

PROCESO INDUSTRIAL

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de las pérdidas de azúcar en miel final en el Central Azucarero “Manuel Fajardo”

Evaluation of sugar losses in final honey Sugar Mill “Manuel Fajardo”

Ing. Julio de los Ríos Hernández^I, M.Sc. Rafael Cervantes Beyra^{II}, Lic. Leonides Román Silva Oliva^{III}

^I Unidad Empresarial de Base (UEB) “Manuel Fajardo Rivero”, Quivicán, Mayabeque, Cuba.

^{II} Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III} Universidad Agraria de La Habana, Centro Universitario Quivicán, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. La mayor pérdida de azúcar que se produce durante el proceso industrial es por miel final, y está influenciada tanto por la formación como por la pureza de las mismas. Estas pérdidas se pueden reducir si se eliminan una serie de fallas operacionales causadas por indisciplinas tecnológicas realizadas a lo largo del proceso de fabricación. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar las pérdidas de azúcar por miel final de las zafra 2013-2014 y 2014-2015 a través de los indicadores productivos y económicos utilizados en la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Manuel Fajardo Rivero”. Para cumplir el objetivo se determinaron los azúcares reductores, el incremento de reductores, el cumplimiento del pH, la formación y pureza de la miel final, la cantidad de azúcar perdida en miel final, la eficiencia del proceso industrial y la eficiencia económica por miel final. Como resultado se obtuvo que las indisciplinas tecnológicas durante la fabricación de azúcar provocaron baja conservación de reductores en el proceso, inestabilidad del pH y alto contenido de cenizas que causaron pérdidas de azúcar por alta formación y pureza de miel final. Las pérdidas de azúcar en miel final ascendieron a 238,52 t en la zafra 2013-2014 y de 129,55 t en la zafra 2014-2015 con una afectación económica de \$323 146,90 y \$175 514,34 peso respectivamente. La estabilidad de la molida en la zafra 2014-2015 aumentó la eficiencia económica en 4,42% respecto a igual período del año anterior, con una reducción de las pérdidas de azúcar en miel final de 147 632,556 peso.

Palabras clave: azúcares reductores, eficiencia económica, formación de miel final, indisciplinas tecnológicas.

ABSTRACT. The biggest loss of sugar that takes place during the industrial process is for final honey, and it is influenced by the formation and by the purity of the same ones. These losses can diminish if there is eliminated a series of operational flaws caused by technological indiscipline realized along the production process. For it, the objective of this investigation was evaluate the losses of sugar for final honey in the years 2013-2014 and 2014-2015 across the productive and economic indicators used in the Sugar Mill “Manuel Fajardo”. To fulfill the objective was determinate the sugar reducers, the increase of reducers, the fulfillment of the pH, the formation and purity of the final honey, the quantity of sugar lost in final honey, the efficiency of the industrial process and the economic efficiency for final honey. As result obtained that the technological indiscipline during the sugar production provoked low reducers conservation in the process, instability of the pH and high formation of ashes that caused losses of sugar for high formation and purity of final honey. The losses of sugar in final honey ascend to 238, 52 t in the year 2013-2014 and of 129,55 t in the year 2014-2015 with an economic affectation of \$323 146,90 and \$175 514,34 respectively. The stability of the ground in the year 2014-2015 increased the economic efficiency in 4,42% with regard to equal period of the previous year, with a reduction of the losses of sugar in final honey of \$147 632,556.

Keywords: sugar reducers, economic efficiency, formation of final honey, technological indiscipline.

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de azúcar en miel final son las de mayor porcentaje de todas las pérdidas totales dentro del proceso industrial¹. Varios centrales de países altamente productores

de azúcar (Australia, Brasil. La India y México) presentan pérdidas de azúcar en miel final por debajo de 5% (Mosquera *et al.*, 2012). En Cuba para la zafra 2013-2014 estas pérdidas

¹ ZEPEDA, G.E.R.: *Propuesta de alternativas para la reducción de pérdidas de sacarosa en un ingenio azucarero*, [en línea] 519pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero), Universidad de El Salvador, 2012. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/1647/> [Consulta: 18 de marzo de 2015].

oscilaron por encima del 9%. Solo nueve centrales estuvieron por debajo de este indicador y de ellos tres por debajo de 8%. El propio año 2014 el central “Grito de Yara” tuvo pérdidas por encima de 15%.

En este sentido, desde el siglo XX se demostró que los centrales cubanos presentaban caídas de purzas de masa a miel entre 25 y 30 puntos en la masa cocida de tercera. En la provincia de Matanzas se observaron muy pocas empresas azucareras con caídas de purzas superiores a 25 puntos. Estudios realizados en otras provincias muestran comportamientos similares, lo que indica las pérdidas de eficiencia a lo largo de todo el proceso de producción y pérdidas de azúcar por concepto de miel final (Cabezas, 2008; Suárez *et al.*, 2010).

Por tal razón, es necesario dilucidar a través de la investigación científica las diferentes causas que provocan las altas pérdidas de azúcar por miel final en la UEB “Manuel Fajardo”, por lo que se establece como objetivo de investigación: evaluar las pérdidas de azúcar por miel final de las zafras 2013-2014 y 2014-2015 a través de los indicadores productivos y económicos utilizados en la UEB “Manuel Fajardo”

MÉTODOS

Localización y caracterización del área en estudio

El programa de las investigaciones experimentales se elaboró y desarrolló en los meses de enero de las zafras 2013-2014 y 2014-2015 en la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Manuel Fajardo Rivero”. La misma se encuentra ubicada en el municipio Quivicán, provincia Mayabeque (Figura 1).



Figura 1. Imagen satelital de la UEB “Manuel Fajardo”.

Determinación de los azúcares reductores

Los azúcares reductores, en especial la dextrosa y la levulosa, están presentes en todos los productos del proceso agroindustrial azucarero y constituyen una de las impurezas principales. Estos se pueden evaluar en jugo primario, mezclado, clarificado, meladura, mieles y azúcares en las diferentes etapas del proceso con el fin de identificar los lugares de posi-

bles anormalidades. En este sentido muchos son los métodos utilizados; sin embargo, el propuesto por Lane y Eynon (Chou, 2000), es confiable, sencillo y económico, aspecto muy importante para la agroindustria nacional. Por esta razón se utiliza en Cuba hace más de 30 años (Pérez y Fernández, 2006).

Para la realización de los análisis de laboratorio se tuvieron en cuenta las normas NC ISO 9001:2008 y NC ISO 17025:2006 para la competencia y gestión de la calidad respectivamente; y para la determinación del porcentaje de azúcares reductores en los jugos, se consideró lo planteado por Pérez y Fernández (2006).

Determinación del incremento de los reductores % Brix del jugo mezclado con respecto al primario

La determinación del incremento de los reductores % Brix nos muestra con mayor exactitud y confiabilidad el comportamiento de los reductores en el proceso. Esta determinación es de gran utilidad para los jefes de fabricación de azúcar y jefes de laboratorios azucareros para valorar el incremento o destrucción en las respectivas áreas.

El valor de la diferencia de los reductores % Brix entre los jugos primarios y mezclado debe ser cero, o como máximo aquella que no sobrepase el 5% del valor del primario. Ello se determinó por la siguiente expresión:

$$IR = \left(\frac{R\% BxJM - R\% BxJP}{R\% BxJP} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

donde: IR-Incremento de Reductores (%); R%BxJM-Reductores %; Brix del Jugo Mezclado (%); R%BxJP-Reductores en el Brix del Jugo Primario (%).

Determinación del pH en jugo clarificado

La determinación del pH en el proceso agroindustrial azucarero tiene una amplia e importante aplicación. El grado de acidez del jugo de entrada al proceso constituye un índice de su calidad. Por otro lado, el proceso de purificación del jugo mezclado (con el hidróxido de calcio) requiere un adecuado control para obtener resultados óptimos. El pH es un parámetro importante para conocer la calidad de otros productos intermedios (meladura) y finales (azúcar crudo). La determinación de la concentración de iones hidronio, se realizó mediante el método potenciométrico según la norma NC 32:09.

Para calcular el porcentaje de cumplimiento del pH se realizó por la siguiente expresión:

$$C = \frac{P}{T} \cdot 100 \quad (2)$$

donde: C-Cumplimiento de la norma de pH (%); P-Parte (en la norma aprobada para la UEB debe estar entre 6,80-7,10) (U); T-Total de muestras analizadas (U).

Determinación de la formación de miel final en la fábrica

La formación de miel es la relación entre los litros reales y los litros teóricos de la fábrica y se expresa en %; indicador

que conjuntamente con la pureza, nos permite evaluar la pérdida más importante de azúcar en el proceso. En este caso, para calcular la formación de miel final se utilizó la expresión matemática:

$$FMF = \frac{Lr}{Lt} \cdot 100 \quad (3)$$

donde: FMF-Formación de miel final (%); Lr-Litros reales (U); Lt-Litros teóricos (U).

Determinación de pureza de la miel final

Es la relación entre el % de Pol y el Brix de la miel. Su plan en el caso de la UEB de referencia es de 38,0% por lo que se prefieren valores inferiores a este, ya que generalmente se producen pérdidas a cantidades superiores. Este valor por sí solo no es un indicativo de las pérdidas en miel, pero si ofrece una referencia importante del trabajo de la fábrica y del área de cristalización. Se calculó usando la expresión:

$$Pureza = \frac{Pol}{Brix} \cdot 100 \quad (4)$$

donde: Pol-Concentración de sacarosa aparente en una disolución azucarada (%); Brix-Sólidos solubles disueltos en 100 partes de solución azucarada (%).

Hay varios factores que inciden en este resultado como, la relación reductores-cenizas (índice de agotamiento), el cual se afecta cuando los reductores no se conservan en el proceso ocasionando que se obtengan valores por debajo de 2, por lo que se puede afirmar que cuando estos valores están entre 1,8 y 2 el índice de agotamiento es regular y por debajo de 1,8 es malo afectando la pureza de la miel final y aumentando las pérdidas de azúcar. La relación antes mencionada se calculó por la expresión:

$$R/Cmf = \frac{\%Rmf}{\%Cmf} \quad (5)$$

donde: R/Cmf-Coeficiente Reductores/Cenizas en miel final (U); %Rmf- Porcentaje de Reductores en miel final (%); %Cmf- Porcentaje de Cenizas en miel final (%).

Determinación de las pérdidas de azúcar por mieles

Para realizar los cálculos de las pérdidas de azúcar por miel final se seleccionaron los indicadores "Afectación del Rendimiento por Miel Final" y "Cantidad de Azúcar Perdida por Miel Final". Para sus determinaciones se utilizó el programa de contabilidad azucarera ConLab (DATAZUCAR-AZCUBA, 2015²).

Indicadores para evaluar el impacto de la eficiencia del proceso industrial por pérdidas de azúcar por mieles

En la determinación de la eficiencia del proceso industrial por pérdidas de azúcar por mieles, se debe considerar el azúcar producido en el período observado y las pérdidas de azúcar en miel final, por lo que se empleó la siguiente expresión:

$$Efp_i = \frac{Cap}{CPMF + Cap} \cdot 100 \quad (6)$$

donde: Efp_i-Eficiencia del proceso industrial (%); Cap-Cantidad de azúcar producida en el período observado (t); CPMF-Cantidad de azúcar perdida en miel final (t).

Considerando el costo económico por pérdidas de azúcar en miel final y el costo de la azúcar producida se puede determinar la eficiencia económica del proceso industrial por la miel final a partir de la expresión:

$$Efic = \frac{Ceap}{Ceap + Cepmf} \cdot 100 \quad (7)$$

donde: Efic - Eficiencia económica del proceso industrial; Ceap-Costo económico del azúcar producido en el período observado (peso); Cepmf-Costo económico por pérdidas de azúcar en miel final (peso)

Por otra parte, para determinar el costo económico por pérdidas de azúcar en miel final y del azúcar producido, se utilizaron las expresiones:

$$Cepmf = CPMF \cdot Pa \quad (8)$$

$$Ceap = Cap \cdot Pa \quad (9)$$

donde: Pa-Precio promedio del azúcar ensacada: 1 354.80 (peso).

Procesamiento estadístico-matemático

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS *Plus* para Windows 5,1 y la prueba de Varianza simple. Se verificó en cada caso el cumplimiento de los supuestos teóricos y se estableció un nivel de significación (α) de 0,05 para un 95% de intervalo de confianza. Para establecer la diferencia entre los grupos se aplicó la dócima de comparación de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables productivas que influyen en las pérdidas de azúcar en miel final

Contenido de reductores

En la Tabla 1, se presentan los resultados promedios de la determinación de azúcares reductores en el jugo primario (JP), mezclado (JM), clarificado (JC), miel final (MF), en las tres decenas del mes de enero de los años 2014 y 2015. En la propia tabla se puede observar que no se encontraron deferencias estadísticamente significativas ($\alpha > 0,05$) de las variables analizadas en los dos años en estudio. No obstante, el contenido de reductores en el jugo mezclado difirió significativamente entre ambos años; pero sobre todo, aumentó un 12% aproximadamente con respecto al jugo de la primera extracción (JP). Esto se puede apreciar tanto en el valor promedio de cada decena como en el acumulado.

² DATAZUCAR-AZCUBA: Iplus (Conlab), (Versión 4.0.8), [Windows], Ed. DATAZUCAR, La Habana, Cuba, 30 de marzo de 2015.

TABLA 1. Comportamiento en porcentos de los reductores en los años 2014 y 2015

	JP	JM	JC	MF
Enero 2014				
1-10	0,923	1,07	0,8	19,15
11-20	0,93	1,04	0,72	18,7
21-31	1,04	1,13	0,66	20,1
Promedio	0,964a	1,08a	0,726a	19,32a
Enero 2015				
1-10	0,883	0,991	0,812	18,4
11-20	0,704	0,817	0,531	19,12
21-31	0,833	0,91	0,537	20,17
Promedio	0,807a	0,906b	0,626a	19,23a

*Letras diferentes indican diferencias significativas entre los años estudiados.
 Leyenda: jugo primario (JP), mezclado (JM), clarificado (JC), miel final (MF).

Este aumento resulta lógico debido a las condiciones existentes para la aparición y reproducción de microorganismos en el área de molinos. Las principales indisciplinas tecnológicas encontradas fueron: elevados tiempos de residencia, condiciones óptimas de acidez y humedad, y poca asepsia en el área; lo que provocó inversión de la sacarosa y un cierto aumento del contenido de reductores.

Existe una considerable disminución del contenido de reductores en el jugo clarificado de más del 30% en ambas zafas, poniéndose en evidencia la destrucción de los mismos en el proceso de purificación. Este descenso del contenido de reductores se mantiene durante todo el proceso de cocción y llega hasta la miel final. Esto es de suma importancia, pues su ausencia eleva la solubilidad de la sacarosa, que al combinarse con el alto contenido de cenizas, dificultan en gran medida todo el proceso de cristalización y disminuyen el índice de agotamiento (Jenkins, 1971³).

Incremento de los azúcares reductores por ciento Brix del jugo mezclado con respecto al primario en el área de los molinos

El incremento de los azúcares reductores es una de las variables que incide directamente en la pérdida de azúcar con la correspondiente formación de miel final. En la Figura 2, se puede observar que no se presentó diferencia significativa ($\alpha=0,1716$) entre los años 2014 y 2015. No obstante, en el año 2015 se logró reducir el incremento de reductores en 7,99%, con respecto a igual período del año anterior.

Esta baja diferenciación de los resultados entre ambos años se debe, en lo fundamental, a que las indisciplinas tecnológicas que provocan la infección en los tándems se evidenciaron en gran parte del período evaluado. No se aplicó regularmente las

limpiezas con vapor y agua caliente, ni se suministró ifoprol que es el principal producto para controlar la infección y la formación de reductores. Como resultado, en la virgen de los molinos, en el colador rotatorio, en las tuberías y bandejas de maceración, y en el tanque de jugo mezclado, había presencia de nidos de dextranas que provocaron la destrucción de la sacarosa. El proceso de fabricación de azúcar se afecta siempre que existan incrementos de reductores por indisciplinas tecnológicas, lo que aumenta el galonaje de miel y eleva la pureza de la miel final que incide negativamente en la economía de las fábricas (Array, 2005; Zossi *et al.*, 2010; Corrales y Garzón 2014). Como un valor macro, por cada una unidad de incremento de reductores, se incrementa la producción de miel final en un galón por tonelada de caña aproximadamente (Monzón, 2011).

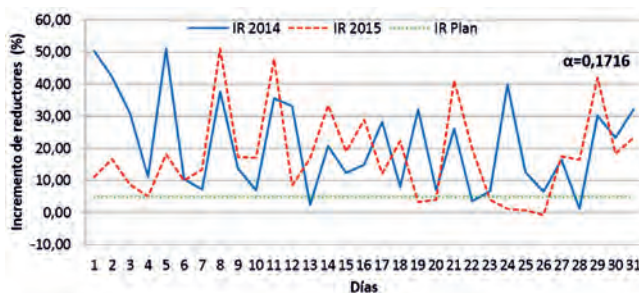


FIGURA 2. Valores promedio de resultados del incremento de los azúcares reductores por ciento Brix (%Bx) en el mes de enero de las zafas de 2013-2014 y 2014-2015.

Determinación del pH del jugo clarificado

El pH es otra variable que incide en el aumento de la formación de mieles en la fábrica. Según la norma el valor permisible de cada una de las observaciones debe estar entre 6,8 y 7,1; y su porcentaje de cumplimiento diario debe ser mayor del 87,5%. Durante el mes de enero de la zafa 2013-2014 se obtuvieron valores bajos de cumplimiento del pH. La media de cumplimiento para este período fue de 34,4%, lo que supone una alta pérdida de azúcares con la consiguiente formación de mieles. Por otra parte, en la zafa 2014-2015, para igual periodo de observación, hubo una mayor estabilidad en el cumplimiento de este indicador el cual presentó una media de 67,94%; aunque no se cumple con la norma establecida (87,5%) (Figura 3).

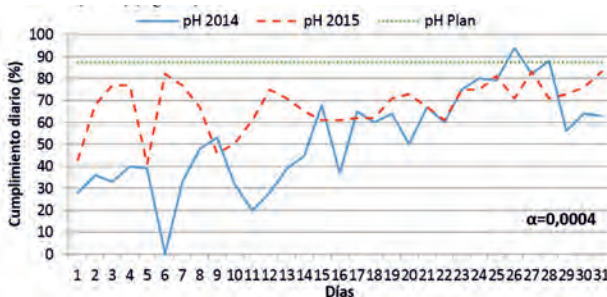


FIGURA 3. Porcentaje de cumplimiento del pH en jugo clarificado en el mes de enero de la zafa 2013-2014 y 2014-2015.

³ JENKINS, G.H.: *Introducción a la Tecnología de la Caña de Azúcar*, Ed. Instituto Cubano del Libro, 589pp., La Habana. Cuba, 1971.

En la figura anterior se puede observar claramente, que para ambos años, las lecturas potenciométricas realizadas están alejadas del plan o la norma de porcentaje de cumplimiento establecida para este tipo de fábricas. La rotura de equipos de medición de pH y otras disciplinas tecnológicas en el área de purificación como la inestabilidad en el flujo del jugo, alta y bajas temperaturas a la salida de los calentadores y mala calidad de la cal (purezas inferiores a 60%), dieron al traste con el cumplimiento de la norma de este indicador, el cual tuvo gran peso en la elevada formación de mieles finales y altas purezas.

Por otra parte, se hace notar que entre los años estudiados existe una diferencia significativa ($\alpha=0,0004$), lo que sugiere un aumento de las medidas de control en la primera quincena del 2015. En este sentido, en los primeros 15 días del presente año, el central evidenció una mayor regularidad en la molienda de la caña, lo que repercutió en una mayor estabilidad del flujo del jugo a la fábrica y de la lechada de cal hacia el área de purificación, con el consiguiente aumento de su calidad por un mejor control del pH. En consecuencia, la molienda estable permitió que el turbogenerador encargado de suministrar el vapor, estabilizara la temperatura del jugo y mejorara la calidad del proceso de clarificación, impidiendo la inversión de la sacarosa en el clarificador⁴.

Determinación de la formación de miel en fábrica

La formación de miel es un indicador que nos informa cómo ha sido el trabajo de la fábrica en función de la eficiencia. Tal como se ha venido presentando en las explicaciones anteriores existe alta correspondencia entre incremento de los azúcares reductores, el bajo cumplimiento del porcentaje de los pH y la formación de miel. En la Figura 4, se presentan los valores de formación de miel y se puede observar como estos distan del porcentaje de formación previsto en el plan de cumplimiento (105%).

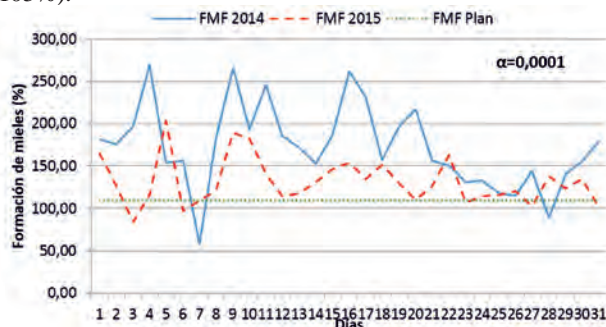


FIGURA 4. Valores de resultados obtenidos del porcentaje de formación de miel en el mes de enero de la zafra 2013-2014 y en igual período de la zafra 2014-2015.

Tal como se esperaba el incremento de reductores y el incumplimiento constante de la norma de pH por las diferentes disciplinas tecnológicas mencionadas, provocaron una alta

formación de miel al final en el proceso. También se hace notar que aunque en la zafra del 2015 no se cumplió con el plan, esta presenta alta diferenciación significativa de formación de miel final con respecto al 2014. En los primeros 20 días se evidencia un mejor desempeño del proceso industrial con cinco jornadas que estuvieron por debajo del plan.

Esta mejoría, aunque alejada de la formación permisible, parece estar relacionada con la regularidad alcanzada en el cumplimiento de la norma potencial de molienda en la primera mitad del mes. En este sentido se obtiene que para la primera quincena del 2015 se molió a un 81,12% del plan, mientras que para el 2014 este fue de solo 61,98%. Esta estabilidad del proceso ejerce gran influencia en la corrección de los parámetros de calidad de la industria ya que es más estable el flujo y beneficio del jugo de caña en la fábrica (Diez *et al.*, 2011; Diez *et al.*, 2013),

Resultados similares han sido obtenidos por Alfonso *et al.* (2014)⁵, los cuales realizaron una investigación en donde se evaluaba la recuperación de azúcar en doce centrales azucareros nacionales y encontraron que a medida que aumenta la formación de mieles el recobrado (recuperación de azúcar) disminuye. Además, plantean que la recuperación de azúcar se ve fuertemente afectada por el bajo aprovechamiento del potencial de molienda (irregularidad en la molienda), lo que concuerda con lo obtenido en esta investigación.

Determinación de la pureza de la miel final

La variación en las purezas de las mieles, y el agotamiento de estas, tiene una causa material expresada en la composición química o en las propiedades físico-químicas del sistema que explican el incremento de su solubilidad o la disminución de la velocidad de cristalización fundamentalmente. La menor proporción de reductores eleva la solubilidad de la sacarosa y disminuye la sobresaturación. El bajo contenido de reductores en la miel, el alto contenido de cenizas y la inestabilidad de los pH contribuyen a elevar la pureza y la formación de la miel final.

En la Figura 5, se puede observar que la pureza de la miel final en el año 2014 mantuvo un valor promedio 40,25%, y no mostró diferencias significativas ($\alpha=0,9310$) con el obtenido en el año 2015 el cual fue de 40,16%. En ambas etapas existieron condiciones tecnológicas similares porque los reductores y las cenizas se mantuvieron fuera del rango establecido para obtener mejor agotamiento (>25 y <10 respectivamente) (Casanova y Lodos, 1998). En este sentido los reductores no se conservaron durante el proceso de fabricación, mientras que las cenizas aumentaron por sobre alcalización y el empleo de agua sin tratar. Las cenizas producen un efecto perjudicial ya que impiden que toda la sacarosa disuelta se incorpore al cristal de azúcar (Suárez *et al.*, 2010).

⁴ HERRERA, Z.A.C.: *Estudio comparativo de métodos para la determinación de sacarosa y azúcares reductores en miel virgen de caña utilizados en el ingenio Pichi-chí S.A.*, 104pp., Tesis (en opción al Título de Tecnóloga en Química en la Modalidad de Práctica Empresarial), Universidad Tecnológica Pereira, Pereira, 2011.

⁵ ALFONSO, L.M. de la C.; REY, R.C. del; GONZALES, R.M.: *Evaluación de la recuperación de azúcar en centrales azucareras según metas en procesos claves*, [en línea] Ed. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras, 2014. Disponible en: <http://karolbeth.net/atam/inicio/images/PDF/XXXVI/fabrica/fabrica2/completos/27.pdf> [Consulta: 21 de mayo de 2015].

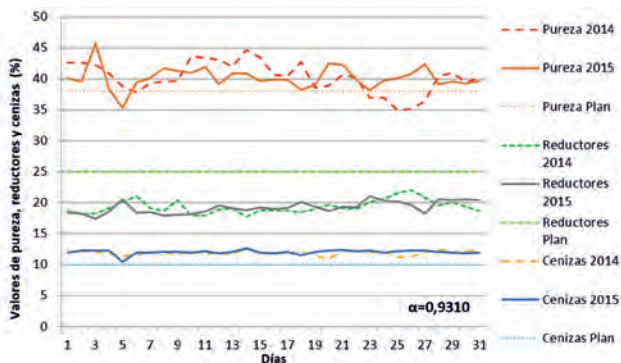


FIGURA 5. Valores de los resultados obtenidos en la pureza de miel final en el mes de enero de la zafra 2013-2014 y en igual período de la zafra 2014-2015.

En la figura anterior, se puede observar que el comportamiento de las cenizas y los reductores están en correspondencia con el valor de pureza de la miel final. En este caso, las indisciplinas tecnológicas son las que inciden principalmente en los altos valores de pureza la cual debe estar por debajo del 38%. Como se había demostrado en los epígrafes anteriores, la irregularidad en la molienda produjo inestabilidad en la aplicación de productos controladores como la lechada de cal que estabiliza el pH del jugo clarificado.

Por otra parte, la poca capacidad de almacenamiento de agua de retorno contaminada, así como las pérdidas de esta por salideros y derroches, provoca que a menudo sea necesario utilizar aguas de baja calidad industrial que provienen directamente de los afluentes. A esto se le puede sumar que en las cajas de enfriamiento de las chumaceras de bronce que soportan las masas de los molinos, presentan salideros que ingresan agua sin tratar al sistema; y a la postre, esto provoca aumento de las cenizas que inciden en la pureza de la miel final (Lodos *et al.*, 2007; Mosquera *et al.*, 2012),

Indicadores económicos que cuantifican en las pérdidas de azúcar en miel final

Para determinar las pérdidas de azúcar en miel final; se determina la afectación al rendimiento por el concepto de miel final y se considera la cantidad de caña molida en el período observado. Durante el mes de enero de la zafra 2013-2014 se obtuvo una pérdida de azúcar en miel final de 238,52 t, y si se suma al azúcar lograda en el período observado (2 997,425 t), se obtiene que se pudo haber producido 3 235,945 t. En la zafra 2014-2015 se presentaron pérdidas de azúcar en miel final de 129,55 t, que si se suman al azúcar fabricada (4 264,333 t), se obtiene que se pudo haber producido 4 393,883 t (Figura 6).

En este sentido, es lógico encontrar que la eficiencia del proceso industrial por pérdidas de azúcar en miel final para enero del año 2014 fue de 92.63%, mientras que para el 2015 fue de 97.05%, lo cual se considera deficiente ya que este valor debe estar por encima del 100% para que no ocurran pérdidas y se aporte azúcar. De igual manera el impacto económico de esta eficiencia industrial presento problemas en ambos años, con valores iguales a los mostrados en la eficiencia del proceso.

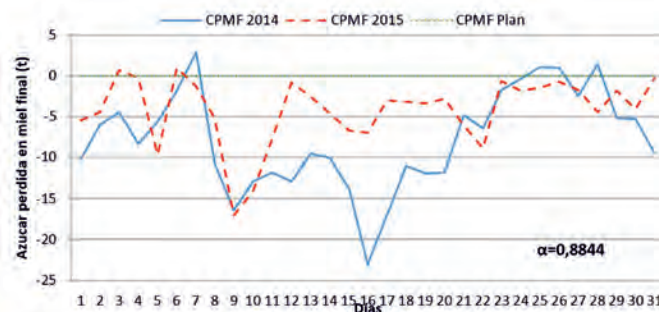


FIGURA 6. Valores de pérdidas de azúcar en miel final en el mes de enero de la zafra 2013-2014 y en igual período de la zafra 2014-2015.

Teniendo en cuenta la eficiencia anterior, el costo económico del azúcar perdida por miel final en enero del 2014 fue de 323 146,896 peso y en el caso de la zafra 2015 fue de 175 514,34 peso. Por otra parte, el costo del azúcar producida para la zafra 2013-2014 fue de 4 060 911,39 peso y para la zafra 2014-2015 fue de 5 777 318,348 peso.

En la zafra 2015 se evidenció un aumento de la eficiencia económica del proceso industrial por pérdidas de azúcar en miel final de 4,42% respecto a igual período del año anterior, lo que implica una mejoría de 147 632,556 peso.

De esta manera, las indisciplinas tecnológicas que aumentan las pérdidas de azúcar en miel final tienen una importante repercusión económica en cada zafra. En este sentido Corrales-Correa y Garzón-García (2014), en un trabajo sobre la identificación y cuantificación de las pérdidas de sacarosa en un central de Colombia, encontraron que las indisciplinas tecnológicas que determinan las pérdidas de sacarosa aumentaban significativamente las pérdidas económicas, las cuales podían ascender a 1 540 millones de peso por año como promedio. En correspondencia, Pérez-Bermúdez *et al.* (2014), al estudiar la influencia del tiempo perdido industrial (TPI) sobre la economía de los centrales azucareros cubanos, demostraron que el aumento de las paradas del central provocan disminución en los rendimientos industriales de la fábrica que pueden llegar a ser igual a 0,5% para un TPI del 20%. Por otra parte, las ganancias decrecen entre 5 y 21% en un rango de tiempo perdido de 5 a 20%.

CONCLUSIONES

- Las indisciplinas tecnológicas durante la fabricación de azúcar son las responsables de la baja conservación de reductores en el proceso, inestabilidad del pH y alto contenido de cenizas que causan importantes pérdidas de azúcar por alta formación y pureza de miel final. La estabilidad de la molida aumenta la eficiencia económica del proceso ya que en la zafra 2014-2015 se presentó una reducción de las pérdidas de azúcar en miel final de 147 632,556 peso. Las pérdidas de azúcar en miel final ascendieron a 238,52 t en la zafra 2013-2014 y de 129,55 t en la zafra 2014-2015 con una afectación económica de 323 146,90 peso y 175 514,34 peso respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRAY: "La dextranasa a lo largo de la industria azucarera", *Biotecnología aplicada*, ISSN-0864-4551, 22(1): 11-19, 2005.
- CABEZAS, C.E.: "La industria azucarera cubana en los años 80 del siglo XIX", *Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba*, ISSN-0138-7553, (2): 38-46, 2008.
- CASANOVA, E.; LODOS, J.: "Guía para el diagnóstico de las mieles finales", *Revista CubaAzúcar*, ISSN-0590-2916, 46-50, 1998.
- CHOU, C.C.: *Handbook of Sugar Refining: A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities*, Ed. John Wiley & Sons, pp. 776, ISBN-9780471183570, USA, 2000.
- CORRALES-CORREA, E.; GARZÓN-GARCÍA, G.: "Identificación y cuantificación de pérdidas de sacarosa en el efluente final del proceso de elaboración de azúcar en el ingenio azucarero Riopaila Castilla (planta Castilla)", *[en línea] Ingeniería Industrial*, ISSN-1815-5936 DOI-<http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.808>, 10(17): 83-91, 2014.
- CORRALES, E.C.; GARZÓN, G.G.: "Identificación y cuantificación de pérdidas de sacarosa en el efluente final del proceso de elaboración de azúcar en el ingenio azucarero Riopaila Castilla (planta Castilla)", *[en línea] Ingeniería solidaria*, ISSN-1900-3102 DOI-<http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.808>, 10(17), 2014.
- DIEZ, O.A.; CRUZ, M.C.; CÁRDENAS, G.J.: "Optimización energética para la producción simultánea de azúcar y alcohol en Tucumán", *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, ISSN-1851-3018, 88(2): 27-40, 2011.
- DIEZ, O.A.; SALAZAR, R.A.; CÁRDENAS, G.J.: "La recirculación de no azúcares: variable estratégica en la selección del sistema de cocimiento para la producción simultánea de azúcar y alcohol", *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, ISSN-1851-3018, 90(2): 17-27, diciembre de 2013.
- LODOS, F.J.; RODRÍGUEZ, M.; ROSTGAARD, O.: "Las pérdidas en mieles y la medición del tamaño de los cristales de azúcar", *Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba*, ISSN-0138-7553, (1): 18-22, 2007.
- MONZÓN, O.: "Relación del contenido de los azúcares reductores con otros parámetros de evaluación en los jugos de pre-cosecha", *[en línea] En: XII Congreso nacional de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala*, Guatemala, 2011. Disponible en: http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Ffatagua.org.gt%2Fdoctos_XII_Congreso_Nacional%2FFabrica%2C%2520jueves%252011%2C%2520PDF%2FRelacion%2520del%2520contenido%2520de%2520los%2520Azúcares%2520reductores.pdf%3Ff021bb&ei=u-gSVfWGMYPyATpo4LgCg&usq=AFQjCNHFf5mjWP3B70jxxM-zhJzaY9pC0A&bvm=bv.89217033,d.aWw [Consulta: 25 de marzo de 2015].
- MOSQUERA, H.H.; GARCÍA, G.G.; GUTIÉRREZ, J.R.: "Evaluación, análisis y cuantificación de pérdidas de sacarosa de miel final en los procesos de cristalización, agotamiento y centrifugación del Ingenio María Luisa", *Ingenium*, ISSN-1692-0899, 6(12): 69-75, 2012.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y de calibración*, Norma Cubana ISO 17025, La Habana, Cuba, Vig. 2006.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Sistema de gestión de la calidad*, Norma Cubana ISO 9001, La Habana, Cuba, Vig. 2008.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Determinación del pH y la Conductividad Eléctrica en el Extracto de Saturación*, Norma Cubana 32, La Habana, Cuba, Vig. 2009.
- PÉREZ-BERMÚDEZ, I.; NAVARRO-HERNÁNDEZ, H.; GARRIDO-CARRALERO, N.: "Influencia del tiempo perdido industrial sobre la economía de los ingenios azucareros", *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, ISSN-0138-6204, 48(2): 56-59, 2014.
- PÉREZ, S.F.H.; FERNÁNDEZ, Á.F.: *Métodos analíticos para azúcar crudo*, Ed. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras y Publicaciones Azucareras, ISBN-959-7140-18-7, La Habana, Cuba, 2006.
- SUÁREZ, S.D.; SUÁREZ, K.F.M.; ESTÉVEZ, P.R.P.: "Estudio ampliado del comportamiento de los azúcares reductores. Su influencia en la pureza de la miel final. Propuesta de un indicador para un método de control", *[en línea] Avanzada Científica*, ISSN-1029-3450, 6(3), 2010. Disponible en: <http://avanzada.idict.cu/index.php/avanzada/article/view/83/0> [Consulta: 18 de marzo de 2015].
- ZOSSI, B.S.; CÁRDENAS, G.J.; SOROL, N.; SASTRE, M.: "Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán (R. Argentina): Parte 1: caña limpia y despuntada", *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, ISSN-1851-3018, 87(1): 15-27, junio de 2010.

Recibido: 10/09/2015.

Aprobado: 1/4/2016.

Publicado: 30/4/2016.

Julio de los Ríos Hernández, Jefe de fabricación de azúcar Unidad Empresarial de Base (UEB) "Manuel Fajardo Rivero", Quivicán, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: cervantes@unah.edu.cu

Rafael Cervantes Beyra, Profesor Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana. Correo electrónico: cervantes@unah.edu.cu

Leonides Román Silva Oliva, Jefe del departamento Ciencias Técnicas, Centro Universitario Quivicán, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, Correo electrónico: cervantes@unah.edu.cu