

Implementación de un programa de limpieza y desinfección en Ingenio azucarero

Mynor Romero¹

¹Ingeniero Químico Industrial graduado de la Universidad Rafael Landívar. Máster en Mercadeo de la Universidad Mesoamericana de Guatemala. Experto en Contaminación de aguas, suelos y residuos sólidos de FORMASELECT, España. Gerente de territorio de la empresa ECOLAB de la División Food and Beverage and Water Care Treatment. Docente de la Universidad Landívar, en cursos para las Facultades de Ingeniería y Ciencias Económicas y Empresariales, especialmente en el área de mercadeo y empresarialidad. Actualmente es Director de Maestrías de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Landívar.

RESUMEN

Las pérdidas indeterminadas en el proceso de producción de azúcar a partir de caña, pueden ser resultado de destrucción o inversión de la sacarosa. Estas pérdidas deben ser mínimas en todo ingenio operado de forma eficiente pero igual constituyen un problema económico para la industria azucarera.

Este estudio se trata de plasmar la importancia que tiene la realización de procesos de limpieza y desinfección en el proceso de producción de azúcar con la finalidad de incrementar la producción de la misma.

La pérdida general, desde antes de la cosecha hasta el producto final, se estima entre 5% y 35% variando con los criterios geográficos y tecnológicos.

Para la industria azucarera que enfrenta costos crecientes e incremento de la diversidad de la oferta, es de gran beneficio disminuir estas pérdidas a los niveles más bajos posibles.

Se escogió para la realización del estudio el área de recepción, descarga y alimentación de caña en el proceso debido a que es una de las áreas en donde más pérdidas se pueden producir debido al crecimiento bacteriano.

En la producción de azúcar, las dextranas son compuestos indeseables, sintetizados por microorganismos contaminantes a partir de la sacarosa, que provocan pérdidas significativas al incrementar la viscosidad en los flujos y

reducir el recobrado industrial. El empleo de la enzima dextranasa es el método más eficiente para la hidrólisis de las dextranas en el central azucarero.

La dextrana es un poliglucano caracterizado por un alto por ciento de enlaces (alfa) -1-6, varían en el tamaño de la molécula desde muy pequeñas (solubles) a muy grandes (insolubles), las dextranas solubles son las causantes de los problemas más críticos.

Las dextranas son producidas en el proceso por bacterias de los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*², la especie comúnmente encontrada en los ingenios es *Leuconostoc mesenteroides*³ (tibico).

Las dextranas son formadas por el rompimiento de la sacarosa en una forma similar a la inversión enzimática, excepto que las glucosas de las moléculas de sacarosa se enlazan formando largas cadenas (dextrana) en lugar de quedar libres como azúcares reductores.

En este estudio se evaluó la disminución de bacterias en especial las cepas de *Leuconostoc* por medio de un proceso de limpieza y aplicación de desinfectantes específicos.

Palabras Claves: Dextranas, Dextranasa, Inversión, *Leuconostoc*, Sacarosa

ABSTRACT

Indeterminate losses in the production process from cane sugar may result in destruction or sucrose inversion. These losses should be minimal in a sugar cane factory operated efficiently but still constitute an economic problem for the sugar industry.

This study captures the importance of performing cleaning and disinfection processes in the sugar production process with the purpose of increasing productivity.

The overall loss from pre-harvest to final product is estimated at between 5% and 35% varying with geographic and technological.

For the sugar industry facing rising costs and increased diversity of supply, is a great benefit to reduce these losses as low as possible.

Was chosen for the study receiving area and feeding discharge reed in the process because it is one of the areas where most losses may occur due to bacterial growth.

In sugar production, dextrans are undesirable compounds, synthesized by microbial contaminants from sucrose, which cause significant losses to increase the viscosity and reduce the flow in the industry recovered. The use of the enzyme dextranase is the most efficient method for hydrolysis of dextrans in sugar mill.

Polyglucan dextran is characterized by a high percent of links (alpha) -1 to 6, vary in size from very small molecule (soluble) to very

INTRODUCCIÓN

La pérdida de sacarosa es un tema de mucho interés en la industria azucarera. Esta pérdida ocurre en las diversas operaciones y procesos durante la elaboración del azúcar y suele ocurrir también en los molinos e instalaciones auxiliares sobre todo cuando es escasa la limpieza y el saneamiento de manera periódica.

El jugo extraído ofrece un medio ideal para la propagación de microorganismos que causan destrucción de la sacarosa.

Cuando se procesa caña deteriorada o caña quemada atrasada el desarrollo de la bacteria *Leuconostoc mesenteroides* es muy pronunciada tanto en los molinos, conductores de bagazo, coladores de jugo, tanques y canales de jugo, etc.

Esta bacteria destruye la sacarosa generando pérdidas económicas produciendo dextrana que es un polímero de consistencia gomosa, generando también efectos perjudiciales al proceso de fabricación de azúcar.

A medida que el jugo de la caña no tratada químicamente, salpica sobre los puntos del molino expuestos al jugo y pasa luego por las tuberías durante la recirculación, entra en contacto directo con microorganismos que

large (insoluble) are soluble dextrans causing problems more critical.

The dextrans are produced in the process by bacteria of the genera *Lactobacillus*, and *Streptococcus* *Leuconostoc*, the species commonly found in the mills is *Leuconostoc mesenteroides* (tibico).

The dextrans are formed by the breakdown of sucrose in a similar manner to investment enzyme except that the glucose of sucrose molecules are linked together to form long chains (dextran) rather than being free like reducing sugars.

In this study, the decrease of bacteria, especially strains *Leuconostoc* through a process of cleaning and disinfecting application specific.

Keywords: Dextranas, Dextranasa, Inversión, *Leuconostoc*, Sacarosa

están adheridos a la superficie del metal y del cemento.

La multiplicación de los microorganismos de los jugos diluidos extraídos de la caña de azúcar y su acumulación en la superficie de los molinos, dan como resultado una pérdida considerable de la sacarosa por lo tanto los microorganismos contribuyen a la pérdida de rendimiento de azúcar.

Cuando el *Leuconostoc Mesenteroides* y otras bacterias formadoras de ácido se desarrollan en la caña de azúcar recolectada, ésta se vuelve ácida. Se produce azúcar invertido, ácidos láctico y acético y, con frecuencia, dextrana. Con este crecimiento microbiano puede producirse un olor "agrio".

En climas húmedos y calurosos, puede perderse cada día, entre la zafra y el triturado, 1-5 % del azúcar total.

Uno de los efectos perjudiciales del proceso de crecimiento bacteriano es la formación de cristales de azúcar en forma de aguja que retarda la cristalización en los tachos, disminuyendo su eficiencia y generando la formación de falso grano que ocasiona problemas en la centrifugación de las masas cocidas por su facilidad para pasar por las

perforaciones de la tela de la centrifuga; incrementando la pureza de la miel final.

En el presente estudio se proporciona un panorama general de la importancia que tiene la limpieza y desinfección dentro del proceso de obtención de sacarosa en los ingenios azucareros.

Un área en la que se percibía había una gran oportunidad de poder generar un incremento de la productividad por medio de realizar mejoras en los procesos de limpieza y

MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES

Descripción del proceso preliminar de fabricación de azúcar de caña:

Recepción, descarga y alimentación de la caña

En esta parte del proceso las cañas que se van a moler son transportadas por diversos medios (remolques, camiones, etc.), las cuales son pesadas en básculas anexas a las fábricas, posteriormente las cañas se descargan a través de diferentes medios: Grúa Cañera, Grúa Puente, Volteadores Laterales o directamente a los conductores de caña.

El conductor principal de caña, que es largo y lleva la caña a la fábrica, el ancho del conductor es siempre igual al largo de las mazas de los molinos, el conductor consta de dos partes: una horizontal y una inclinada (15 a 22 grados), es movido por un moto reductor de velocidad variable.

Sobre el conductor de caña en muchos ingenios montan los niveladores de caña cuya función consiste en distribuir y en cierto modo nivelar la caña en el conductor.

El nivelador consiste de un eje colocado transversalmente al conductor, en el cual van brazos curvos los que giran en sentido inverso al conductor. La uniformidad del colchón en el conductor permite variaciones mínimas de velocidad para la alimentación de caña a molinos.

Extracción del Jugo:

desinfección del proceso de extracción de azúcar procedente de caña.

En los resultados del presente estudio se muestra cómo se controlando el crecimiento bacteriano en el proceso de molienda se logran evitar de pérdidas de sacarosa.

Asimismo, se muestra el análisis de los resultados obtenidos por estas herramientas estadísticas, los planes de acción desarrollados para controlar la pérdida de sacarosa y los resultados de la implementación de algunas de las acciones del plan de acción propuesto.

La caña es desmenuzada con cuchillas rotatorias y una desfibradora antes de molerla para facilitar la extracción del jugo que se hace pasándola en serie, entre los filtros, o mazas de los molinos. Se utiliza agua en contracorriente para ayudar a la extracción que llega a 94 o 95% del azúcar contenida en la caña.

El remanente queda en el bagazo residual que es utilizado como combustible en las calderas, así como materia prima para la fabricación de tableros de bagazo. Esta constituye la primera etapa del procesamiento de fabricación de azúcar crudo.

En las prácticas de molienda, más eficientes, más del 95 % del azúcar contenido en la caña pasa a guarapo; este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa (por de la extracción, o más sencillamente, la extracción).

Molinos y conductores

La caña, una vez preparada después de lo anteriormente descrito pasa al primer molino, de éste a través de un conductor intermedio pasa a un segundo molino y así sucesivamente atraviesa hasta el último molino según el tamaño de la batería (4 a 7 molinos los más usados).

El molino consta normalmente de 3 cilindros (2 inferiores y 1 superior entre y arriba de los dos primeros), su misión es la extracción del jugo de la caña.

Conductores

Son los encargados de llevar el bagazo de un molino a otro, existen varios tipos: los de

cadena de arrastre o de rastrillo, los de tablilla persiana, de banda, etc.

Para el mejoramiento de la extracción de jugo del bagazo se adopta (generalmente antes del último molino) la adición de agua al bagazo, en los molinos anteriores se echa jugo diluido del molino al cual precede y a esto se le llama imbibición (simple o compuesta).

La imbibición suele causar problemas pues para el molino se hace más difícil tomar el bagazo imbibido que seco.

Para efectos del estudio que se quiere realizar hasta esta parte del proceso se va a analizar. En la parte de la recepción y los molinos se tiene un gran problema que es la presencia de las dextranas como un resultado de la actividad microbiológica, es una causa conocida que provoca problemas en el proceso y un impacto financiero más allá de la pérdida de sacarosa.

Formación de Dextrana Factores microbiológicos que generan pérdidas de sacarosa

La principal causa microbiológica de pérdidas de sacarosa es la formación de dextranas, principalmente por la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*, así como la *Leuconostoc dextraricum* y por otras bacterias formadoras de légamo. La dextrana provoca la prolongación de cristal de sacarosa a lo largo del eje "C" (el llamado grano "de aguja").

Esta prolongación hace difícil el purgado de las centrifugas, incrementando las pérdidas en melazas y agua de lavado.

La dextrana es el nombre genérico para los polisacáridos que son polímeros de la glucosa. Por cada molécula de sacarosa consumida solamente la porción de glucosa se utiliza en la formación de dextrana, permaneciendo un núcleo de fructosa.

Es la fructosa se descompone subsiguientemente en ácidos orgánicos y

componentes colorantes, dando lugar a una disminución en el pH, que, a su vez, aumenta el

nivel de inversión, llevando a una pérdida adicional de ácidos y colorantes a partir del azúcar invertido así formado. Son subproductos

de la formación enzimática de dextrana.

Los ácidos láctico y acético, el manitol y el etanol, los cuales destacan el problema de caída de pH la formación de colorante y aumento de las pérdidas de sacarosa en melazas.

La caña dañada, incluyendo la dañada que va junto con la caña quemada y la troceada en el corte es particularmente susceptible al crecimiento de levaduras y bacterias.

Son especialmente notables debido a los productos a que dan lugar hallados en los azúcares, las levaduras de la especie *Sacharomyces*, que produce etanol y la *Clostridium*

thermosaccharolyticum, productora de ácido butírico. Además de consumir sacarosa, estos organismos producen sustancias que crean más problemas de procesamiento y comercialización.

Las pérdidas de sacarosa debidas a la acción microbiana se pueden eliminar o minimizar mediante la manipulación e higiene a temperatura adecuada.

Dextranas

Los polisacáridos bacterianos han sido identificados como un problema en el proceso azucarero desde hace más de cien años.

El polisacárido más comúnmente asociado con problemas en el proceso de la elaboración de azúcar son las dextranas. La dextrana es un poliglucano caracterizado por un alto por ciento de enlaces (alfa) -1-6, varían en el tamaño de la molécula desde muy pequeñas (solubles) a muy grandes (insolubles), las dextranas solubles son las causantes de los problemas más críticos. El rango en tamaño va desde pocos miles a varios millones de unidades de peso molecular. Las dextranas son producidas en el proceso por bacterias de los

géneros Lactobacillus, Leuconostoc y Streptococcus², la especie comúnmente encontrada en los ingenios es Leuconostoc mesenteroides³ (tibico).

Las dextranas son formadas por el rompimiento de la sacarosa en una forma similar a la inversión enzimática, excepto que las glucosas de las moléculas de sacarosa se enlazan formando largas cadenas (dextrana) en lugar de quedar libres como azúcares reductores.

Figura 1

Molécula de Dextrana

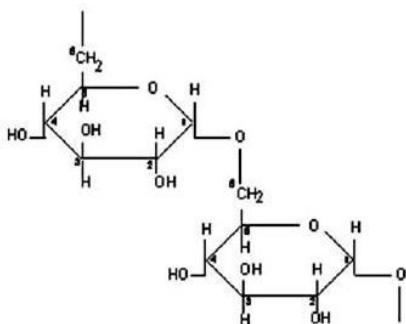


Figura 4 Representação da estrutura do dextrano.

La dextrana puede causar severas pérdidas económicas. No solo en la pérdida de azúcar debido a su formación, si no que la dextrana en sí, causa problemas en el proceso. Incrementa la viscosidad en los jugos, pobre clarificación y elongación de los cristales estos son los problemas asociados con la presencia de dextrana.

La dextrana entra al proceso y permanece en el flujo como se muestra en la siguiente tabla:
DEXTRANA PPM/BRX (Dextrana medida por el método ASI 27)

Muestra	1	2	3	4
Jugo Mezclado	2690	1094	1928	4650
Jugo Clarificado	2181	1094	1928	4650
Meladura	2602	1239	1986	3858

Leuconostoc Mesenteroides

Esta especie particular de bacteria es capaz de crecer rápidamente en las condiciones favorables que existen habitualmente en el jugo de caña antes del encalado y del calentamiento.

Aunque el Leuconostoc produce en el jugo de caña grandes cantidades de dextrana, la cantidad de sacarosa hidrolizada en azúcar invertida y convertida en dextrana es varias veces mayor.

Figura 2

Leuconostoc Mesenteroides



Minimización de los efectos de la Dextrana en la producción de azúcar.

¿Qué pueden hacer los ingenios para minimizar las pérdidas de azúcar producto de la presencia de dextrana?

Las pérdidas en campo solo pueden ser reducidas a través de un apropiado programa de cosecha correctamente dirigido, reduciendo el tiempo entre el corte y la molienda.

En la fábrica tratar de reducir los efectos de la viscosidad producto de la dextrana en jugo, meladura, masas y mieles. La dextrana en solución incrementa la viscosidad, disminuye la eficiencia de la clarificación y hace menos eficientes la evaporación y el intercambio térmico, afecta los tiempos de cocimiento y purgas de la centrifugas lo que afecta directamente la capacidad de la fábrica.

La producción de azúcar es un proceso continuo y cada etapa del proceso afectará las etapas posteriores. Las pérdidas pueden minimizarse maximizando la eficiencia de cada etapa.

La presencia de dextrana significa tomar medidas para reducir la viscosidad de todos los fluidos a través del proceso.

Se estudio el área de molinos debido a que es una de las que genera mayores pérdidas de azúcar en un ingenio debido al crecimiento bacteriano. Sobre todo, por la acción de xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

Mediante la implementación de un programa de limpieza y desinfección en el área de molinos se espera obtener los siguientes beneficios:

- Reducción de la actividad bacteriana en superficies:
Eliminación de Biofilm (Biopelícula), presente en las superficies de equipos que comprenden el área de molinos y que albergan gran cantidad de microorganismos perjudiciales para el proceso azucarero. Esta reducción de microorganismos perjudiciales se hace mediante eliminación manual durante los paros programados y aplicación de un bactericida para control de superficies durante el proceso de molienda diario.
Las materias extrañas que entran en el ingenio junto con la caña pueden acumularse en y alrededor de los molinos. Estas se tienen que eliminar físicamente con limpiezas manuales para evitar acumulaciones en los puntos muertos donde la bacteria puede pegarse y multiplicarse formando una capa protectora que las protegen contra la acción bactericida. Con programas adecuados de desinfección en superficies de molinos, para evitar las acumulaciones de capas bacteriales, el bactericida puede atacar y controlar los microorganismos; evitando así la pérdida en sacarosa por formación de dextrana.

La limpieza física por sí sola no es suficiente, al igual que la aplicación de un bactericida en el jugo de caña sin la previa realización de un procedimiento efectivo de desinfección durante los paros programados. De esta forma no se obtendrán beneficios económicos. La implementación de un programa efectivo

que de beneficios económicos resulta de la aplicación de los dos pasos anteriores como complementos uno del otro.

- Disminución de indicadores de perdidas: Mediante la implementación correcta del programa como lo propone Ecolab se garantiza la disminución de los indicadores de pérdidas de azúcar por tonelada de caña molida.
- Utilización de productos aprobados para la industria alimenticia y bases para implementación de programa de BPM.

Objetivo del programa:

- ü Implementar programa de Limpieza y desinfección en el área de molinos para dar cumplimiento a las BPM y HACCP
- ü Contribuir a la productividad del Ingenio reduciendo el indicador de pérdida de azúcar en Molinos.
- ü Obtener beneficio económico para el ingenio

Desarrollo del programa de productividad en el área de molinos:

El Programa de Productividad está definido para los equipos que están involucrados en el área de molinos tales como:

- Tanques de jugo
- Canoas
- Molinos
- Conductores intermedios
- Banda de hule

Productos a utilizar:

- **Detergente Alcalino Clorado (Enforce LP):**

3,0 % al 5,0 % v/v

Por aplicación en forma de espuma, a todas las superficies de los equipos que tienen contacto directo con jugo y superficies externas que tienen contacto indirecto con el jugo.

- **Desinfectante Base Perácetico-Peroxido de Hidrogeno (Oxonia Active):**

0,5 % v/v

Por aplicación en forma de espray a todas las superficies de los equipos del sistema

filtración que tienen no contacto directo con el jugo en el molino.

· **Desinfectante Base Peracético (TSUNAMI 100):**

0.5 % v/v

Dosificado por medio de dos bombas dosificadoras de diafragma conectada una de ellas en a una flauta de espreas localizada en el conductor de caña; la otra bomba será utilizada para dosificar con un temporizador el colador rotatorio de jugo.

· **Bactericida Base Carbamato:**

5 a 10 ppm (base tonelada de caña).

Aplicación con bomba que el Ingenio cuenta y aplicado únicamente en el último molino.

Procedimiento de limpieza y desinfección para las superficies de equipo que tienen contacto con el producto:

1. Saneamiento de superficies de equipos durante los paros programados de un detergente alcalino clorado por medio de un equipo de generación de espuma.

Comprende los siguientes pasos:

- Eliminación de residuos en superficies inmediatamente se realice la liquidación en Molinos, mediante enjuagues.
 - Eliminación mecánica de biofilm, mediante enjuagues con hidrolavadora. (previo diagnóstico y definición de puntos críticos).
 - Eliminación química de biofilm
 - Enjuague con agua a temperatura ambiente.
 - Reducción de carga microbiológica en superficies de contacto directo con el producto, por aplicación de desinfectante con generador de espuma, (no requiere de enjuague).
2. Sostenimiento de superficies que están en contacto directo con el jugo de caña durante la molienda:
 - Aplicaciones de Biocida directamente en el jugo de caña, mediante aplicación en varios puntos del proceso. Aplicación

de Tsunami 100 directamente al conductor de caña en forma permanente por medio de unos spray nozzles.

3. Sostenimiento de superficies que no tienen contacto directo con producto durante la molienda:

- Aplicación de Desinfectante Oxonia Active en superficies de equipos que no tienen contacto directo con el producto, estas aplicaciones se realizan con frecuencias de 1 a 2 por turno dependiendo los resultados microbiológicos previos con bomba atomizadora.

Indicadores de productividad:

Con el objetivo de evaluar la efectividad del programa de limpieza y desinfección aplicado en esta área, se deberá monitorear y registrar los siguientes indicadores;

Indicadores Productividad:

- Kg de azúcar perdido / Ton de caña molida.
- Acidez volátil.
- Incremento en azúcar empacado por ton caña.
- Perdidas de pureza en jugo
- Disminución de polisacáridos o dextranas
- Disminución de polisacáridos en azúcar.

Indicadores microbiológicos:

- Mesofilos Aerobios.
- M.O. productores de Exopolisacáridos.
- Recuento de levaduras salvajes.
- Recuento de bacterias ácido lácticas.
- Verificación de las dosis y de las concentraciones mediante equipo de Titulación Test Kit.

CONCLUSIONES

El beneficio principal de la implementación de este programa propuesto fue el aumento de la productividad por medio de la disminución del indicador de pérdida de azúcar por tonelada de caña molida por la reducción de microorganismos presentes en esta etapa.

Tomando resultados del programa ya implementado, se han obtuvieron reducciones de carga microbiológicas en superficies después de las jornadas de desinfección en el

orden del 90 – 95 % y reducción del indicador de pérdida de azúcar en menos 0,3 kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida.

Bibliografía

Cuddiby JA, Porro ME, Rauh JS. (s.f.). *The presence of total polysaccharides in sugar production and methods for reducing their negative effects.*

FKE. (2006). *Polysaccharides in sugar cane and its products.*

Si se tiene en cuenta que el ingenio utilizado en este estudio muele alrededor de 3,600 toneladas por día promedio; se estaría brindando un incremento de la productividad de 1000 kilogramos de azúcar diaria o 30 toneladas de azúcar por mes por cada 0,1 de reducción en el indicador de pérdida de azúcar

por tonelada de caña molida. Tan solo con la reducción del 0,1 del indicador de pérdida se estaría pagando el programa implementado e incrementaría la ganancia al ingenio.

En este estudio se tomó como objetivo la reducción del 0,1 pero cuando ya esté implementado el programa y en funcionamiento se buscarán nuevas áreas de mejora para lograr subir la productividad aún más hasta lograr una normalización.

Hugot. (1986). *Handbook of cane sugar engineering.* Elsevier.

Morel du Boil PG. (2000). *Enzymatic reduction of dextran in process.*

Rodriguez Jimenez, E. (2004). *La dextranasa a lo largo de la industria azucarera.*