

EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DE CENTRIFUGACIÓN DE AZÚCAR REFINADA UTILIZANDO LAS CENTRIFUGAS DE AFINACIÓN EN EL CENTRAL SANTA CLARA

(EVALUATION OF THE REFINED SUGAR CENTRIFUGATION OPERATION USING THE TUNING CENTRIFUGES AT THE SANTA CLARA CENTRAL)

María León, Nayerky Núñez, Héctor Petit.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

inghectorpetit@gmail.com.

Recibido: 05-10-2017/ Aceptado: 20-03-2018

RESUMEN

El azúcar refinada es un alimento primordial en la dieta del ser humano, por lo que se hace necesario que cumpla las normas establecidas en su proceso de fabricación y así incrementar su volumen de producción. El objetivo del presente estudio fue evaluar los tiempos de lavados del azúcar de refino en las centrifugas de afinación para adaptarlas a la purga de azúcar refinada que va hacer envasada como producto terminado en el central azucarero Santa Clara. La toma de muestra se realizó en el mes de abril del año 2015 y los procedimientos seguidos en los análisis se ajustaron a los descritos en las normas Venezolanas de alimentos COVENIN. Se emplearon técnicas estadísticas como tablas, media aritmética simple, desviación típica y coeficiente de variación y para evaluar el efecto del tiempo sobre el % Humedad del azúcar de refino en la descarga de la centrifuga de afinación, se empleó un ANOVA de un Factor (tiempo) y 4 niveles (8, 10, 12, 15) seg. y 5 replicas, para un total de 20 corridas, luego se aplicó la técnica de comparación de media de rangos múltiple (HSD) de Tukey, con un nivel de significancia del 95%. Los resultados muestran que los tiempos de 12 y 15 seg. de la operación de centrifugación empleando las centrifugas de afinación garantizan un porcentaje de humedad menor 0,50% en el azúcar descargada que posteriormente se transporta al proceso de secado.

Palabras Claves: Azúcar Refinada, centrifugación, afinación del azúcar, ANOVA.

SUMMARY

Refined sugar is an essential food in the diet of human beings, so it is necessary that it meets the standards established in its manufacturing process and thus increase its production volume. The objective of the present study was to evaluate the times of refining sugar washings in the tuning centrifuges to adapt them to the purge of refined sugar that will be packed as a finished product in the Santa Clara sugar mill. The sample was taken in April 2015 and the procedures followed in the analyzes were adjusted to those described in the Venezuelan food standards COVENIN. Statistical techniques were used such as tables, simple arithmetic mean, standard deviation and coefficient of variation and to evaluate the effect of time on the % Humidity of the refining sugar in the discharge of the tuning centrifuge, an ANOVA of a Factor was used (time) and 4 levels (8, 10, 12, 15) sec. And 5 replicas, for a total of 20 runs, then the Tukey multiple range mean (HSD) comparison technique was applied, with a level of significance of 95%. The results show that the times of 12 and 15 sec. of the centrifugation operation using the tuning centrifuges guarantee a lower humidity percentage of 0.50% in the unloaded sugar that is subsequently transported to the drying process.

Key Words: Refined sugar, centrifugation, sugar tuning, ANOVA.

INTRODUCCIÓN

El azúcar crudo o azúcar moscabado es el producto obtenido de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) o de la remolacha azucarera, el cual está constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa recubiertos de miel residual que presentan un color amarillo pardo y es destinado para servir únicamente como materia prima en la elaboración de azúcares aptos para consumo humano (COVENIN 235, 1994).

Tanto el azúcar crudo como la caña de azúcar son utilizados como materia prima en el proceso de fabricación de azúcar refinada o azúcar de refino, el cual consiste en quitar la miel que recubre el grano de azúcar moscabado conjuntamente con las impurezas que tenga el mismo empleando operaciones de Lavado, afinado, disolución, purificación, decoloración y recristalización (COVENIN 234, 1994).

Actualmente en la industria azucarera Santa Clara C.A. son empleados ambos procesos de obtención de azúcar; en dichos procesos es necesario controlar diversas variables como lo son el °Brix, Pureza, °Pol, % Humedad, Sedimentos, Turbidez,

granulometría y Color, tanto de los licores para obtener azúcar crudo, como de las masas de refino, ya que de esta forma se garantiza la calidad del producto terminado.

Por otro lado el central se ve en la obligación de buscar estrategias de emergencia factibles para garantizar la producción del azúcar refino originado a la falta de repuestos de mantenimiento que actualmente son generados por el bloqueo económico al país (ANC, 2017), conservando así mismo la tecnología y evitando en lo posibles interferencia en todo el proceso productivo por lo que se hace necesario adaptar una parte de las centrifugas empleadas en la operación de afinación a purga de azúcar de refino, para lograr la continuidad del proceso productivo y el cumplimiento de las normas diarias para contribuir a abastecer al consumidor ya que dicho alimento (Azúcar refinada) constituye un producto indispensable en la cesta básica.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La **afinación** es la primera operación que se realiza en el proceso de producción de azúcar refinada y consiste en preparar el azúcar crudo con agua o solución azucarara y someterlo a una filtración centrifuga, durante la cual se añade agua para arrastrar las impurezas, sin disolver los cristales de sacarosa (COVENIN 234, 1994).

Centrifugación: En la elaboración de azúcar, cada una de las etapas involucradas en el proceso de producción es de suma importancia, sin embargo desde el punto de vista de fabricación una de las etapas de más relevancia es la del proceso de centrifugación. Es por ello que se realiza 2 veces. En esta etapa se elimina la película de mieles adherida a los cristales, mediante la incorporación de agua caliente que permita mantener el trabajo de agotamiento iniciado en los tachos con los distintos siropes y así obtener azúcar refinada de alta calidad. Es la última operación del proceso de producción antes del secado azúcar. En esta operación se reciben las masas cocidas de refino procedentes del proceso de cocción y cristalización y es acondicionada en los mezcladores para separación de los granos de azúcar producidos y el licor madre que conforman la masa cocida empleando la fuerza centrífuga producida en las centrifugas, unida al lavado con agua, en una o dos ocasiones,

para elevar su pureza y calidad De ahí que la adecuada operación de las centrifugas defina la calidad del azúcar (Manual de Operaciones IASC, 2010)

La **centrífuga** es un maquina que consiste en una canasta cilíndrica diseñada para recibir la masa cocida por tratar y colocada en un eje vertical en cuyo extremo superior se encuentra el motor o la toma de fuerza que mueve a la máquina. La canasta esta perforada con numerosos orificios que permiten el paso de las mieles y está provista de anillos circulares que resisten la fuerza centrífuga; la canasta está guarnecida con una malla de metal que retiene el azúcar y deja pasar las mieles. Está rodeada por una envoltura para recibir las mieles y para proteger al operador de las partes móviles. Esta envoltura tiene una abertura en la parte superior que corresponde con la de la canasta y que puede cerrarse por medio de dos medias tapas de charnela provistas con una perforación a través de la cual pasa el eje (Hugot, 1979). La tabla 1 muestra los parámetros que debe cumplir la azúcar refinada con productor terminado

Tabla 1. Requisitos físicos y químicos de la azúcar refinada.

Característica	Límite	Método de ensayo
Polarización 20 °C	Min. 99.8 °Pol	COVENIN 237:1994
% Humedad	Máx. 0.05 %	COVENIN 238:1994
Color	Máx. 80 Unidades ICUMSA IV	COVENIN 1419:1994
Sedimentos	Máx. 35 ppm	COVENIN 3110:1994
Granulometría	30 % malla #30	COVENIN 3108:1994

Fuente: COVENIN 234 (1995)

Objetivos Específicos.

1. Caracterizar físico y químicamente (°Brix, Pol, pureza y color) las masas de refino que ingresan en la centrifuga de afinación
2. Evaluar el efecto tiempo que permanece la masa de refino en la operación de centrifugación sobre el porcentaje de humedad utilizando las centrifugas de afinación.

3. Valorar los parámetros de calidad del azúcar refinada obtenida empleando la centrifuga de afinación para el secado del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestra se realizó de forma aséptica utilizando jarras de acero inoxidable de capacidad de 2 kilos y llenándola hasta un peso de 500 g de azúcar para cada unidad de estudio. Se trabajó por triplicado en las áreas correspondiente a los materiales a analizar (COVENIN 236, 1979). Masa de refino que ingresan a la centrifuga de afinación (n=20), azúcar húmeda en la descarga de la centrifuga de afinación (n=20) y del productor terminado (n=20) El muestreo se realizó en la última semana del mes de abril 2015, y los procedimientos seguidos en los análisis, se ajustaron a los siguientes: para Determinación de °Brix en productos azucarados (Tecnicaña, 2012). Azúcar. Determinación de polarización (COVENIN 237, 1994). Determinación de pureza en productos azucarados (Tecnicaña, 2012) azúcar crudo. Determinación de la granulometría (COVENIN 3108, 1994) Azúcar. Determinación de humedad (COVENIN 238,1994), Azúcar. Determinación de color (COVENIN 1419,1994). Azúcar Determinación de sedimentos (Norma Venezolana COVENIN 3110:1994)

Técnicas de Análisis de datos

Para la caracterización las masas de refino que ingresan en la centrifuga de afinación se empleo un cuadro estadístico resumen de media aritmética simple (\bar{x}), desviación típica (S) y coeficiente de variación (C.V), de los requisitos físicos y químicos de la masa de refino.

Para evaluar el efecto del tiempo sobre el % Humedad del azúcar de refino en la descarga de la centrifuga de afinación, se empleo el ANOVA de un Factor (tiempo) y 4 niveles (8, 10, 12, 15) segundos. Y 5 replicas, para un total de 20 corridas (Montgonery, 2008). Luego se aplicó la técnica de comparación de media de rangos múltiple (HSD) de Tukey, con un nivel de significancia del 95% para determinar el mejor tiempo, para adaptar la centrifuga de afinación a las masas de azúcar de refino. Ya debe cumplir con un máximo 0,50 % Humedad permisible (Manual de Operaciones IASC, 2010). Para verificar si los

datos cumplen con los supuestos del ANOVA se empleó los métodos graficos. Se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI para estas graficas y cálculos. Para valorar los parámetros de calidad del azúcar refinada como producto terminado se utilizó con un tiempo de 12 seg. en las centrifuga de afinación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caracterización los parámetros físicos y químicos (°Brix, Pol, pureza y color) de las masas de refino que ingresan en la operación de centrifugación.

En la tabla 2 muestra los resultados de los parámetros físicos y químicos de la masa de refino muestran que dicho material enviado al proceso de centrifugación es apto para lograr que las centrifugas de afinación trabajaran con un buen desempeño, ya que presenta una pureza de 98,59 + (0,18) y un color de 485,18 ui + (83,38) ui, aunque el C.V es superior a 10 % se considera aceptable porque no sobre pasa el 20 %.

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos de las masas de refino que ingresan a la centrifuga de afinación

Parámetro	° Brix	Pureza (%)	Color (ui)	°Pol
Md	89,14	98,59	485,18	87,88
Desv	0,66	0,18	83,38	0,70
C.V (%)	0,75	0,19	17,19	0,79

Evaluación del efecto del tiempo en la operación de centrifugación sobre el porcentaje de humedad utilizando las máquinas centrifugas de afinación.

Tabla 3. % humedad del azúcar refino húmeda en la descarga de las centrifugas de afinación en función del tiempos de estudio.

Tratamiento	8 seg.	10 seg.	12 seg.	15 seg.
1	0.80	0.70	0.45	0.30
2	0.65	0.55	0.45	0.40
3	0.72	0.70	0.55	0.51
4	0.78	0.62	0.52	0.45
5	0.74	0.64	0.52	0.44
Md	0.738	0.642	0.498	0.42

Como se muestra en las figuras 1 ,2 y 3 se cumple los supuestos de Análisis de la varianza (independencia de los errores, Homocedasticidad y Normalidad) de los datos obtenidos con respecto al % de humedad del azúcar refino húmeda en la descarga de las centrifugas de afinación en función del tiempos lo indica la validez del modelo utilizado.

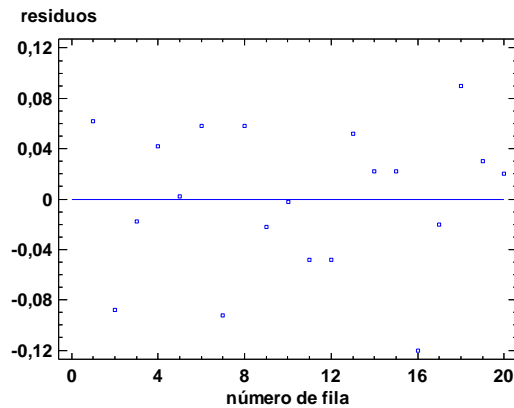


Figura 1: Gráfica de los residuos de % Humedad de acuerdo al orden de la corridas

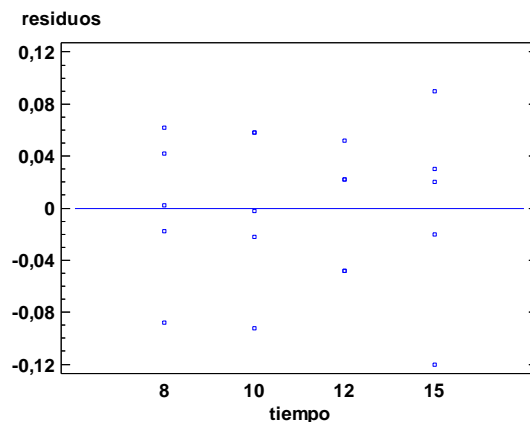


Figura 2. Gráfica de los residuos contra niveles del tiempo

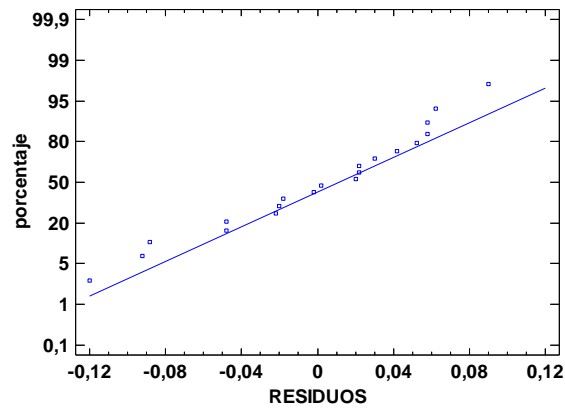


Figura 3. Gráfica de probabilidad Normal respecto de los residuos de % de Humedad

En la Tabla 4 se observa el análisis de la varianza correspondiente a la variable % Humedad, de acuerdo al factor tiempo con 4 niveles (8, 10, 12 y 15) seg. Es de notar que el Valor F calculado para el modelo de 26,31 excede notablemente al Fc de 5,29. Con 1% de significancia. En consecuencia el estadístico de prueba cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula, lo que indica que existe diferencia altamente significativa entre las medias los tratamientos, es decir la el tiempo empleado en la operación centrifugación utilizando la centrifugas de afinación afecta el % de humedad del azúcar de refino.

Como se acepta la hipótesis alternativa es porque al menos una de las media de los tratamiento de % Humedad difiere, pero no se especifica cual o cuales de las medias es la diferente. Para analizar este aspecto se aplica prueba de comparación de medias de los tratamientos por el método (HSD) de Tukey.

Tabla 4. Análisis de la Varianza % humedad del azúcar refino húmeda en la descarga de las centrifugas de afinación en función del tiempo

Fuente Variación	Suma de cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Fc 0,01	Valor-P
Tiempo	0,305055	3	0,101685	26,31	5,29	0,0000
errores	0,06184	16	0,003865			
Total	0,366895	19				

De acuerdo con la prueba de Rango múltiple HSD de Tukey, con un nivel de confianza del 95% y como se visualiza en la figura 4, los niveles que son iguales en cuanto al % de humedad son a 8 seg y 10 seg, por otro lado, son iguales a 12 seg y 15 seg. Lo que indica que los tiempos recomendables para utilizar las centrifugas de afinación para obtener azúcar refinada son a 12 y 15 seg. ya que cumple con las normas de proceso del central de un máximo 0,50 % Humedad permisible (Manual de Operaciones IASC, 2010).

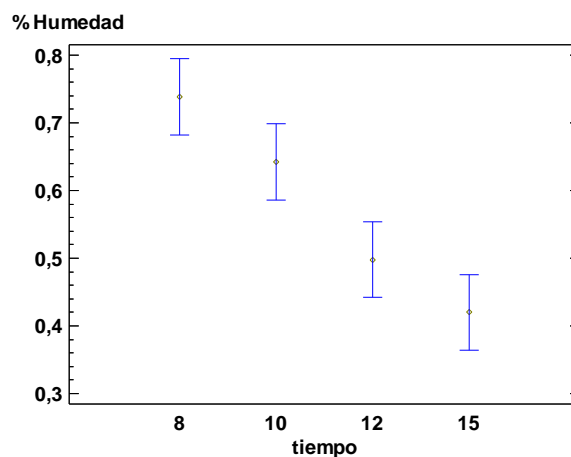


Figura 4. Intervalos HSD de Tukey con una confianza del 95 % para los % humedad del azúcar refino húmeda en la descarga de las centrifugas de afinación en función del tiempo

Valoración los parámetros de calidad del azúcar de refino como producto terminado empleando las centrifugas de afinación.

En la tabla 5. se muestran los Resultados físicos y químicos del azúcar refinada, como producto terminado durante la evaluación de la operación de la centrifugación empleando las centrifugas de afinación. En donde se refleja valores promedio sedimentos dentro del limite de calidad, con un valor de 2,12 ppm a favor, en cuanto al % de Humedad un 0,01% esta por encima del máximo permitido. De Granulometria un 1,53 % del máximo permitido, en cuanto al color 2,47 ui del máximo permitido, y en cuanto a la polarización solo la diferencia es de menos 0,006 °Pol para cumplir el minimo permitido. (ver Tabla 1)

Tabla 5. Parámetros de calidad de la azúcar refinada como producto terminado.

Parámetro	°Pol	% H	Color (ui)	Sedimentos (ppm)	Granulometría (%)
Md	99,794	0,06	82,47	27,88	31,53
DS	0,0120	0,0070	4,42	4,00	1,91
C.V	0,0121	11,8427	5,36	14,34	6,05

CONCLUSIONES

- La pureza 98,59% y el color de 485,18 ui. de la masa de refino reflejaron que el material enviado al proceso de centrifugación fue el idóneo para lograr que las centrifugas de afinación trabajaran en óptimo desarrollo, garantizando un buen trabajo de operación en cuanto a recuperación de azúcar de refino y evitando pérdidas de azúcar en las mieles que retornan al proceso.
- El análisis de varianza refleja que los tiempos de 12 y 15 seg garantizan un porcentaje de humedad menor 0,50% en el azúcar descargada de las centrifugas de afinación y que posteriormente se transporta al proceso de secado.
- Los parámetros de calidad del azúcar obtenido como producto terminado proveniente de la operación en las centrifugas de afinación con tiempo de operación de 12 seg, demuestra que el equipo no afecta la significativamente la calidad del producto final, pero se recomienda que se utilice un tiempo mayor para disminuir el % de Humedad y aumentar el °Pol del azúcar refinado.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- COVENIN. (1979). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar. Método de muestreo. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 236:79.
- COVENIN. (1995). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar Refinada. 3ra Revisión Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 234:1995.
- COVENIN. (1994). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar. Determinación de Color. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 1419:1994.

MANGIFERA Volumen 1-2018

DEPOSITO LEGAL N°CO2017000005

- COVENIN. (1994). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar. Determinación de Polarización. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 237:1994
- COVENIN. (1994). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar Determinación de humedad. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 238:1994
- COVENIN. (1994). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar. Determinación de sedimentos Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 3110:1994
- COVENIN. (1994). Norma Venezolana de Alimentos. Azúcar Crudo. Determinación de la Granulometría. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma. Nro. 3108:1994
- Hugot, E., (1979). Handbook of cane sugar engineering. 2da edition. Editorial Elsevier. Holanda.
- Industria azucarera Santa Clara C.A., (2010) Fabricación de azúcar de refino. Manual de Operaciones.
- Montgomery, D. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda Edición, Edit. Limusa. México. pp. 60-65.
- Tecnicaña. (2012). Manual de laboratorio para la industria azucarera.
- Venezuela. (2017). Asamblea Nacional Constituyente. Decreto constituyente contra bloqueo financiero del gobierno de Estados Unidos de América contra el pueblo venezolano.