

Mejoras tecnológicas dentro del proceso de fermentación de cerveza en C.B.N. “Planta Taquiña”

Technological improvements in the beer fermentation process at C.B.N. “Planta Taquiña”

1. Vanessa Alejandra Mendizábal Quevedo
2. Javier Paz Rodríguez
3. Marcelo Cuadros Saavedra

Resumen

El tema central de este trabajo de investigación se encuentra dirigido a la mejora de la tecnología de calidad aplicada en plantas cerveceras, mismo que se enfocó en el proceso de fermentación, específicamente hablando de la aireación estéril del mosto, en el cual la mejora tecnológica consistía en la instalación de una serie de filtros para garantizar el suministro de aire estéril al mosto frío, y al mismo tiempo la puesta en marcha de un rotámetro, el cual nos permitiría estandarizar y tener un mejor control caudal de aire que se inyecta al mosto frío, viendo la forma de proporcionar a las levaduras la cantidad necesaria óptima de aire completamente estéril para que la misma se pueda desarrollar eficientemente, fortaleciendo su plasmalema y haciéndose menos vulnerable a los cambios del medio, observando los efectos plasmados en el proceso de fermentación, mejorando ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, logrando disminuir el tiempo de generación de la levadura, obteniendo de esta forma un producto final de calidad con las características que lo definen. Llegando a obtener como resultado la implementación de cuatro filtros para la esterilización del aire (pre-filtro, filtro coalescente, filtro de carbón activo y filtro microbiológico) y la puesta en marcha de un rotámetro nuevo, siendo necesario evaluar este proyecto desde el punto de vista económico, mostrando así como podría la empresa evitar un gasto por posible contaminación del producto con la implementación de esta tecnología, asegurando de esta manera la calidad del producto y el prestigio de la empresa.

Palabras clave: Tecnologías cerveceras. Inocuidad alimentaria. Aseguramiento de la calidad. Trazabilidad. Fermentación. Aire estéril. Oxígeno disuelto.

Abstract

The central theme of this research is directed to the improvement of quality technology applied in brewing plants, which was focused on the fermentation process, specifically on the sterile aeration of the must, in which the technological improvement consisted in the installation of a series of filters to guarantee the supply of sterile air to the cold must, and at the same time the implementation of a rotameter, which would allow us to standardize and have a better control of flow air that is injected into the cold must, searching to provide the yeast with the optimum amount of completely sterile air so that it can develop efficiently, strengthening its cellular membrane and becoming less vulnerable to changes of the environment, observing the effects captured in the fermentation process, improving certain physico-chemical and microbiological parameters, reducing the time of the yeast generation, this way obtaining a final quality product with the characteristics that define it. The result achieved is the implementation of four filters for air sterilization (pre-filter, coalescing filter, active carbon filter and microbiological filter) and a new rotameter. It is necessary to evaluate this project from the economic point of view, showing, that the company could avoid an expense for possible contamination of the product with the implementation of this technology, thus ensuring the quality of the product and the prestige of the company.

Keywords: Brewing technologies. Food safety. Quality assurance. Traceability. Fermentation. Sterile air. Dissolved oxygen.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria cervecera compite por mercados globalizados y de mayor agresividad para conseguir a sus consumidores. Para subsistir en este entorno es necesario elaborar productos de calidad con la mayor eficiencia posible.

Para ello, constantemente se van implementando mejoras tecnológicas, realizando controles de calidad y velando por la integridad del producto, garantizando de esta manera la inocuidad del mismo al momento de ser ofrecido al consumidor.

1. Facultad de Tecnología, Departamento de Industrias, Universidad del Valle Cochabamba. vanemq1214@gmail.com
2. Facultad de Tecnología, Departamento de Industrias, Universidad del Valle Cochabamba.
3. Facultad de Tecnología, Departamento de Industrias, Universidad del Valle Cochabamba.

Lo que se pretende en este trabajo es poder realizar mejoras tecnológicas preventivas que permitan estandarizar y controlar de mejor manera el proceso de fermentación de cerveza; todo esto de una manera en la que se asegure su sustentabilidad del proyecto y mejora continua.

En dicho proceso de fermentación, la levadura comienza a reproducirse y a medida que esto ocurre, genera etanol y dióxido de carbono; productos que son importantes en la producción de cerveza, por ello la importancia de proporcionar a la levadura la cantidad de oxígeno disuelto en el mosto necesario para que la misma realice sus funciones metabólicas de manera más eficiente.

Dichas mejoras tecnológicas reportaran beneficios tales como: la estandarización del proceso, una mayor trazabilidad y un control más riguroso de las variables críticas, evitando la formación de compuestos no deseables en la cerveza, obteniendo de esta manera un producto de mayor calidad e inocuo para el consumo humano.

METODOLOGÍA

Para este trabajo se realizó seguimiento a diferentes lotes de cerveza, controlando que el aire que se vaya a inyectar al mosto frío sea estéril mediante el uso de una serie de filtros, cada uno de ellos con distintas funciones, los cuales garantizan que el aire no vaya a estar contaminado, para posteriormente poder estandarizar la cantidad de aire óptima que permitirá un desarrollo eficiente de la levadura en la etapa de fermentación.

Análisis de parámetros que influyen en la fermentación

Fue necesario realizar un seguimiento y control de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del proceso de fermentación en cada uno de los lotes, tal como se puede observar en la tabla N°1:

Tabla N°1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos medidos en la etapa de fermentación

Parámetro	Equipo utilizado	Técnica
Diacetilo	Espectrofotómetro	El cual se analiza tomando una muestra de cerveza verde pasteurizada. Una vez armado el equipo de destilación, se debe recoger 18 ml de destilado de cerveza. Luego se debe añadir 1.4 ml de Ácido clorhídrico y deja reposar por unos 15 min. Finalmente se lee el resultado en el Espectrofotómetro con una longitud de onda y un factor k ya establecidos por la empresa.
pH	pHmetro	Para poder medir el pH del líquido en la etapa de fermentación, no es necesario filtrarla, la medición se realiza usando un pHmetro calibrado, teniendo en cuenta que la muestra debe estar a 20°C.
Extracto	Monitor de cerveza Anton Paar	Para el cual se debe tomar la muestra del tanque de fermentación al que se desea realizar seguimiento, después se la debe filtrar. Finalmente, en dos tubos viales llevar el mosto filtrado al Monitor de cerveza de Anton Paar para leer el valor del extracto original, aparente y real.
Oxígeno disuelto en el mosto	Medidor de oxígeno	Para este análisis, se debe tomar una muestra de mosto aireado en el lugar e inmediatamente medir el oxígeno disuelto con ayuda del medidor de oxígeno.
Recuento celular de levaduras	Microscopio	El cual se mide tomando la muestra del tanque de fermentación, agregando 0.5 ml en un vaso de 100 ml, con 7.5 ml de ácido clorhídrico (0.001 N). Agitar y finalmente con la ayuda de un capilar colocar la muestra en la cámara de Neubauer y visualizar la cantidad de células de levadura en el microscopio.

Fuente: Elaboración propia, 2017

Siendo necesarios todos estos análisis para demostrar las mejoras a las que se pretenden llegar con la aplicación de la nueva tecnología.

Análisis del tiempo de generación de lavaduras por número de carga

Con este análisis de la tasa de crecimiento de la levadura, se pudo definir la concentración de oxígeno disuelto en la que se obtienen mejores resultados, dicho en otras palabras, concentración en la que la levadura se desarrolla de una manera más eficiente.

Las principales reacciones de la síntesis celular son reacciones de polimerización, proceso por el cual los polímeros (macromoléculas) se sintetizan a partir de monómeros: síntesis de DNA, RNA y proteínas, que una vez sintetizadas se ensamblan formando las estructuras celulares tales como la envuelta celular, flagelos, ribosomas, cuerpos de inclusión, etc. En la mayor parte de los microorganismos este crecimiento continúa hasta que las células se dividen en dos nuevas células.

El tiempo que requiere una célula para completar su ciclo es muy variable y depende de factores nutricionales y genéticos. El intervalo que transcurre en la formación de dos células a partir de una célula se llama generación y el tiempo requerido para esto es el tiempo de generación.

Para poder calcular el tiempo de generación de la levadura es necesario tener en cuenta la siguiente ecuación.

$$\ln N = \ln N_0 + (\ln 2 / \tau) t$$

Donde:

N = Número de bacterias

N₀ = Número de células en el momento actual

τ = Tiempo de generación

t = Tiempo transcurrido

Determinación de la relación costo/beneficio

Finalmente, se hizo una evaluación económica para la adquisición e implementación de esta nueva tecnología analizando la relación costo/beneficio, determinado como beneficio el valor total monetario de los equipos a implementar para evitar dicho derrame de producto por contaminación y como costo al precio que se pagaría por derrame de producto y la mano de obra implicada en dicho procedimiento.

El costo de implementación de esta mejora tecnológica se describe en la tabla N°2, la cual se muestra a continuación:

Tabla N°2. Costos de implementación

Costos de implementación	
Equipos que incurren inversiones	50758 Bs.
Material necesario para la implementación	7753 Bs.
Mano de obra para la instalación	2500 Bs.
Total inversión	61011 Bs.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Al ser esta una propuesta de mejora que consiste en asegurar la calidad del producto, el beneficio se puede ver reflejado en garantizar la calidad del producto y que éste llegue de una manera inocua al consumidor, lo mismo que en términos monetarios se referiría a costo de producción perdido, más los costos de la no calidad, en caso que -por contaminación del aire- el producto se contamine y se lo tenga que derramar.

En la tabla N°3 se muestra el costo total de lo que implicaría un derrame de producto por contaminación.

Tabla N°3. Costos de oportunidad

Costo de producción botella		Costo de producción lata	
153.9 Bs/HI		337.56 Bs/ HI	
Costo del derrame			
Costo de MO	Cantidad de MO	Cantidad de derrame por día	Costo de Derrame
156 Bs / Jornal	3 personas	48 HL	9.75 Bs/HI
		Tanque de 1600 HI	Tanque de 3500 HI
Costo total derrame lata (Bs)		486234	1094026,5
Costo total derrame botella (Bs)		229110	515497,5

Fuente: Elaboración propia, 2016

Ahora bien, para observar la relación Costo/Beneficio, se consideró lo que costaría la implementación de dicha mejora tecnológica para evitar la contaminación de producto, a comparación del costo más bajo de derrame, el cual llegaría a suceder si dicha cerveza se llegara a contaminar.

RESULTADOS

Una vez ya analizado el ámbito económico y siendo el mismo factible, se hizo posible la instalación de una serie de filtros, los cuales garantizan que el flujo de aire sea estéril al momento de inyectarse al mosto, libre todos aquellos microorganismos que podrían llegar a influir en la calidad del producto, evitando una posible contaminación y asegurando la calidad del mismo, ya que cada uno de los filtros sirve para un propósito específico, tal como se muestra en la tabla N°4.

Tabla N°4. Filtros instalados: características y ventajas

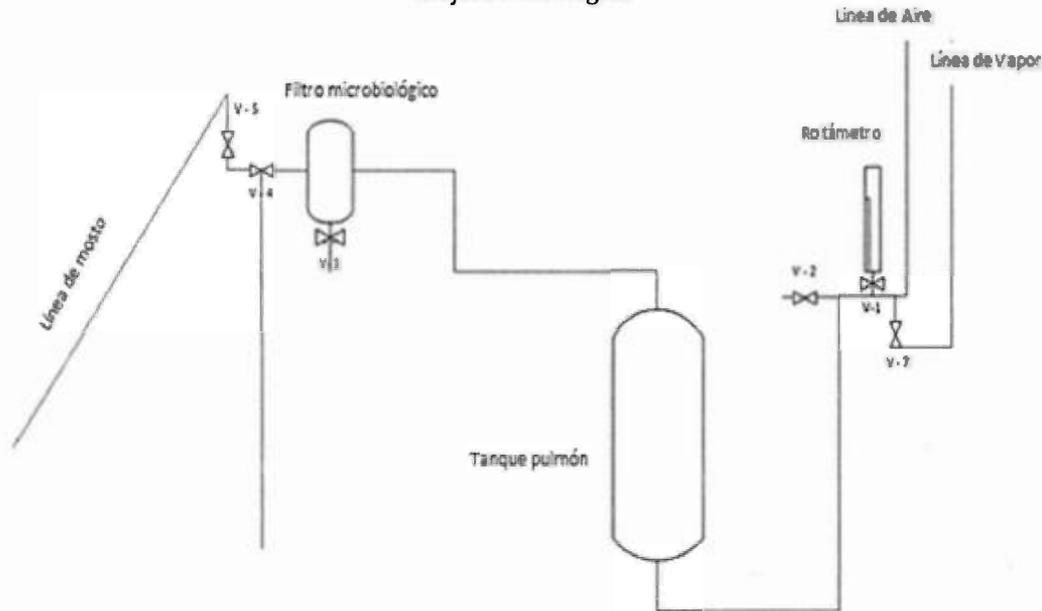
Tipo de Filtro	Características	Ventajas
 <p>Pre - filtro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Soportes de acero inoxidable con interior y exterior expandido para la sujeción segura del medio de filtro. • Elemento filtrante resistente a altas temperaturas. • La eliminación de aerosoles líquidos y partículas sólidas de hasta 0,01 micras • Apropriado para grandes superficies 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe peligro de corrosión • Baja caída de presión diferencial y alto rendimiento. • Alto nivel de eliminación de contaminantes. • Alta capacidad de retención de suciedad, larga vida útil.
 <p>Filtro coalescente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manguitos de soporte de acero inoxidable interior y exterior expandido para la sujeción segura del medio de filtro • Medio filtrante en profundidad. • La eliminación de aerosoles líquidos y partículas sólidas de hasta 0,01 micras. • Alta superficie de contacto. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe peligro de corrosión. • Baja caída de presión diferencial. • Eficiencia de retención validada, alto nivel de eliminación de contaminantes. • Alta capacidad de retención de suciedad, larga vida útil.
 <p>Filtro de carbón activado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta densidad de empaquetamiento y la superficie interior de activado carbón. • Difusor de flujo en la entrada del filtro. • El carbón activado se encuentra incorporado en el soporte de filtro. • Elemento filtrante de microfibra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidad de adsorción y una mayor eficiencia que garantiza un óptimo rendimiento de purificación durante la vida útil del filtro. • Reduce el flujo de la resistencia y asegurar el flujo de aire óptimo a través del material de adsorción. • Prevención de la abrasión de carbón activado.
 <p>Filtro microbiológico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de acero inoxidable de alta calidad que garantiza una excelente estabilidad mecánica, la resistencia térmica de hasta 200 °C. • Medios inherentemente hidrofóbicos. • Retención validada para bacterias y virus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Más de 100 ciclos de esterilización posibles en condiciones específicas, también soporta la fase de vapor de período de hidrógeno en la etapa de esterilización. • Es químicamente inerte y desarrollado específicamente para la eliminación de bacterias y virus • Proporciona un control de garantía de calidad para aplicaciones asépticas.

Fuente: Elaboración propia, 2016

La finalidad del rotámetro con el cual cuenta ahora el Sector de Fermentación es el de llevar a cabo un control de la cantidad de aire suministrado al mosto y de esta manera estandarizar esta parte del proceso, proporcionándole a la levadura la cantidad de aire necesaria, para que la aproveche de la mejor manera posible y de esta forma pueda desarrollarse eficazmente, además de permitir una mayor trazabilidad.

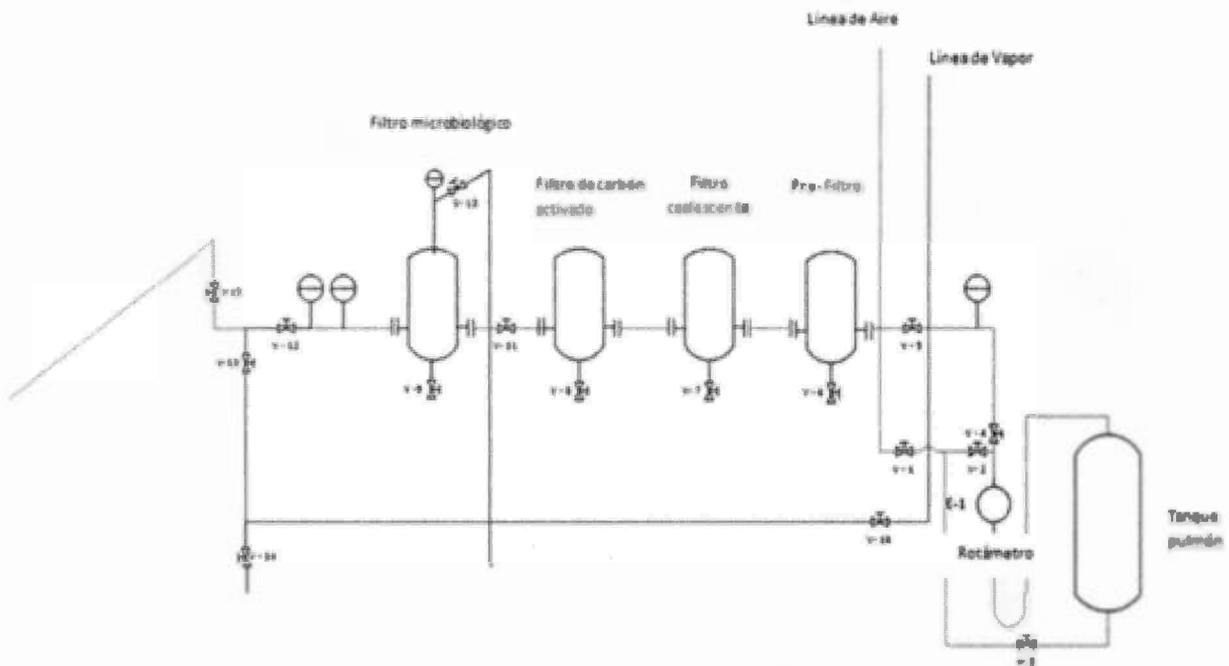
A continuación, se muestra la figura N°1 en la que se observa el diagrama de cómo se encontraba el Subárea de Aireación del mosto dentro el sector de Fermentación antes de la mejora tecnológica y en la figura N°2, el Subárea de Aireación del mosto dentro el sector de Fermentación una vez implementado la serie de filtros y la puesta en marcha del rotámetro.

Figura N°1. Diagrama del Subárea de Aireación del mosto en el Sector de Fermentación antes de la mejora tecnológica



Fuente: Elaboración propia, 2016

Figura N°2. Diagrama del Sub - área de Aireación del mosto en el Sector de Fermentación después de la mejora



Fuente: Elaboración propia, 2016

Los resultados obtenidos según la metodología son:

• **Análisis de parámetros que influyen en la fermentación**

Los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las levaduras en la fermentación alcohólica son muy complejos, ya que inciden al mismo tiempo una gran cantidad de parámetros, que en ocasiones se potencian y en otras se anulan. Por lo que a continuación se muestran los datos obtenidos de algunos de estos parámetros:

Diacetilo: hubo un descenso de producción de diacetilo en la etapa de fermentación, de 425 a 323 ppb, una vez implementado los filtros y regulado el flujo de aire estéril inyectado al mosto. Esto es favorable, ya que este es un subproducto no deseado durante el proceso de fermentación.

pH: los valores de pH no tuvieron mucha variación a lo largo de la implementación de la tecnología, llegando hasta un rango de 4.25 - 4.35, los cuales son valores óptimos para favorecer el crecimiento y la actividad fermentativa.

Extracto: según los datos recolectados del extracto aparente en el seguimiento del proceso de fermentación de diferentes cargas, se pudo observar que no hubo variación a lo largo de todo el proceso de implementación, oscilando entre 2.5 - 2.9 °P.

Recuento celular: se pudo observar que el recuento celular promedio de los lotes, después de la implementación de la nueva tecnología, ascendió a 96 millones de células/ ml de cerveza verde, de un promedio de 48.5 millones de células/ml de cerveza verde que se tenía antes de dicha implementación.

Oxígeno disuelto en el mosto frío: realizando el correspondiente análisis de los datos obtenidos antes y después de la implementación de dicha mejora tecnológica, se puede decir que, para poder obtener un crecimiento celular más eficaz, dando como resultado un tiempo de generación de levadura menor, el oxígeno disuelto en el mosto debe oscilar entre 6.90 - 7.00 ppm.

• **Análisis del tiempo de generación de levaduras por número de carga**

Usando la siguiente ecuación:

$$\ln N = \ln N_0 + (\ln 2 / T) t$$

Se pudo realizar el análisis del tiempo de generación de la levadura en cada uno de los lotes de cerveza para poder observar la mejora que existió una vez implementada dicha mejora tecnológica, la cual se ve reflejada en la tabla N°4.

Tabla N°4. Tiempo de generación de la levadura en cada lote

	Tiempo (días)	N (C&U ml) *10 ⁴	Ln N	Ln N ₀	(ln2/T)	Tiempo de Generación (días)	OD (ppm)
Lote antes de la implementación	0	18	2.8904	2.95608	0.27363	2.5331	7.43
	1	30	3.4012				
	2	32.5	3.4812				
	3	35.5	3.5695				
	4	65	4.1744				
Lote después de la implementación	0	18	2.8904	2.8933	0.44262	1.5660	6.94
	1	25	3.2189				
	2	50.5	3.9220				
	3	73.5	4.2973				
	4	96	4.5643				

Fuente: Elaboración propia, 2016

Teniendo como resultado un 22.66 % de mejora en el tiempo de generación de levadura.

• **Determinación de la relación costo/beneficio**

La relación Costo/Beneficio de la propuesta se la calcula como sigue:

$$RBC = \frac{229110}{61011} = 3.75$$

Considerando el menor de los beneficios que esta propuesta trae consigo, se puede notar que la relación C/B es mayor a uno, lo que significa que el proyecto debe ser considerado.

DISCUSIÓN

Según Kunze (2006) y Burrel (1996), el diacetilo le otorga a la cerveza al exceder el límite de perceptibilidad, un sabor impuro, dulzón hasta desagradable, el cual en elevada concentración es responsable del aroma a manteca. Por lo que el valor aproximado para el contenido total del diacetilo, para una cerveza totalmente madura, es como máximo 0.1 mg/L; por lo que llegamos a estar de acuerdo, ya que el valor alcanzado con la implementación de la nueva tecnología es de 0.323 mg/L en el proceso de fermentación y una vez ya madurada la cerveza oscila en un rango de 0.08- 0.09 mg/L.

En cuanto a los valores de pH obtenidos, según Burrel y García (1996), Quintero y López (1993), durante el periodo de fermentación, los valores de pH disminuyen hasta 4.4 a 4, esto para que esta cerveza sea catalogada como buena, por lo que nuestros resultados concuerdan con dichos autores ya que se obtuvieron valores de pH de 4.25 – 4.35.

Según Hernández (1996), el valor aproximado de extracto aparente, el cual llega a ser la cantidad de azúcar residual que queda en la cerveza, está aproximadamente en un valor de 2-2.8 °P, por lo que nuestros valores se aproximan mucho a este suceso, ya que nuestros valores oscilaron entre 2.5 – 2.9 °P.

Según Borrego (1992), se puede deducir que al inyectar el aire estéril en una cantidad adecuada al mosto frío, la levadura puede aprovechar de una mejor manera el oxígeno disuelto en el mismo, para de esta manera ser más vigorosa y poder alcanzar la máxima reproducción celular, como bien se ha obtenido resultados de mejora en este sentido, puesto a que nuestros valores obtenidos de máxima reproducción celular en la etapa de fermentación de la cerveza aumentaron de 48.5x10⁶ células/ ml a 96 x10⁶ células/ ml, esto con un flujo controlado de aire estéril.

Según Kunze (2006), el mosto requiere el oxígeno preferente para la síntesis de ácidos grasos, que son los componentes principales de las plasmalemas, y sin los cuales no puede formarse nueva sustancia celular, por lo que el rango de oxígeno disuelto en mosto frío debe ser aproximadamente de 8 a 9 ppm, dependiendo del equipo de dispersión de aire con el que se cuente y el flujo del aire estéril, por lo que en nuestro caso la aireación óptima oscilaba entre rangos de 6.9 – 7.00 ppm a un flujo de 7-7.5 kg/h de aire estéril inyectado al mosto, con un tubo Venturi como equipo de dispersión de aire. Además de observar que al tener el control sobre el flujo de aire que se inyecta al mosto frío, el tiempo de generación de la levadura disminuyó de 2.53 días a 1.57 días.

Y gracias a la relación Costo/Beneficio que se pudo demostrar, se decidió implementar dichos filtros, ya que de esta manera la empresa evitaría un gasto mayor, siendo esta una mejora tecnológica preventiva.

CONCLUSIÓN

Una vez implementado las mejoras realizadas en el Sector de Fermentación de la planta Taquiña, se puede llegar a la conclusión que la instalación de una serie de filtros, permitió una aireación completamente estéril del mosto, cuyo flujo fue regulado con la puesta en marcha de un rotámetro nuevo, haciendo posible su estandarización, siendo 7 -7,5 Kg /h el flujo de aire recomendado para la aireación correcta del mosto y el buen aprovechamiento por parte de las levaduras.

Se logró realizar un seguimiento y control a los parámetros físicoquímicos del proceso de fermentación de la cerveza, los cuales permitieron demostrar la importancia de la aireación del mosto frío, la misma que se ve reflejada en los procesos metabólicos de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, tanto en la fase aeróbica como en la anaeróbica.

Dichas mejoras se vieron reflejadas en las curvas de fermentación, debido a que se observó que la producción de diacetilo (subproducto no deseado de la cerveza) disminuyó de 425 a 323 ppb, y la reproducción celular de las levaduras aumentó de 48.5x10⁶ células/ ml a 96 x10⁶ células/ ml.

De acuerdo a la evaluación económica realizada, se puede decir que la instalación tanto de los filtros como del rotámetro es benéfica para la empresa, ya que con esta nueva tecnología se podrá evitar contaminación en el producto y se evitaban pérdidas para la empresa debido a este suceso, siendo la relación C/B de 3.75.

AGRADECIMIENTOS

A la Compañía C.B.N. por permitirme formar parte de ella y darme la oportunidad de realizar en su prestigioso establecimiento mi trabajo dirigido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Kunze, W. (2006). Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín, Alemania: Editorial VLB.
- (2) Burrel, G. (1996). Gran Larousse Universal. Barcelona: Plaza & Janés.
- (3) García, M., Quintero R. y López A. (1993). Biotecnología Alimentaria. México: Ed. Limusa.
- (4) Hernández, M. (1996). Bebidas, Guatemala: Editorial S.L. Libros del Peixe, Vol. 105.
- (5) Borrego, J.J. (1992). Métodos microbiológicos rápidos para análisis de aguas y alimentos. España: Universidad de Málaga.

Fuentes de financiamiento: Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2017 Vanessa Alejandra Mendizábal Quevedo; Javier Paz Rodríguez; Marcelo Cuadros Saavedra.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)