

Evaluación del efecto de Greensulf en otros parámetros de calidad del azúcar crudo, en el proceso para su clarificación

Milaydis Reyna-Hernández^{1*}, Alejandra M. Sánchez-Herrera¹, María A. Mesa-Pérez²

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
Vía Blanca No. 804 y Carretera Central. La Habana, Cuba

2. Universidad Agraria de La Habana (UNAH)
Carretera de Tapaste, km 3 ½ y Autopista Nacional. San José de las Lajas

*milaydis.reyna@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Introducción. Para determinar la calidad del azúcar crudo se emplea la NC 85: 2018 que mide, entre los parámetros más importantes, además del color, la polarización, cenizas, partículas insolubles, contenido de dextrana, azúcares reductores y calidad microbiológica.

Objetivo. Comparar las variaciones que pueden ocurrir en estos parámetros, al aplicar las tecnologías de clarificación: Tradicional y Greensulf, en tres centrales de la provincia de Cienfuegos.

Materiales y métodos. Para evaluar los parámetros en estudio se analizan las estadísticas de los resultados, al realizar la comprobación de la homogeneidad de varianza, con la utilización del test de Laverne, para un 95 % de confianza. Y para la comparación de medias diferentes se usa el test de Duncan, para un 95 % de confianza.

Resultados y discusión. Se evidencia que, en los parámetros que se analizan, el empleo de Greensulf no afecta la calidad de la caña de azúcar en el proceso de clarificación como producto final.

Conclusiones. Al utilizar Greensulf, no se afectan los parámetros de calidad del azúcar, pues se mantienen dentro del límite máximo permisible en la NC 85:2018.

Palabras clave. Clarificación, azúcar, calidad, Greensulf.

ABSTRACT

Introduction. To determine the quality of raw sugar, NC 85: 2018 is used, which measures, among the most important parameters, in addition to color, polarization, ash, insoluble particles, dextran content, reducing sugars and microbiological quality.

Objective. To compare the variations that can occur in these parameters when applying traditional and Greensulf clarification technologies in three sugar mills in Cienfuegos province.

Materials and methods. To evaluate the study parameters, the results are statistically analyzed by checking for homogeneity of variance using the Laverne test, with a 95 % confidence level. Different means are compared using the Duncan test, with a 95 % confidence level.

Results and discussion. It is evident that the use of Greensulf in the sugarcane clarification process does not affect the quality of the final sugar product in terms of the parameters analyzed.

Conclusions. When using Greensulf the quality parameters of the sugar are not affected, due to they remain within the maximum permissible limit in NC 85:2018.

Keywords. Clarification, sugar, quality, Greensulf.

INTRODUCCIÓN

El azúcar, al ser un producto alimenticio, exige estrictas medidas de calidad que garanticen su inocuidad, factor imprescindible para la empresa azucarera.

Dentro de los parámetros de calidad del azúcar crudo se encuentran la polarización, partículas insolubles, contenido de dextrana, cenizas, azúcares reductores y calidad microbiológica que son, además del color, los más importantes para determinar su calidad. La polarización y la humedad son magnitudes que exhiben una relación recíproca (a menor humedad, mayor Pol y viceversa), cuya importancia radica en que la Pol disminuye por deficiencias agrícolas e industriales, tales como exceso de materia extraña, corte fuera de fecha y molida de caña atrasada (1). En cuanto a las partículas insolubles, su determinación se basa en separar, mediante filtración a presión reducida, las impurezas insolubles y la ulterior determinación de su masa seca (2). Por otra parte, desde el punto de vista de la utilización del azúcar crudo, la presencia de dextrana ocasiona muchos inconvenientes. Pueden citarse, por su importancia industrial, por ejemplo: el aumento de la viscosidad de los productos intermedios; las dificultades en la cristalización; el aumento del deterioro de las mieles y las afectaciones en el proceso de refinación. Además, también producen incrustaciones en las calandrias del sistema de evaporación, con el consiguiente aumento del consumo de vapor de escape y la obtención de melao (melado) con baja concentración de sólidos (3). En relación con el incremento de las concentraciones de dextrana, este es favorecido por la mala calidad de la materia prima y la falta de higiene en el central. La metodología empleada en la determinación de este polímero se basa en la poca solubilidad de la dextrana en solución hidroalcohólica y su posterior medición de la turbidez (4).

El contenido de cenizas mide la concentración de las sales solubles ionizadas en una muestra a determinada conductividad (5), esta puede ser provocada por la mala calidad de la materia prima, el exceso de cal empleada, incluida la calidad de la cal, la clarificación deficiente y el alto contenido de cogollo que va al basculador.

Para la determinación de los azúcares reductores se emplea un método basado en la propiedad que posee el cobre II acomplejado en medio alcalino, de oxidar a los azúcares reductores (2).

Para que estos parámetros se encuentren dentro de la norma establecida se procede, industrialmente, al proceso de clarificación, de gran importancia y significación en el proceso productivo azucarero. En Cuba, además de la cal (tecnología Tradicional) se empleó la variante con Greensulf en cinco centrales de la provincia de Cienfuegos, durante la zafra 2017-2018; a pesar de los resultados alcanzados con este producto se desconoce su influencia sobre la calidad del azúcar crudo, como producto final; es por ello que el presente trabajo propone evaluar su efecto en el producto final y, como objetivo, comparar las variaciones en los parámetros de calidad valorados con respecto a la vía tradicional, establecidos en la norma NC 85: 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el impacto de la aplicación de la tecnología GreenSulf sobre los parámetros físico-químicos de calidad del azúcar se tomaron muestras provenientes de los tres centrales en estudio, de tres zafra consecutivas, entre los años 2014-2017 (clarificación por cal y calor), obtenidos en las bases de datos del laboratorio LEYCAL. Los mismos parámetros se determinaron para tres zafra, en las que se utilizó la tecnología GreenSulf en la clarificación, entre los años 2019-2022.

Se aplicaron métodos matemático-estadísticos, mediante el uso de la estadística descriptiva, paramétrica y no paramétrica. Para analizar los resultados, estadísticamente, se realizó la comprobación de la homogeneidad de varianza, con la utilización del test de Laverne para un 95 % de confianza; posteriormente, se realizó un análisis de varianza de clasificación doble, en el que el

primer factor fueron las tecnologías analizadas y, el segundo, los centrales de donde procedían las muestras. Las muestras con medias, estadísticamente diferentes, se determinaron a partir de una comparación de medias, con la utilización del test de Duncan, para un 95 % de confianza.

Para los resultados microbiológicos se determinaron los parámetros *Aerobios totales* y *Mohos-Levaduras*, durante la zafra 2021-2022.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA bifactorial muestran (tabla 1) que no existen diferencias significativas para este parámetro, debido a la aplicación de una u otra tecnología o a la procedencia de las muestras.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de GreenSulf sobre la polarización ($^{\circ}$ Z) en condiciones industriales, a partir del análisis bifactorial

FACTOR 1 TECNOLOGÍA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Tradicional	99.34	0.082	0.076	1.24	0.287
GreenSulf	99.21				
FACTOR 2 PROCEDENCIA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
14 de Julio	99.27	0.101	0.083	0.68	0.525
Ciudad Caracas	99.37				
Antonio Sánchez	99.20				
INTERACCIÓN	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Trad x 14 de Julio	99.27	0.142	0.057	0.47	0.635
Trad x C. Caracas	99.42				
Trad x A. Sánchez	99.35				
GreenSulf x 14 de Julio	99.26				
GreenSulf x C. Caracas	99.32				
GreenSulf x A. Sánchez	99.06				

\bar{X} - media aritmética, EES (\bar{X})- Error Estándar de la media.

Además de no existir diferencias significativas aparentes en el contenido de sacarosa, en las muestras ensayadas, debido a la aplicación de una u otra tecnología o a su procedencia, el parámetro se mantiene por encima de los valores mínimos permisibles declarados en la norma cubana vigente, según la clasificación del azúcar.

Los resultados del ANOVA bifactorial muestran (tabla 2) que no existe interacción significativa entre los factores analizados, por lo que solo deben tenerse en cuenta los resultados de los factores independientes. La cantidad de partículas insolubles, con la utilización de la tecnología GreenSulf, es superior a la obtenida al aplicar de la tecnología Tradicional, sin importar el central en donde se haya aplicado.

Tabla 2. Influencia de la aplicación de GreenSulf sobre las partículas insolubles (porcentaje) en condiciones industriales, a partir del análisis bifactorial

FACTOR 1 TECNOLOGÍA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Tradicional	0.02 (b)	0.002	0.0008	16.00	0.001
GreenSulf	0.03 (a)				
FACTOR 2 PROCEDENCIA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
14 de Julio	0.02	0.002	0.0001	1.00	0.396
Ciudad Caracas	0.03				
Antonio Sánchez	0.02				
INTERACCIÓN	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Trad x 14 de Julio	0.02	0.004	0.0001	1.00	0.396
Trad x C. Caracas	0.02				
Trad x A. Sánchez	0.02				
GreenSulf x 14 de Julio	0.03				
GreenSulf x C. Caracas	0.04				
GreenSulf x A. Sánchez	0.03				

\bar{X} - media aritmética (letras entre paréntesis indican diferencias significativas, según Duncan para un 95 % de confianza), EES (\bar{X})- Error Estándar de la media.

Con el uso de GreenSulf se corre el riesgo de que el contenido de impurezas insolubles sobrepase el valor máximo aceptable de este parámetro, reportado en la norma (0.03 %); independientemente de la procedencia de la muestra, que evidencia la eficiencia del proceso de clarificación de las empresas azucareras.

Los resultados del ANOVA bifactorial muestran (tabla 3) que no existe interacción significativa entre los factores analizados, por lo que solo deben tenerse en cuenta los resultados de los factores independientes. El contenido de dextrana no se encuentra influido por la tecnología de clarificación aplicada; sin embargo, difiere significativamente con respecto a la procedencia de las muestras y es menor en el central 14 de Julio, con respecto a los otros dos.

Tabla 3. Influencia de la aplicación de GreenSulf sobre el contenido de Dextrana (ppm) en condiciones industriales, a partir del análisis bifactorial

FACTOR 1 TECNOLOGÍA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Tradicional	261	35.10	22401.4	2.02	0.18
GreenSulf	331				
FACTOR 2 PROCEDENCIA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
14 de Julio	169 (b)	42.99	156155.0	7.04	0.009
Ciudad Caracas	331 (a)				
Antonio Sánchez	389 (a)				
INTERACCIÓN	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Trad x 14 de Julio	178	60.81	28577.8	1.29	0.31
Trad x C. Caracas	304				
Trad x A. Sánchez	301				
GreenSulf x 14 de Julio	160				
GreenSulf x C. Caracas	359				
GreenSulf x A. Sánchez	476				

\bar{X} - media aritmética (letras entre paréntesis indican diferencias significativas, según Duncan para un 95 % de confianza), EES (\bar{X})- Error Estándar de la media.

Los resultados del ANOVA bifactorial muestran (tabla 4) que no existe interacción significativa entre los factores analizados ni variaciones, estadísticamente significativas para los factores principales, por lo que puede decirse que este parámetro no varía ni por la tecnología de clarificación aplicada ni por la procedencia de las muestras.

Tabla 4. Influencia de la aplicación de GreenSulf sobre el contenido de cenizas (porcentaje) en condiciones industriales, a partir del análisis bifactorial

FACTOR 1 TECNOLOGÍA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Tradicional	0.16	0.005	0.0008	2.67	0.128
GreenSulf	0.17				
FACTOR 2 PROCEDENCIA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
14 de Julio	0.18	0.007	0.0018	3.13	0.080
Ciudad Caracas	0.16				
Antonio Sánchez	0.16				
INTERACCIÓN	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Trad x 14 de Julio	0.19	0.01	0.0019	3.17	0.078
Trad x C. Caracas	0.15				
Trad x A. Sánchez	0.14				
GreenSulf x 14 de Julio	0.17				
GreenSulf x C. Caracas	0.17				
GreenSulf x A. Sánchez	0.18				

\bar{X} - media aritmética, EES (\bar{X})- Error Estándar de la media.

Los resultados del ANOVA bifactorial muestran (tabla 5) que no existe interacción significativa entre los factores analizados, por lo que solo deben tenerse en cuenta los resultados de los factores independientes. El contenido de azúcares reductores no se encuentra influido por la tecnología de clarificación aplicada ni por la procedencia de las muestras.

El incumplimiento del porcentaje de azúcares reductores puede estar motivado por la calidad de la materia prima y el incumplimiento de aspectos relacionados con la disciplina tecnológica para minimizar el deterioro de los materiales.

Tabla 5. Influencia de la aplicación de GreenSulf sobre el contenido de azúcares reductores (porcentajes) en condiciones industriales, a partir del análisis bifactorial

FACTOR 1. TECNOLOGÍA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Tradicional	0.15	0.033	0.031	3.07	0.105
GreenSulf	0.23				
FACTOR 2. PROCEDENCIA	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
14 de Julio	0.19	0.041	0.057	2.83	0.098
Ciudad Caracas	0.12				
Antonio Sánchez	0.25				
INTERACCIÓN	\bar{X}	EES (\bar{X})	Suma de cuadrados	F-Fisher	p-valor
Trad x 14 de Julio	0.16	0.058	0.023	1.16	0.346
Trad x C. Caracas	0.12				
Trad x A. Sánchez	0.17				
GreenSulf x 14 de Julio	0.23				
GreenSulf x C. Caracas	0.12				
GreenSulf x A. Sánchez	0.34				

\bar{X} - media aritmética, EES (\bar{X})- Error Estándar de la media.

En cuanto al parámetro calidad microbiológica (tabla 6), los resultados concluyen que los valores obtenidos de conteo total de aerobios mesófilos y mohos/levaduras, en las muestras analizadas de azúcar crudo, poseen características adecuadas para su uso, al cumplir con los parámetros establecidos para el control microbiológico por la norma NC 85:2018.

Tabla 6. Calidad microbiológica del azúcar, proveniente de tres centrales de la provincia de Cienfuegos, en la zafra 2021-2022 (tecnología de clarificación GreenSulf)

Centrales	Aerobios mesófilos (UFC/g de azúcar)	Mohos/ Levaduras (UFC/g de azúcar)
14 de Julio	<10	<10
Ciudad Caracas	<10	<10
Antonio Sánchez	<10	<10

CONCLUSIONES

1. La utilización de la tecnología de clarificación GreenSulf no afecta parámetros de calidad del azúcar crudo como: polarización, contenido de dextrana, contenido de azúcares reductores

y porcentaje de cenizas. El parámetro contenido de partículas insolubles aumenta con el uso de la tecnología GreenSulf, pero se mantiene dentro del límite máximo permisible en la norma NC 85:2018.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez-Mambuca, R. J.; Rodríguez-López, J.; Mesa-Oramas, J. 2015. Tendencia de los principales parámetros del azúcar crudo durante los años 2001 al 2014. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 49 (3): 11-16. ISSN: 0138-6204
2. Pérez, F.; Fernández, F. 2006. Métodos analíticos para azúcar crudo. Instituto Cubano de Investigaciones Azucarera. Publicaciones Azucareras. 166 pp. ISBN 959-7140-18-7.
3. García, F. A. 2019. Determinación de dextrana en productos de la industria azucarera. *Revista Técnica* 1 (14): 21-28. ISSN 1991-6469.
4. Rodríguez-Mambuca, R. J.; *et al.* 2014. Comportamiento de algunos parámetros de los azúcares crudos analizados durante el quinquenio 2006-2010. Parte 2. *ICIDCA Sobre los derivados de la caña de azúcar* 48 (3): 11-15. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223132853002>
5. GS1/3/4/7/8-13. 1994. Determinación de cenizas conductimétricas en azúcar crudo, azúcar moreno, jugo, jarabe y melaza. Libro de métodos ICUMSA 2011. 320pp.