

Influencia de la calidad de la materia prima en el proceso tecnológico, calidad del producto final, y el rendimiento industrial en una fábrica de azúcar.

Influences of the quality of the raw material in the technological process, quality of the final product, and the industrial yield in a factory of sugar

Autores: Cristina Marisol Martínez Pérez; Juan B. De León Benítez

Resumen

El trabajo que se presenta, aborda los resultados obtenidos en la investigación realizada, sobre la influencia de la calidad de la materia prima en el proceso industrial de fabricación de azúcar, teniendo como problema las afectaciones de la eficiencia en las últimas contiendas azucareras. Se demuestra así el impacto económico y ambiental que puede lograrse con el empleo de una materia prima que reúna los requisitos exigidos para lograr un azúcar de alta calidad y un proceso eficiente, hemos tenido en cuenta el contenido de materias extrañas, introducido al central conjuntamente con la caña a moler, lo que provoca en el proceso productivo grandes afectaciones indeseables para obtener un azúcar acorde a las exigencias del mercado internacional, y reduce la producción ocasionando pérdidas. Se utilizó fundamentalmente el método del análisis estadístico, a través de los resultados obtenidos por el laboratorio de azúcar durante las diferentes zafas, teniendo en cuenta el sistema de control de la materia prima, las técnicas utilizadas para su determinación, así como la evaluación de la calidad del producto final, para obtener mejores resultados en próximas zafas. De acuerdo con lo anterior quedan definidos los puntos críticos y las medidas para garantizar que se obtenga un rendimiento industrial más alto y se pueda aprovechar aún más el potencial cañero con un menor costo.

Palabras claves: azúcar; calidad, materia prima.

Summary

The work that is presented approaches the results obtained in the carried out investigation, on the influence of the quality of the matter it prevails in the industrial process of production of sugar, having as problem the affectations of the efficiency in the last sugar wars. It is demonstrated the economic and environmental impact that can be achieved with the employment of a matter it prevails this way that it gathers the requirements demanded to achieve a sugar of high quality and an efficient process, we have kept in mind the content of strange matters, introduced jointly to the central one with the cane to mill, what causes in the process productive big

undesirable affectations to obtain an in agreement sugar to the demands of the international market, and it reduces the production causing losses. The method of the statistical analysis was used, through the results obtained by the laboratory of sugar during the different harvests, keeping in mind the system of control of the matter prevails, the techniques used for their determination, as well as the evaluation of the quality of the final product, to obtain better results in next harvests. In accordance with the above-mentioned are defined the critical points and the measures to guarantee that a higher industrial yield is obtained and it can take advantage even more the potential of sugar cane with a smaller cost.

Keys word: Sugar, quality, raw material.

Introducción

Como dijera el Comandante Ernesto Guevara..."**Es uno de nuestros deberes ir descubriendo constantemente en que aspectos debemos fortalecer y proporcionar lo que estamos haciendo para lograr un incremento de forma constante en la eficiencia económica de la empresa y de la economía en su conjunto**"...

La industria azucarera cubana, al triunfo de la revolución era la única y más importante en nuestro país, con un desarrollo pobre, pero constituyó la principal fuente económica para la construcción del socialismo, poco a poco fue consolidándose, sufriendo grandes transformaciones en los momentos actuales, sin embargo, es necesario elevar la capacidad instalada y lograr la recuperación de la misma, pues no solo aporta un alimento indispensable para los seres humanos sino que Cuba puede exhibir con orgullo una agroindustria cañera con un alto grado de diversificación, se utiliza como fuente de materia prima para otras industrias, además brinda su apoyo en el campo de la energía eléctrica.

El objetivo fundamental del proceso azucarero lo constituye la separación de la sacarosa del resto de los componentes de la caña de azúcar, esto puede desarrollarse con más o menos dificultad en dependencia de muchos factores, entre los que se encuentran el contenido y las proporciones de impurezas presentes en el jugo sometido a la producción industrial del azúcar incrementado (González. 1982) por a mecanización de la cosecha, esto traerá influencias negativas en la calidad del producto final, que ha incrementado en cuanto a la exigencia durante los últimos años, así como un aumento de las pérdidas en proceso.

Muchas de estas impurezas ingresan formando parte de las materias extrañas no totalmente limpia, y que al sobrepasar los valores permisibles por su contenido alto en no azúcares tienen una incidencia negativa en el proceso, reduciendo la eficiencia en la casa de calderas (Prato. 1980) esto no significa que sea un argumento para enmascarar indisciplinas tecnológicas, justificar estrategias de operación incorrectas o negligencias, pero es necesario considerar que realmente la mala calidad de la materia prima hace el proceso industrial menos eficiente, así como la obtención de un azúcar crudo con parámetros de calidad inferiores a los requeridos. Las materias extrañas: constituyen todo aquello que no sea tallos sanos, por tanto la paja, el cogollo, retoños, tallos enfermos o deteriorados, así como la tierra y otros materiales se enmarcan dentro de la categoría de materias extrañas o sea que de una forma u otra son ajenas al proceso de extracción de azúcar.

Desarrollo

I.Propiedades y características de la materia prima. La caña de azúcar, que mundialmente, constituye una de las principales fuentes de materia prima de la industria azucarera está compuesta básicamente: por fibra vegetal (bagazo) y por jugo. Contiene, como resultado de sus procesos fisiológicos una gran gama de productos, uno de los cuales es la sacarosa, fundamental, en el desarrollo de la humanidad.

La caña de azúcar no tiene características que puedan considerarse constantes en su composición, ya que esta puede variar debido a diferentes factores (Casas. 2004), tales como: variedad, edad, época del año, condiciones del cultivo, tipo de suelo, tiempo

de corte, influencia de las materias extrañas, condiciones higiénicas de la fábrica, eficiencia y disciplina del proceso industrial, entre otros, lo que hace que la materia prima a la entrada del central posea diferentes características, que afectan la calidad del azúcar recuperable.

La materia prima para la fabricación de azúcar crudo es el tallo sano de la caña de azúcar, libre de materias extrañas y tierra (Santibáñez, M. 1983). Para que el proceso que realiza el central sea lo más eficiente posible, la caña que éste recibe debe de estar lo más madura posible, lo que constituye el principal factor que debe mantener la caña como materia prima (Reynoso, A. 1998)

Denominamos **materias extrañas** al conjunto de materias formadas por pajas, hojas, cogollos, tierras, etc que contiene la caña enviada al central (CAIT. 1990). El proceso productivo del central, admite hasta 5% de materias extrañas, como límite máximo para poder realizar un buen proceso de extracción del azúcar. Para las condiciones promedio en que se desarrolla una zafra se tendrán 0,34 +/- 0,03 puntos de caída de rendimiento industrial por cada 4 % de materia extraña. Los estudios arrojan que por cada 1% de materias extrañas que entren a la fábrica, se pierde 1,5 kg de azúcar por TM de caña procesada.

II. Influencia de las materias extrañas en el proceso de producción.

El exceso de materias extrañas según el DNMCC (1984) se produce por diferentes causas entre las que se encuentran poco filo y o mala regulación de las cuchillas de las combinadas, mala regulación de los ventiladores de las combinadas y los centros de acopio, corte demasiado bajo, toberas sucias en los centros de acopio, etc.

Efectos más significativos de las materias extrañas (CAIT. 1990):

-Reducen virtualmente la capacidad de molienda de la fábrica Una mayor cantidad de materias extrañas significa disminución de la cantidad de caña molida por día, y en consecuencia aumento del tiempo total de zafra.

-Por lo tanto un mayor contenido de materias extrañas conlleva a un menor rendimiento en azúcar por unidad de materia prima.

-Aumentan el costo de producción.

-Reducen el índice de rendimiento en azúcar.

-Disminuyen la pureza de los jugos.

-Incrementan la fibra.

-Incorporan al proceso sustancias insolubles y coloides difíciles de eliminar que afectan la calidad del azúcar.

Veamos las incidencias que provocan en cada subproceso dentro de la industria teniendo en cuenta el Manual de Información Técnica para el área de peso y alcalización:

·**Cogollos:** Estos representan aproximadamente 60% de las materias extrañas. De acuerdo con lo dicho por Reynoso (1988). Introducen una mayor cantidad de no azúcares, la elevada concentración de las sustancias nitrogenadas y las cenizas en el cogollo, sin dudas tiene un efecto en la disminución del rendimiento industrial y de la capacidad de agotamiento de las mieles finales, que aún no ha sido cuantificado, y deberá ser tema de futuras investigaciones. El cogollo es la más dañina de las Materias Extrañas, por su peso y en la fábrica tienden a disminuir el Bx, la Pureza, y elevan el contenido de fibra, influyendo en las pérdidas en bagazo.

Ejemplo:

| Muestra | Brix | Pol | Pza |
|-------------|-------|-------|-------|
| Sin cogollo | 21,34 | 20,30 | 95,15 |
| Con cogollo | 20,12 | 18,94 | 94,13 |

Pajas y Hojas: Dificulta la extracción en el molino y crea trastornos a la clarificación. La paja seca aumenta la cantidad de fibra y actúa como una esponja que absorbe el jugo, por consiguiente, aumenta la retención de azúcar en el bagazo, baja la calidad del combustible, afecta la combustión.

·**Raíces:** las raíces de la caña son mayormente una materia fibrosa que contiene poco azúcar.

·**Tierra:** No se justifica su entrada a la fábrica. La tierra que ellos llevan causa serios problemas en la molida, acelera el desgaste en los equipos preparatorios de la fábrica (tren de molinos, tamices y tuberías) la arena y el cieno causan diferentes problemas a la combustión, tendiendo a que se apague el horno, dificulta la clarificación, influyendo en la calidad del azúcar.

En algunos centrales azucareros se han tenido que hacer grandes inversiones en equipos y evitar problemas de erosión e interrupciones en la operación de los filtros.

·**Cieno:** se presenta en la caña en forma de una capa fina, que cubre cada tallo de caña no es tan abrasivo como la arena, causa problema de erosión en el

proceso de fabricación, este (cieno) fino en el jugo forma una suspensión que resulta difícil de sedimentar y obstaculiza la producción del jugo claro en los clarificadores.

Es necesario explicar que si el esquema de fabricación de azúcar es de tres masas el grado de incidencia es mayor dado el tiempo en que los materiales azucarados estarán sometidos al calor provocando afectaciones indeseables como a continuación se mostrará en el análisis de este trabajo. Según (Dirección de tecnología MINAZ: manual de operaciones para la producción de azúcar crudo de caña, 1995.)

Incidencias generales ya dentro de la industria:

Basculadores y molinos:

Uno de los aspectos para la eficiencia en la molienda son las características de la fibra vegetal, representado en el contenido de materiales que realmente no son de la caña óptima (meollo y otros materiales), generando un bagazo de características extractivas y porosidad inadecuadas, provocando retención de jugo, siendo necesarios altos regímenes de extracción, no obstante se puede incumplir la humedad y el contenido de pol, provoca deterioro del equipamiento y limita la capacidad de operación de los molinos que para cumplir con la eficiencia extractiva debe moler a menores valores que los planteados por la tarea diaria, incrementándose las caídas de pureza.

La presencia de materias extrañas adheridas a la caña afecta de manera considerable las condiciones higiénicas de la estación de molienda, creando focos de contaminación en el tandem muy difíciles de eliminar, y la proliferación de microorganismos en los jugos de forma acelerada si las condiciones son propicias para ello. (Herrera. 2006, Duarte. 1982)

Purificación:

En el caso del área de purificación tenemos que las afectaciones pueden ocurrir en cada uno de los procesos que la componen:

En la alcalización podemos decir que como se ha explicado estos no azúcares pueden afectar la reacción de alcalización al producir por combinaciones con la misma otros productos derivados de acciones complejas de sustancias orgánicas con el calcio además de reacciones de productos inorgánicos que forman precipitados incrustantes que afectaran la transferencia de calor en las flucieras durante el resto del proceso así como

la fortaleza de los floculos que atrapan las impurezas y características de los jugos respecto a su capacidad buffer es decir al cambio de pH lo que si resulta alta por jugos de mala calidad acentúa los consumos de cal nocivos en el resto de las áreas por ello estos productos no azúcares deben ser mínimos. Los productos orgánicos a eliminar crecen con el contenido de materias extrañas y dado su diversidad y disímiles valores de pH donde precipitan (punto izo- eléctrico) deben ser evitadas con el control de su entrada al proceso dado su incidencia sobre la viscosidad y las afectaciones que provocan por reacciones complejas que producen compuestos formadores de miel y con colores oscurecidos provocando las alteraciones del color y calidad del azúcar así como su capacidad de conservación durante el almacenamiento.

En el calentamiento: aumentan la producción de incrustaciones.

En la clarificación: afectaciones en la velocidad de sedimentación que disminuye la capacidad de molienda de este equipo, más si es de tipo bajo tiempo de residencia y con altos consumos de floculante para contrarrestar este efecto. Altos niveles de cachaza y dificultosa operación con posibles revolturas que afectan el contenido de insolubles en azúcar de no ser estrictos con la vigilancia del equipo.

Filtración: pérdidas en cachaza por altos volúmenes de esta y su poca concentración, así como anormales características de sus componentes que afectan el mezclado con el bagacillo.

Evaporación: altas afectaciones por incrustaciones y un incremento atípico de los reductores dado el alto contenido de estos formados por deterioro de la sacarosa por mala acidez del jugo dado los no azúcares que aceleran las reacciones de inversión.

Cristalización: respecto a esta área tenemos que es la que mas sufre los resultados del ingreso al proceso de no azúcares indeseables que producen los siguientes inconvenientes:

Aumento de viscosidad en la cocción de las masas que dificulta la circulación en los tachos provocando mayor gasto de vapor poca uniformidad de los cristales y bajo agotamiento de las masas

Incremento del color de los productos azucarados dado la reacción de los aminoácidos con el calcio en presencia de calor, así como otras reacciones complejas entre productos orgánicos que afectan este parámetro en el azúcar y obliga a un mayor uso de agua de lavado, no obstante queda una

proporción ocluida en el cristal.

Los componentes inorgánicos incrementan la solubilidad de la sacarosa por tanto tienen tendencia a dificultar su cristalización por lo que aumenta la producción de mieles y su pureza por ello son considerados melasigénicos.

Aumento de las pérdidas por inversión de sacarosa dado el alto contenido de acidez de los materiales provocando pérdidas por este concepto.

Alteración de los parámetros de operación de las masas impidiendo llegar a los valores óptimos que permiten obtener la eficiencia deseada.

Centrifugación: en esta área los no azúcares afectan la viscosidad de la masa a purgar que con un cristal fino, poco uniforme provoca ciclos de centrifugación mayores de los estipulados, reflejados en tiempos de espera más largos para garantizar una separación más completa del azúcar y la miel, de lavado más intenso del azúcar para cumplir con la pol y tiempos de centrifugación mayores para secar, por tanto se afecta la capacidad de molienda de esta área al convertirse en un cuello de botella además de generar mayor cantidad de miel que afecta a la fábrica en general así como sus existencias y balance energético.

valores límites normados y existe una tendencia a ser difíciles de mantener produciéndose reiterados incumplimientos.

III. Análisis técnico económico en las pérdidas en proceso

Está establecido según manual de operaciones para ingenio azucarero "La materia extraña incide sobre los costos de producción límite máximo del orden del 3 al 5 %, Se puede afirmar que por cada 1% de materia extraña entrada al ingenio se pierden 1.5 Kg. de azúcar por toneladas de caña procesada". Por tanto es posible calcular las toneladas de azúcar perdidas cuando se sobrepasa el valor normado cuadro 1, así como su alcance financiero cuadro 2, para los precios de comercialización del producto azúcar de alta calidad asignados a la empresa con un tándem.

Tabla 1: Toneladas de azúcar perdidas por toneladas de caña molida diaria para uno, dos y tres por ciento de materias extrañas por encima de la norma según normas potenciales

| Molida. Ton caña/ día. | Ton de Azúc. para 1% Mat. Ext. sobre norma | Ton de Azúcar por 2% Mat. Ext. sobre norma | Ton de Azúc. por 3% Mat. Ext. sobre norma |
|---------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 6000 | 9.0 | 18.0 | 27.0 |
| 7000 | 10.5 | 21.0 | 31.5 |
| 8000 | 12.0 | 24.0 | 36.0 |
| 9000 | 13.5 | 27.0 | 40.5 |
| 10000 | 15.0 | 30.0 | 45.0 |
| 11000 | 16.5 | 33.0 | 49.5 |
| 11500 | 17.25 | 34.5 | 51.8 |
| 12000 | 18.0 | 36.0 | 54.0 |

Calidad del producto:

En general el producto sufre respecto a sus parámetros de calidad reflejado en altos contenidos de reductores, almidón y dextrana así como cenizas y otros compuestos lo que afecta su estabilidad química causando deterioro de esta, además de que la humedad del producto puede verse afectada y dado su relación con los no azúcares puede afectar el factor de seguridad que garantiza la capacidad de almacenamiento. Los valores de pol obtenidos en producciones de alto contenido de materias extrañas son por lo general muy cercanos a los

Tabla # 2. Pérdida monetaria (para precio 1337.60 pesos por ton. de azúcar) por toneladas de caña molida para uno, dos y tres por ciento de materias extrañas por encima de su norma.

| Molida. Ton caña /día. | Pérdidas por 1% Mat. Ext. Sobre norma. \$ | Pérdidas por 2% Mat. Ext. Sobre norma. \$ | Pérdidas por 3% Mat. Ext. Sobre norma. \$ |
|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 6000 | 12 038.40 | 24 076.80 | 36 115.20 |
| 7000 | 14 044.80 | 28 089.60 | 42 134.40 |
| 8000 | 16 051.20 | 32 102.40 | 48 153.60 |
| 9000 | 18 057.60 | 36 115.20 | 54 172.80 |
| 10000 | 20 064.00 | 40 128.00 | 60 192.00 |
| 11000 | 22 070.00 | 44 140.00 | 66 210.00 |
| 11500 | 23 073.60 | 46 147.20 | 69 220.80 |
| 12000 | 24 076.80 | 48 153.60 | 72 230.40 |

Comportamiento en la zafra 2012 con cierre 30 de Abril.

Considerando que para esta zafra el valor plan de materias extrañas varia a causa de introducción de nuevas tecnologías de corte mecanizado de CASE y aumentar el plan del tiro directo.

·TM de caña molida total 649404.450

·Contenido de materias extrañas normado: 8.00 %.

·Contenido de materias extrañas real: 9.39 %

Valor del incumplimiento en el contenido de materias extrañas será: 9.39 %– 8.00 %.= 1.39 %.

·pérdidas diarias en toneladas de azúcar según molida por exceso de materias extrañas por cada un 1% por encima de la norma serán:

649 404.450 ton de caña * 1.50 Kg. de Azúc./ ton de caña = 974 106.675 Kg. de Azúc.

= 974.107 ton de Azúc.

Esto es para solo un 1%.

Para un real de 1.39 %

974.107 ton de Azúc/ 1%.* 1.39 % = 1 354.009 ton de Azúc total en 104 días de zafra.

·Pérdida económica en la zafra (1337.60 pesos/ton Azúc como precio del producto) que se pierde por exceso de materias extrañas:

Pérdidas monetarias total:

1 354.009 ton de azúcar * \$ 1 337.60/tn azuc.

= \$ 1 811 122.22. Pérdidas que no se recuperan.

IV. Análisis y discusión de los resultados:

De las tablas antes obtenidas se pueden analizar los siguientes aspectos:

1.Como se observa de estas tablas cuando la cantidad de materias extrañas se incumple con molidas de 9 000 toneladas de caña por día, con solo un 1 %, se pierden 18 ton de azúcar, es decir 24 076.80 pesos, esto afecta la contabilidad de la fábrica en cuanto a producción y estimados de caña disponible. Esto es diariamente lo que produce casi

una masa cocida comercial o media hora de purga en las centrífugas.

2.Como observamos estas perdidas son toneladas de azúcar debido a las materias extrañas en la fábrica y no de otros aspectos antes señalados, además no se tienen en cuenta las afectaciones derivadas por excesiva capacidad y gasto de energía.

3.Se paga un volumen de caña a un precio de \$104.00/ tm. En este año da un total de 9 026.72 tm, afectándose en \$ 938 779.07.

Conclusiones

Durante el desarrollo de la investigación se fue dando cumplimiento a los diferentes objetivos llegando a las siguientes conclusiones:

1.Se caracterizó la materia prima con la que ha contado la industria en diversas contiendas azucareras, durante toda la zafra analizada los parámetros de calidad del jugo primario estuvieron por debajo de los índices establecidos por el manual de operaciones de fabricación de Azúcar.

2.Existe una correspondencia entre la mala calidad de la materia prima y los bajos rendimientos obtenidos por la industria, por lo que puede establecerse que el incumplimiento del % de materias extrañas repercute en el rendimiento industrial.

3.El rendimiento industrial se comportó muy por debajo del cañero, lo cual estuvo influenciado por la mala calidad de la materia prima, que dificultó el proceso de fabricación, con pérdidas de azúcar considerables.

4.Existe una relación entre el % de materias extrañas con los parámetros de calidad del producto final como son: color, reductores, ceniza, y dextrana.

5.Con la aplicación de la doble semilla se logra mejorar los resultados en los parámetros de calidad (ejemplo en el color), a pesar de que el % de materias extrañas es alto.

6.Existen grandes pérdidas económicas por concepto de la influencia de las materias extrañas en el rendimiento.

Bibliografía

- 1.Casas, L. y otros aut. Estudio sobre la influencia de la composición de los jugos de caña sobre la eficiencia de los procesos industriales. Centro Azúcar 31(1): 9-12, enero-marzo, 2004 Villa Clara.
- 2.Col. De aut Manual de métodos analíticos para el control unificado, azúcar crudo. Octubre 1996. La Habana
- 3.Col. De aut Manual de información técnica. CAIT. Área: Analista de materias extrañas. Dirección de Capacitación. 1990. La Habana
- 4.Col. De aut Metodología para inspección de las actividades de control de la calidad y metrología en zafra DNMCC 1984. La Habana
- 5.González S. Evaluación de las materias extrañas en la economía agroindustrial azucarera. ATAC. 1:10-1.1982. La Habana
- 6.Prato, V. Influencia de la cosecha mecanizada en la elaboración de azúcar. Venez. Azu. Dic. Pp 8-14. 1980. Ciudad de La Habana
- 7.Reynoso, A. El ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar. 6ta Edición. Publicaciones azucareras. 1998. La Habana
- 8.Santibáñez, M. Tecnología Azucarera T. I. p, 79, 99,102, 103. T I. E. CNCA. 1983. Ciudad Habana.
9. Santibáñez, M. Tecnología Azucarera. T III. E .CNCA. 1983. Ciudad Habana
10. Casas, L. y otros aut. Estudio sobre la influencia de la composición de los jugos de caña sobre la eficiencia de los procesos industriales. Centro Azúcar 31(1): 9-12, enero-marzo, 2004 Villa Clara.