



Revista *Márgenes*. Vol.4, No.2, abril-junio, 2016.

TÍTULO: MEJORAS AL CONTROL DEL PROCESO FERMENTATIVO ALCOHÓLICO EN LA FÁBRICA DE VINAGRE “LA ESPIRITUANA”

Autores: Ms.C. Ing. Química Mayda N. Díaz-Palmero¹, Dr. C. Ing. Químico Joaquín de Jesús Obregón-Luna²

¹UEB Fábrica de Vinagre “La Espirituana”, Especialista en Análisis Químico. Correo electrónico: norberta.diaz@nauta.cu

²Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Correo electrónico: obregon@uniss.edu.cu

RESUMEN

Para analizar las insuficiencias en el control de la calidad del proceso fermentativo alcohólico en la fábrica de vinagre “La Espirituana”, fue revisado y adaptado un trabajo antecedente en el Empresa Mixta “Río Zaza”. De enero 2010 a junio 2012 se analizaron datos estadísticos del % alcohol volumétrico real obtenido en el vino base, volúmenes de aguardiente promedio utilizados por cada mezcla alcohólica según balance de materiales, y se examinó el comportamiento promedio de los parámetros de calidad del azúcar crudo para vinagre. Fueron propuestos e implementados procedimientos operacionales en la fermentación alcohólica, que contribuyeron al incremento del grado de etanol de los vinos base, disminuyendo el consumo de aguardiente crudo y reduciendo el costo de producción en 0,22 CUP por \$ 1,00 CUP de producción. Para evaluar la implementación se construyeron gráficos de dispersión y de control de julio 2012 a diciembre de 2014. Los resultados demostraron que la integración mediante el enfoque de proceso, permitió determinar la efectividad de las acciones de mejora continua, apreciado en el análisis de los costos, indicadores económicos- productivos, y beneficios por el ahorro de consumo del aguardiente crudo; así como en los parámetros físico-químico el incremento de grado alcohólico en vino base, reflejados en los gráficos de dispersión y de control respectivamente.

Palabras clave: vinagre; fermentación alcohólica; control de la calidad; proceso fermentativo

TITLE: IMPROVEMENTS TO THE CONTROL OF THE ALCOHOLIC FERMENTATION PROCESS IN THE VINEGAR FACTORY "LA ESPIRITUANA"

ABSTRACT

An antecedent work in the Mixed Company "Río Zaza" was revised and adapted, in order to examine the inadequacies in the control of the quality of the alcoholic fermentation process in the "La Espirituana" Vinegar Factory. From January 2010 to June 2012, statistical data of the real volumetric alcohol percentage obtained in the base wine, volumes of hard liquor average used by each alcoholic mixture according to balance of materials, and the behavior average of the parameters of quality of the raw sugar for vinegar were analyzed. Operational procedures in the alcoholic fermentation were proposed and implemented. These procedures contributed to the ethanol grade increase of the base wines, diminishment of the consumption of hard liquor and reduction of the production cost in 0,22 CUP for \$1,00 CUP of production. Graphics of dispersion and control from July 2012 to December of 2014 were built to assess the implementation. The results showed that the integration by means of the process approach, allowed determining the effectiveness of the actions of continuous improvement. This effectiveness is appreciated in the analysis of the costs, economic-productive indicators, and the benefits for the consumption saving of the hard liquor; as well as in the physique-chemical parameters the alcoholic grade increase in base wines, showed in the dispersion and control graphics respectively.

Key words: vinegar; alcoholic fermentation; quality improvement; process approach.

INTRODUCCIÓN

El acelerado desarrollo de la ciencia y la técnica, la tendencia a la concentración y especialización de la producción, aumentan los requisitos exigidos a la organización de la producción, a la vez que acrecientan su importancia para el logro de la elevación de la eficiencia de la producción. En la actualidad se reconoce la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios para ser competitivos y permanecer en el mercado (Cantú, 2001). Este proceso de nuevas alternativas, se aborda en los lineamientos suscritos en el VI Congreso del de Cuba (Partido Comunista Cuba, 2011).

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Para la ejecución de los procesos de mejora de la calidad, (Pérez et al., 2010), y la solución de problemas, se reconocen entre otros por Juran & Gryna (2001) y American Society for Quality (ASQ) (2004) dos formas: una “incremental” con carácter específico, asociada estrechamente a técnicas de Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC). Al respecto se desarrollan metodologías como el Benchmarking y el Mejoramiento continuo o Kaizen; y el otro “a saltos” breakthrough o Reingeniería, más general que implica cambios importantes, debido a adelantos tecnológicos y de los últimos conceptos gerenciales o técnicas de producción (Gómez-Avilés, 2007). El bajo rendimiento en el proceso de fermentación alcohólica en la fábrica de vinagre “La Espirituana”, la existencia del procedimiento del control del proceso desarrollado y aplicado en la Empresa Mixta “Alimentos Río Zaza” de Sancti Spíritus (Pacheco Paladini et al., 2015), determinó la utilización en este último, previa adaptación a las características de este otro proceso tecnológico. El vino base obtenido como resultado del proceso de fermentación alcohólica (Andrietta, 2010), resulta esencial para la fabricación de mezclas alcohólicas, como sustrato para la fermentación acética aerobia en la producción de vinagre, producto de alta demanda en el mercado nacional elaborado en la Unidad Empresarial de Base (UEB) “La Espirituana”.

Sin embargo, a pesar de que se han ejecutado una serie de inversiones orientadas a mejorar la infraestructura tecnológica de dicha entidad, estas no han estado centradas en aquellos subprocesos relacionados con la obtención de vinos base; sino han estado dirigidas a mejorar el proceso de fermentación acética, a través de la adquisición y puesta en marcha de un grupo electrógeno, con el propósito de garantizar que no falte agitación ni aire en los acetadores (Fring, 1932), en caso de fallo eléctrico; pues ello origina afectaciones a la oxidación aerobia del etanol con formación de ácido acético. También a la puesta en marcha del tercer acetador, para incrementar los volúmenes de producción, así como la instalación de una nueva torre de enfriamiento de tal capacidad que logre enfriar los tres acetadores en funcionamiento. Aunque el proceso biotecnológico en dicha planta ha sido objeto de estudio (Lorenzo–Lazo 1999), no se encaminó a describir el comportamiento de las variables involucradas en la calidad del proceso de fermentación alcohólica, tales como temperatura, °Bx (sólidos solubles), % alcohol en volumen, tiempo de fermentación y acidez total, (NEIAL 1679 19: 2014). En la actualidad se reconoce

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

que las características de calidad del azúcar crudo (NC 85: 2013), para la elaboración de vino base en la producción de vinagre, no admite exceso de sacarosa ni disminución de azúcares reductores, pues reduce micro elementos esenciales a la levadura y las propiedades organolépticas del vinagre. Esto unido a la falta de un enfoque integrador de dicho proceso (Beltrán S. J. Carmona C. M. A., Carrasco P. R. Rivas Z. M. A. y Tejedor P. F. (2005) y la infraestructura tecnológica deficiente; constituyen tres de los factores potencialmente causales que inciden en el bajo rendimiento del grado alcohólico del vino base. Por lo expuesto, este trabajo tuvo como finalidad: adaptar el procedimiento desarrollado (Pacheco Paladini *et al.*, 2015) orientado a incrementar la calidad en el proceso fermentativo alcohólico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La elección del escenario está fundamentada en los tres aspectos antes expuestos. Al realizar el análisis se tuvieron en cuenta datos históricos de los valores de grado alcohólico alcanzados en la fermentación alcohólica de la entidad. Se examinó por etapas el proceso objeto de estudio, que consideró el % alcohol en volumen medido en grados Gay Lussac ($^{\circ}\text{GL}$) de los vinos base, para valorar el comportamiento del mismo y el consumo de aguardiente crudo calculado por balance de materiales, en el periodo comprendido desde enero 2010 hasta junio 2012, con tamaño muestral de 30 (Montgomery, 2004). El balance de materiales fue realizado mediante la siguiente ecuación:

$$(VVB) \text{ GLV} + X (\text{GLA}) = \text{VM} (\text{GLM}) \quad (1) \quad \text{Donde:}$$

VVB = Volumen de vino base.

GLV = Grado alcohólico real obtenido en el vino base.

GLA = Grado alcohólico del aguardiente crudo del proveedor [$75,0 \pm 0,5$ $^{\circ}\text{GL}$] (NC 264:2005).

X = Volumen de aguardiente crudo.

VM = Volumen de mezcla hidroalcohólica a elaborar

GLM = Grado alcohólico fijado a la mezcla hidroalcohólica a elaborar [$9,0 \pm 0,1$ $^{\circ}\text{GL}$].

Referente al azúcar crudo (NC 85: 2013) y según la norma de proceso para vinagre (NEIAL 1679 19: 2014), conllevaron a indagaciones en base a datos estadísticos del comportamiento promedio de los parámetros de calidad del azúcar crudo que se recibió en la fábrica en 2011 y 2012. Con el proveedor, UEB central azucarero

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Melanio Hernández, se realizaron también pesquisas a esta materia prima, relacionados con valores estadísticos promedios obtenidos en la polarización y azúcares reductores.

La levadura seca activa, agente biológico transformador esencial en la fermentación alcohólica, fue analizada con frecuencia su calidad. Con cierta reiteración ha estado afectada su capacidad fermentativa, por rotura del embalaje en que viene. Se revisó a profundidad el procedimiento normado de limpieza y desinfección de los fermentadores (NEIAL 1679 - 22 – 2014), así como la ocurrencia de un mal tapado de los mismos durante todo el proceso. Debido a la falta de un enfoque integrador de dicho proceso y la deficiente infraestructura tecnológica de la entidad, se consideró cómo se afecta la fermentación alcohólica por la presencia de ácido acético. Fue reelaborado y propuesto implementar cambios en las operaciones.

La adaptación del procedimiento desarrollado (Pacheco Paladini *et al.*, 2015), se razonó con herramientas estadísticas obtenidas por Internet (Aiteco Consultores, 2015) y se realizó una evaluación económica preliminar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados correspondientes a los valores de °GL del vino base, volumen de aguardiente promedio a utilizar por cada mezcla alcohólica y consumo de aguardiente crudo promedio en cada trimestre de 2010 a junio de 2012, a partir de datos estadísticos de los años antes expuestos.

Tabla 1. Cantidad de aguardiente crudo consumido según °GL del vino base

Año	Tri- mes- tre	°GL promedio vino base	Volumen aguardiente crudo promedio por mezcla (L)	Consumo aguardiente crudo promedio (L)
2010	I	4,8	216	10 890
	II	4,9	215	10 836
	III	4,4	218	11 070
	IV	5,6	211	10 548
2011	I	5,1	214	10 453
	II	4,8	216	10 818

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

	III	5,3	213	10 692
	IV	5,0	215	10 818
2012	I	4,5	217	10 980
	II	4,7	216	10 980

Se constata en la Tabla 1 como en la medida que decrece el °GL los vinos base, el consumo del aguardiente crudo aumenta. Ello se explica como sigue:

Si se despeja en la ecuación (1) $X = \text{Volumen de aguardiente crudo}$, o sea:

$X = \frac{VM (GLM) - VVB (GLV)}{(GLA)}$ origina la ecuación (2).

La expresión (2) evidencia que si aumenta (GLV) que es la variable que resta, el numerador disminuye, y como el denominador (GLA) es constante (NC 264:2005), resulta que X es menor.

Al reducirse el insumo de aguardiente crudo se disminuyen los costos de producción.

Las Tablas 2 y 3 compilan los parámetros de calidad del azúcar crudo en 2011 y 2012.

Tabla 2. Parámetros de calidad del azúcar insumida en 2011

Indicadores (NC 85: 2013)	I Trimestre	II Trimestre	III Trimestre	IV Trimestre
Factor de seguridad máximo (0.25)	0,20	0,20	0,20	0,22
Color máximo (UCL)	12,0	10,0	9,0	8,0
Polarización mínima(98,8°Z)	99,30	99,18	99,27	99,28
Cenizas máxima (0,25%)	0,25	0,17	0,15	0,18
Humedad máxima (0,25%)	0,15	0,18	0,17	0,21
Partículas ferromagnéticas máxima (6ppm)	4,5	5,0	2,0	3,5

Tabla 3. Parámetros de calidad del azúcar insumida en 2012

Indicadores (NC 85:2013)	I Trimestre	II Trimestre	III Trimestre	IV Trimestre
Factor de seguridad máximo (0,25)	0,20	0,22	0,25	0,25
Color máximo (UCL)	12,0	8,0	9,0	6,0
Polarización mínima(98,8 ⁰ Z)	99,28	99,16	99,30	99,27
Cenizas máximas (0,25%)	0,17	0,18	0,16	0,15
Humedad máxima (0,25%)	0,18	0,15	0,21	0,20
Partículas ferromagnéticas máximas (6ppm)	2,0	1,5	6,0	4,0

En las Tablas 2 y 3 se constata como en ninguno de los cuatro trimestres de ambos años se cumple con los parámetros establecidos de especificaciones de calidad del azúcar crudo para vinagre (NC 85: 2013). Por su parte la siguiente Tabla 4 desglosa por meses el 2011 las características de macrocomposición promedio, del azúcar crudo utilizado en la fermentación alcohólica de la fábrica de vinagre.

Tabla 4. Valores de polarización y azúcares reductores

Año 2011	Polarización (°Z)	Azúcares Reductores
Enero	99,30	0,16
Febrero	99,10	0,29
Marzo	99,27	0,18
Abril	99,21	0,19
Mayo	99,12	0,27
Junio	99,30	0,16

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Julio	99,28	0,17
Agosto	99,25	0,18
Septiembre	99,22	0,19
Octubre	99,18	0,21
Noviembre	99,10	0,28
Diciembre	99,15	0,23

La Tabla 4 ilustra como la polarización mostró valores elevados, superiores a (99,00 °Z), con disminución en el contenido de azúcares reductores al haber más sacarosa y por consiguiente menos microcomponentes, que originan afectaciones a la levadura por déficit y biotina y potasio entre otros (Obregón-Luna, 2012). Esto origina bajo contenido alcohólico con disminución del rendimiento de dicho proceso y el alargamiento del ciclo fermentativo. La propia indagación confirmó, que existe un aditivo usado en el proceso de fabricación del azúcar blanco directo por sulfitación en frío de tecnología colombiana (Novatech, 2011), el cual se inicia desde la meladura; por lo que existen posibilidades reales que dentro de los lotes que han sido enviados a la entidad receptora, halla en la composición del azúcar crudo niveles perjudiciales de sulfitos, que afecta el proceso fermentativo alcohólico con disminución del rendimiento (Andrietta, 2010).

Respecto a las características de la levadura seca activa instantánea, se constató que el embalaje donde viene no tiene la resistencia adecuada; motivo suficiente para que algunos paquetes se perforan con frecuencia. Ello origina que penetre humedad y aire contaminado con bacterias acéticas normales en el ambiente de la fábrica de vinagre, por ser un proceso con aireación que escapa a la atmósfera, lo que trae consigo pérdida de sus capacidades fermentativas, causas potenciales para que ocurran ralentizaciones en este proceso (Obregón-Luna, 2012).

Estas demoras inciden directamente en el tiempo de duración de la fermentación alcohólica, al prolongarla por más de una semana, que es la norma (NEIAL 1679 19: 2014). Por la infraestructura tecnológica de la entidad, dicho proceso se encuentra mayor tiempo expuesto a la atmósfera circundante, con mayores posibilidades a la bacteria acética presente de introducirse en el proceso, lo que frena las transformaciones de los azúcares fermentables en etanol, y comience

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

un proceso de acetificación que afecta la calidad del proceso en cuestión. Estas son las razones por las que no se lograban los rendimientos esperados. Una de las primeras medidas tomadas fue rehidratar la levadura antes de introducirla al proceso industrial, como especifican las propias firmas fabricantes de la levadura seca activa (Obregón-Luna, 2012).

Para atenuar el problema que ocasiona el uso de las materias primas con estas características, se identificaron otras alternativas relacionadas con el procedimiento operacional, tales como: De ocho fermentadores tres no tenían tapas, dos que las tenían no se les colocaban por problemas de control operativo. Se implementó como primera tarea cubrir todos los fermentadores etílicos. Las bacterias acéticas procedentes de los Frings, representa un parámetro no controlable (factor de ruido) y por ende de variabilidad negativa para el proceso.

La integración mediante el enfoque de proceso (Pérez y Parra, 2007), se llevó a cabo en consideración a las deficiencias encontradas en las diferentes etapas del proceso, en todas las etapas de la fermentación alcohólica.

Adaptado e implementado el proceder desarrollado para la mejora (Pacheco Paladini *et al.*, 2015), los resultados obtenidos de la cantidad de aguardiente a utilizar en correspondencia con los valores de °GL de vino base, en el periodo comprendido desde julio 2012 hasta el año 2014, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Cantidad de aguardiente consumido según °GL del vino base

Año	Trimestre	°GL vino base promedio	Volumen aguardiente crudo promedio por mezcla (L)	Consumo aguardiente promedio (L)
2012	III	6,1	209	10 260
	IV	5,9	210	13 749
2013	I	6,6	206	10 224
	II	6,3	208	10 261
	III	7,0	204	9 936
	IV	6,1	209	10 350
2014	I	5,9	210	10 411
	II	6,3	208	10 189
	III	6,6	206	10 134

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

	IV	6,8	205	9 957
--	----	-----	-----	-------

Estos resultados después de la implementación, evidencian como al aumentar el grado alcohólico en vino base, disminuye el consumo de aguardiente y por ende los costos. Comparado antes y después de adaptado el procedimiento desarrollado, el análisis de los costos de la calidad del proceso, indicadores económicos-productivos y beneficios por el ahorro de consumo de la materia prima (aguardiente crudo), se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis económico de los indicadores básicos productivos antes y después de la implementación

Indicadores	Antes de la implantación	Después de la implantación	Variación absoluta	Variación relativa, %
Costo de la producción mercantil	-\$ 66 280,54	-\$ 69 606,42	\$ 3 325,88	105
Valor de la producción	\$ 75 022,00	\$ 104 639,18	\$ 29 617,18	139
Costo por peso de producción	0,88	0,66	0,22	75

La Tabla 6 demuestra que al incrementarse los costos por mayor producción que implica el aumento de los insumos y por ende los gastos, el valor mercantil de la producción es mucho mayor. Se constata que el costo por peso CUP se redujo de 0,88 a 0,66, o sea en \$0,22 CUP/\$1,00 producido. Ello corrobora lo planteado por Buttaro et al., (2012) de que existen dos factores que pueden influir: variación del costo por peso (variación en los costos de producción), y evoluciones en los niveles de producción.

La Figura 2 muestra los resultados obtenidos en los parámetros físico - químico de la mejora en el proceso de fermentación alcohólica, después de la implementación.

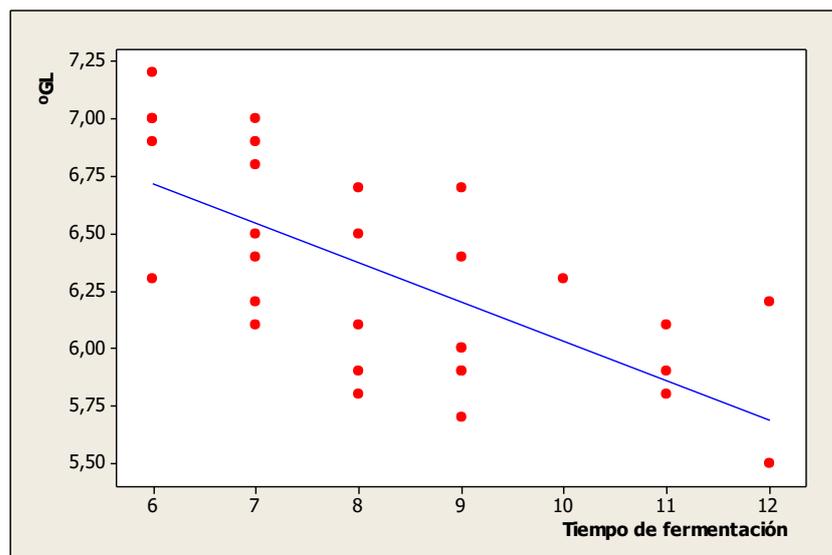


Figura 2. Gráfico de dispersión de °GL en vino base versus al tiempo en días de fermentación. Julio de 2012 - Diciembre de 2014

La Figura 2 (Diagrama de dispersión, 2015), muestra que al disminuir los días de fermentación alcohólica, aumentan los valores del % alcohólico. Ello se explica en que en la medida que alcanza lo normado por años de experiencia de alrededor de siete días, la levadura muestra un comportamiento normal, mantiene su vigor y capacidad fermentativa. Más allá de ese tiempo está afectada independiente de las causales.

Los gráficos de control Gómez–Avilés, H. B. (2007). después de la implementación, se muestra en la Figura 3.

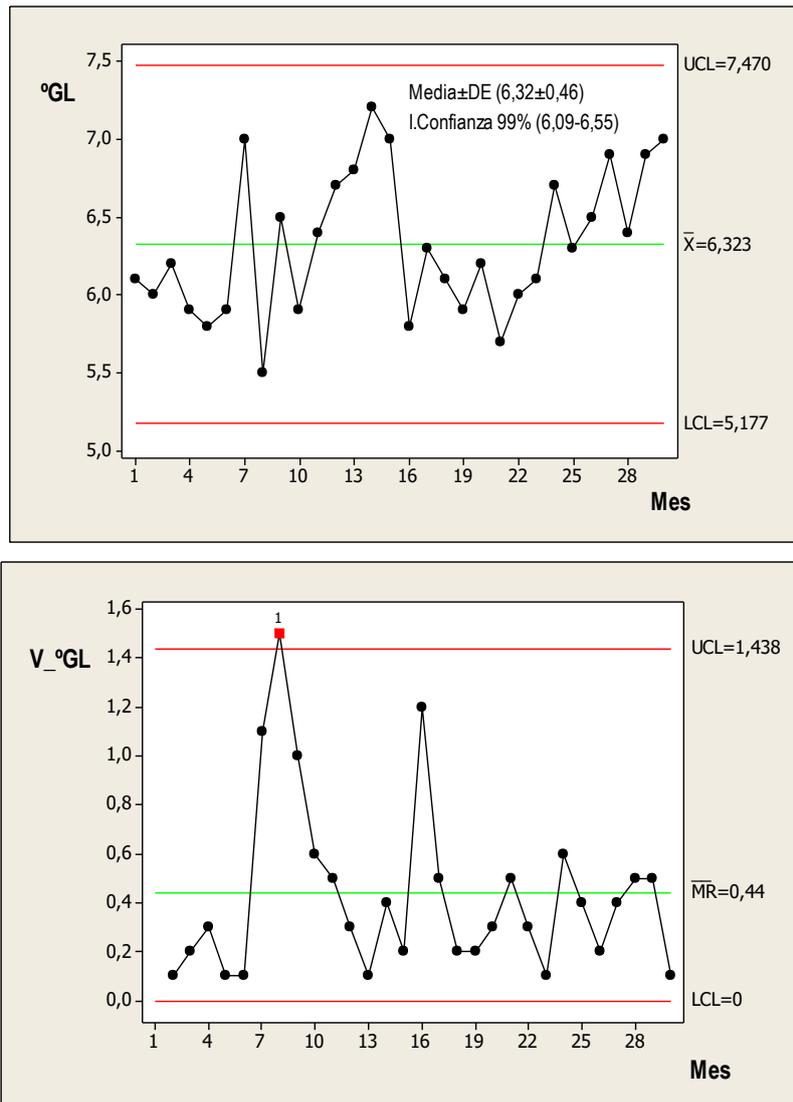


Figura 3. Gráficos de control del $^{\circ}GL$ real obtenido en el vino base. Julio 2012 - Diciembre de 2014

En la Figura 3 se observa en las X que no hubo un solo valor fuera de los límites de control, por lo que se demostró que esta variable está bajo control estadístico. Registró una X media de 6,323 % alcohol en volumen. Este valor comparado con el promedio de 4,91% alcohol de 2010 hasta junio 2012 obtenido de la Tabla 1, demostró lo adecuado y justificó haber adaptado e implementado el procedimiento desarrollado. Por su parte, el gráfico de Recorrido móvil registra un valor fuera de los límites de control, lo cual fue motivado por la calidad del azúcar crudo para vinagre que se utilizó. Motivó reclamaciones al proveedor para cambiarla, lo cual se realizó. De ese mes en adelante sí estuvo dentro de los límites de control, y se observa la marcada tendencia a la estabilidad en particular del mes 17 en adelante, donde el

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

factor operacional determinó este resultado. Esto no refuta la estadística que establece que si un valor cae fuera de los límites de 3σ , debe omitirse pues altera la X por causas no controlables, toda vez que la intención ha sido ilustrar la incidencia de la calidad del azúcar crudo para vinagre.

CONCLUSIONES

La adaptación y aplicación en la fábrica de vinagre “La Espirituana” del procedimiento desarrollado e implementado en la Empresa Mixta “Alimentos Río Zaza”, permitió:

- Identificar que los problemas con el bajo % alcohólico obtenidos en los vinos base y dilatados días de fermentación alcohólica de 2010 a junio 2012, se concentraban en: inadecuadas calidades del azúcar crudo para vinagre y de la levadura seca activa instantánea con su embalaje; así como problemas operacionales y de diseño de los fermentadores.
- Proponer un conjunto de medidas implementadas desde julio de 2012.
- Con herramientas de ingeniería de la calidad evaluar los resultados de la implementación de las medidas propuestas, obtenidos desde julio de 2012 a diciembre de 2014, que demostraron: el incremento del rendimiento alcohólico en los vinos bases, reducciones del insumo de aguardiente crudo y los costos de producción en \$0,22 CUP/\$1,00 producido; así como, la pertinencia de la mejora continua en las calidades de las materias primas y las operaciones tecnológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiteco Consultores. Página WEB. (2015). Recuperado de <http://www.aiteco.com>
- American Society for Quality (ASQ) (2004). Continuous Improvement. Basic Concepts. American Society for Quality (ASQ), en *Learn About Quality Continuous Improvement.htm*
- Andrietta, S. R. (2010). *Engenharia de Fermentação. Autor.*
- Beltrán, S. J. Carmona, C. M. A., Carrasco, P. R. Rivas, Z. M. A., & Tejedor, P. F. (2005). *Guía para una gestión basada en procesos. Instituto Andaluz de Tecnología. Andalucía, España. ISBN 84-923464-7-7.*
- Buttaro, O. et al. (2012). *Costos para empresarios. Ediciones Macchi. Buenos Aires, Argentina.*

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Cantú, H. (2001). *Desarrollo de una cultura de calidad*. Ed. McGraw Hill Interamericana, México.

Diagrama de dispersión (2015). Recuperado de <http://www.aiteco.com/dispersa.htm>

Fring, H. (1932). *Manufacture of Vinegar*. Pat. USA 1 880 381.

Gómez-Avilés, H. B. (2007). *Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar*. (Tesis doctoral). Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Central de Las Villas "Marta Abreu", Cuba. Recuperada de <http://www.aiteco.com/grafcont.htm>

Juran, J. M. & Gryna, F. M. (2001). *Quality Control Handbook*. 5ta ed. Madrid, España: Ed. Mc Graw- Hill/ Interamericana.

Lorenzo-Lazo, N. (1999). *Comportamiento del proceso productivo en la Fábrica de Vinagre "La Espirituana"*. (Tesis de maestría inédita). Centro Universitario de Sancti Spíritus, Cuba.

Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y Análisis de experimentos*. Parte I. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.

Norma Cubana. (NC) 264:2005. (2005). *Aguardiente crudo*. Especificaciones de calidad.

Norma Cubana (NC) 85. (2013). *Azúcar crudo de caña*. Especificaciones de calidad.

NEIAL 1679 19: 2014. (2014). *Control del proceso productivo*. Vinagre.

NEIAL 1679 - 22 - 2014. (2014). *Limpieza y desinfección*. Vinagre.

Novatech. (2011). *Fabricación de azúcar blanco directo. Manual de Operaciones*. Medellín, Colombia: Tecnología Novatech.

Obregón-Luna, J. J. (2012). *Manual del bioetanol a partir de la caña de azúcar. Microbiología básica de la fermentación alcohólica*. Proyecto autofinanciado. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Cuba.

Pacheco Paladín, E. B., Gómez Avilés B., Rangel Broche, G. & Castellano Gómez, A. (2015). Developmend and Application of a Model to minimize Variability in a Vegetable Pulp Productive Process. *Journal of Food Process Engineering*. Wiley Periodical Inc. ISSN 1745-4530.

Partido Comunista de Cuba (2011). *Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*. VI Congreso del PCC. Folleto impreso.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Pérez, G., Arango S. M., Pérez, D. & María, J. T. (2010). Propuesta metodológica para el mejoramiento de procesos, a partir del estudio de métodos. *Revista Universidad de EAFIT*. 46(157), 19-39.

Pérez, J. & Parra, C. (2007). Uso del enfoque por procesos en la actividad investigativa, *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 3(15), 260-269.

Recibido: 23/03/2016

Aceptado: 01/06/2016