-0.450
0	0	7.50	-0.450

En la segunda etapa se consideró a la concentración de bentonita y a la presión de vacío como X_1 y X_2 respectivamente mientras que al tiempo de filtración y la transmitancia se le consideró como Y_1 y Y_2 respectivamente. En esta etapa de la experiencia se evaluó el efecto combinado de los distintos valores de X_1 (proceso de sedimentación) y X_2 (proceso de filtración); sobre Y_1 y Y_2 (Flanzy, 2003). Dicha evaluación se realizó utilizando un Diseño Compuesto Central Rotacional, (Anau, 1996) (DCCR) de $2^2 + 4$ puntos + 3 repeticiones en el punto central (Tabla 1). Entre las variables independientes, X_1 varió entre 3 g/hL (-1.41) y 12 g/hL (+1.41), mientras que X_2 varió entre -0.8 bar (-1.41) a -0.1 bar (+1.41).

De la etapa de sedimentación se extrajo 500 mL de Chicha de Jora de cada tratamiento para realizar la filtración en el equipo de filtración al vacío (Figura 1). Para la medición del tiempo se utilizó un cronómetro digital y en el caso de la transmitancia se utilizó un espectrofotómetro tomando como muestra en blanco 2.5 mL de agua destilada y una longitud de onda referencial de 550 nm.

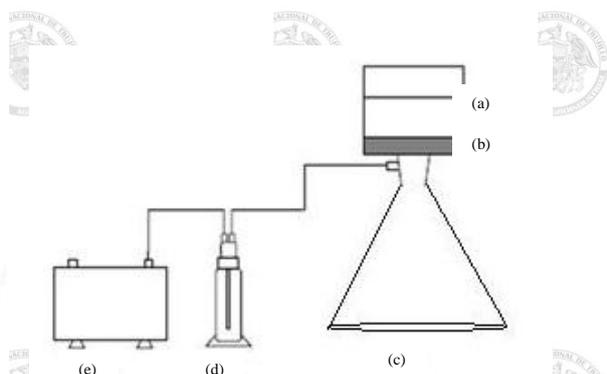


Figura 1. Equipo de filtración al vacío. (a) Filtro (b) Medio Filtrante (c) Kitasato (d) Trampa de vacío (e) Bomba y controlador de vacío

3. Resultados y discusión

Preselección del coadyuvante:

La elección del tipo de coadyuvante cumple un papel imprescindible en la sedimentación (estabilización) y en menos medida en la clarificación de bebidas fermentadas.

Según Flanzky (2003) para la elección del tipo de coadyuvante y la concentración adecuada se utilizan diversos criterios y test de estabilidad. Tales criterios pueden basarse en el valor económico del coadyuvante, la disponibilidad del mismo, entre otros. Para la determinación del mejor coadyuvante en Chicha de Jora se utilizaron los criterios antes mencionados además se consideró el color que el coadyuvante podría conferir a la chicha de jora, en este caso el uso de bentonita le provee un color rojo ladrillo (Stankovi, 2004). También se consideró el cálculo de la velocidad terminal de sedimentación de cada coadyuvante (Tabla 2).

Tabla 2: Velocidad terminal promedio de sedimentación de los tratamientos con los bentonita colapiz y testigo

	Bentonita	Colapiz	Testigo
v_f	3.65×10^{-07}	2.12×10^{-07}	2.15×10^{-07}
	$\pm 9.38 \times 10^{-09}$	$\pm 4.66 \times 10^{-08}$	$\pm 9.28 \times 10^{-08}$

Con los criterios antes mencionados y según el análisis estadístico realizado (DCA, $\alpha = 0.05$), se obtuvo como resultado diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 3), lo que permitió el posterior cálculo del mejor tratamiento mediante las comparaciones múltiples de Duncan. Todos estos cálculos desarrollados apuntaron hacia la obtención del mejor tratamiento el cual fue bentonita.

Lo cual coincide con Vanrell *et al.* (2004) que al utilizar la gelatina y bentonita para clarificar el vino blanco obtuvieron que a concentraciones de gelatina de (3g/hL) provocó una ligera disminución en la concentración de proteínas. Por el contrario la bentonita (30 g/hL) dio lugar a una drástica disminución de la concentración de proteínas.

Por otro Lado Dubourdieu *et al.* (1988) aplicaron bentotest para eliminar por completo las proteínas del vino durante la estabilización.

Tabla 3. Análisis de varianza para la velocidad terminal de sedimentación.

Fuente	GL	SS	SM	F_{calc}	F_t
Trat.	2	4.555×10^{-14}	2.278×10^{-14}	6,23	5,14
Error	6	2.173×10^{-14}	3.621×10^{-15}		
Total	8	6.728×10^{-14}			

Clarificación de Chicha de Jora

En la Tabla 4 se presenta los resultados del efecto combinado de X_1 y X_2 aplicado en la sedimentación y filtración respectivamente, sobre Y_1 y Y_2 (Flanzky, 2003).

Los valores más pequeños de Y_1 se alcanzaron en los tratamientos 1, 9 y 11, en los cuales se utilizaron valores de X_2 relativamente bajos y valores de X_1 relativamente altas (Tabla 4). Se observó

también que para alcanzar estos fines tanto X_1 como X_2 juegan un papel importante, ya que la disminución de uno provoca un notable aumento en Y_1 .

El análisis de regresión (Tabla 5) demuestra con más claridad la influencia de X_1 y X_2 sobre Y_1 mediante los valores de significancia calculados para cada factor.

Para el caso de la variable X_1 el valor de significancia para el factor concentración de bentonita lineal es menor al 5 % mientras que el factor concentración de bentonita cuadrático presenta un valor

mayor al 5 %, en cuanto a los factores presión de filtración lineal y cuadrático, ambos tienen un valor de significancia menor a 5 % esto quiere decir que a valores de X_1 entre 7 g/hL y 11 g/hL y a valores de X_2 entre -0.2 bar y -0.5 bar reducen significativamente el tiempo de filtrado.

Morris y Main (2007), encontraron que la concentración de bentonita mayormente utilizada en procesos de estabilización fluctúa entre 5 g/hL a 10 g/hL.

Tabla 4. Tiempo de filtración y transmitancia de la Chicha de Jora tratada.

Tratamiento	Variables Independientes		Variables Dependientes	
	X_1 : CcBentonita (g/hL)	X_2 : Presión de filtración(bar)	Y_1 : Tiempo de filtración (s)	Y_2 : Transmitancia (%)
1	10.69	-0.202	464	9.1
2	10.69	-0.698	1110	9.2
3	4.31	-0.202	4400	10.8
4	4.31	-0.698	476	8.8
5	12.00	-0.450	704	8.5
6	3.00	-0.450	1106	8.0
7	7.50	-0.100	2544	10.6
8	7.50	-0.800	1565	9.6
9	7.50	-0.450	473	9.3
10	7.50	-0.450	673	9.6
11	7.50	-0.450	435	8.3

Tabla 5. Análisis de Regresión para el tiempo de filtración y transmitancia.

Factor	Tiempo de Filtración		Transmitancia	
	Coefficientes	p	Coefficientes	P
Media/Intercepto	11451.16	0.001731	12.33777	0.001652
(1) cc Bentonita (g/hL)(L)	-1128.38	0.028923	0.17160	0.683162
cc Bentonita (g/hL)(Q)	21.83	0.371796	-0.03288	0.224566
(2) Presión de filtración(bar)(L)	24861.88	0.002052	15.34222	0.019439
Presión de filtración (bar)(Q)	12992.04	0.016724	9.66686	0.056953
1L x 2L	-1442.16	0.008028	-0.66270	0.125930

Mientras que 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.

Esto se observa con claridad en el análisis de regresión donde cambios pequeños en la caída de presión son suficientes para

causar efecto significativo sobre el tiempo de filtrado.

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:

$$Y_1 = 11451.16 - 1128.38 X_1 + 24861.88 X_2 + 12992.04 X_2^2 - 1442.16 X_1 X_2$$

De la Tabla 5 se observa que el modelo para el tiempo de filtración es significativo ($F_{cal} > F_{tab}$), y junto a su alto grado de

determinación ($R^2 = 0.90$; y R ajustado = 0.81) indica lo adecuado del modelo para predecir Y_1 . Esta validación estadística permite interpretar los resultados mediante las superficies de respuesta y de contorno para el tiempo de filtración en función de la concentración de Bentonita y la presión de filtración. Los menores tiempos se muestran en las regiones de color verde, mientras que los tiempos más elevados para la clarificación se dan en la región de color rojo.

Tabla 6. Análisis de varianza para el tiempo de filtración y transmitancia

FUENTE	Tiempo de Filtración					Transmitancia				
	SS	GL	MS	F cal	F tab	SS	GL	MS	F cal	F tab
MODELO	13685208,4	5	2737041,679	11,76	5,05	5,136	5	1,0272	1,98	5,05
ERROR	1163523,2	5	232704,648			2,591	5	0,5182		
TOTAL	14848731,6	10				7,727	10			

Para el caso de Y_2 el efecto de X_1 y X_2 fue pequeño. La Tabla 5 muestra que solo el factor presión de vacío causo efecto sobre la transmitancia mientras que los factores presión de vacío cuadrático, concentración de bentonita lineal, concentración de bentonita cuadrático y la interacción de entre presión de vacío y concentración de bentonita no causaron efecto, esto nos conduce a pensar que para aumentar la

transmitancia en chicha de jora se requiere mayores concentraciones de bentonita o no se requiere.

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. Este autor considera solo al carbón activado y a las tierras diatomáceas como muy efectivas mas deja fuera a la bentonita.

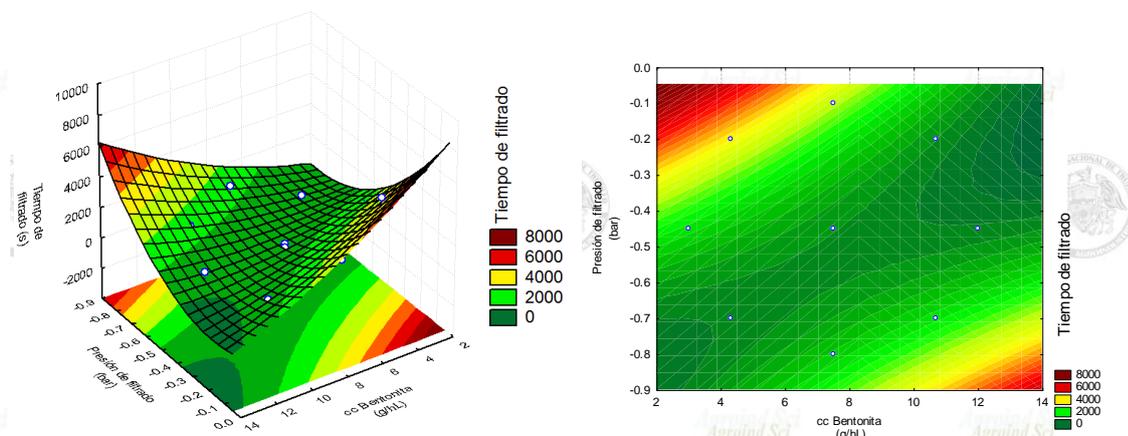


Figura 2. Superficie respuesta y de contorno para el Tiempo de filtración.

Por otro lado, el modelo de la transmitancia, presenta un R^2 de 0,576, el cual nos indica que las variables estudiadas

explican el 57.6% de la transmitancia. Esto quiere decir, que el modelo no predice esta

variable dependiente, indicando que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

Tanto el análisis de regresión como el análisis de varianza para la transmitancia (Tabla 4 y 5), mostraron que los coeficientes de regresión para el modelo matemático estimado no tenían suficiente significancia para una predicción del fenómeno de clarificación.

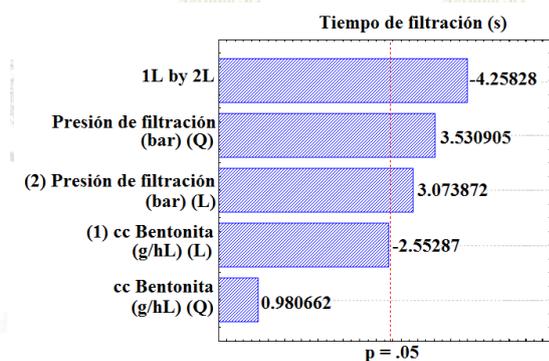


Figura 3. Análisis de Pareto para efectos individuales de las variables independientes.

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 interacción de la concentración de bentonita con la presión de vacío; además el efecto individual de la presión de filtración (tanto lineal como cuadrática) ejercen la mayoría de los efectos sobre dicha variable dependiente.

4. Conclusiones

Se 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.

5. Bibliografía

- Anau, J. 1996. Métodos y técnicas avanzadas de análisis de datos en ciencias del comportamiento. Primera Edición. Editorial de la Universidad de Barcelona. Barcelona, España.
- Betancurt, P.; Gioscia, R.; Bentancor, J.; Arcía, P. 2008. Producto a base de manzana aprovechamiento agroindustrial de un excedente. INNOTEC, III (3), 72-78.
- Castellanos, O.; Cruz, G.; Gonzáles, G.; Rentería, A. 2004. Alternativas para la clarificación de jarabe de glucosa. Ingeniería e investigación, Issue, 8-21.
- 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>.
- Dubourdieu, D.; Serrano, M.; Vannier, A. C.; Ribéreau-gayon, P. 1988. Étude comparée des tests de stabilité protéique. Conn. Vigne Vin, 261-273.
- Flanzy, C. 2003. Enología: fundamentos científicos y tecnológicos. Technique et documentation. París, Francia.
- García, G.; Guintero, R.; López, M. 2004. Biotecnología Alimentaria. Editorial Limusa. México.
- Geankoplis, C. 2008. Procesos de transporte y Operaciones unitarias. Tercera Edición. Continental S.A. Mexico.
- Hidalgo, J. 2002. Tratado de Enología. Ediciones Mundi prensa. Madrid, España.
- IICA - PROCIANDINO. 1995. Experiencias en el cultivo del maíz en el área andina Volumen III. Quito, Ecuador.
- Jerez, L. 2008. Control e inversión de la Sacarosa en el Proceso de elaboración de jarabe simple de bebidas carbonatadas. Universidad de San Carlos, Guatemala.

Labscience, A. 2009. Filtración y separación. Catálogo 2009-2010. Madrid, España.

León, L. 2010. Proyecto de prefactibilidad para una planta productora de Chicha de Jora. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Molina, U. 2000. Teoría de la Clarificación en Mostos y Vinos y sus Aplicaciones Prácticas. Primera Edición. Editorial Mundo Prensa. Madrid, España.

Morris, L.; Main, L. 2007. Agentes Clarificantes para vino. Mundo Alimenticio.

Naghi, M. 2005. Metodología de la investigación. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México.

Quillama, E. 2003. Principios activos de bacterias lácticas asociadas a chicha de jora y masato. Boletín 50, ISSN 1727-4739, 10-12.

Stankovic, S.; Jovic, S.; Zivkovic, J. 2004. Bentonite and Gelatine Impact on the Young Red Wine Coloured Matter. Food Technol. Biotechnol. 183-188.

Vanrell, G.; Canals, R.; Canals, J.; Zamora, F. 2004. Influencia de la clarificación sobre la fracción proteica del vino blanco y Efecto preventivo sobre la quiebra proteica y consecuencias organolépticas. Cataluña, España.

Vialatte, M. 2000. Las Bentonitas. Oenologie 12.020 SP. Francia.