¿Cómo puede la química ayudar a la eficiencia del proceso azucarero?

Jorge T. Lodos-Fernández
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
Vía Blanca No.804, esq. a Carretera Central. San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba.
jorgelodos@ceniai.inf.cu

RESUMEN

Los oligo y polisacáridos generados por microorganismos definen la pureza, la cantidad y la pérdida de azúcar en miel final. Se evalúan los productos químicos que ayudan a disminuirlas. Aplicar a la caña 2 ppm del inhibidor enzimático Ifopol antes de su cosecha, para evitar su producción; 1000 ppm de desinfectante al tanque de jugo del 4to. molino, para eliminar los microorganismos que los producen en el tándem; 100 ppm de agentes tensoactivos a las mieles y masas cocidas, para combatir sus efectos y 10 ppm de enzimas a la meladura, para destruirlos antes de la cocción y cristalización, son herramientas muy útiles de las que dispone el tecnólogo azucarero para mejorar la eficiencia industrial. El uso de enzimas es 5 veces más caro que usar tensoactivos, 20 veces más caro que usar desinfectantes y 100 veces más caro que usar Ifopol, por lo que la aplicación de cada producto debe hacerse en secuencia de costo creciente, cuando los anteriores no hayan podido controlar la presencia o el efecto de los oligo y polisacáridos.
Palabras clave: oligosacárido, polisacárido, inhibidor enzimático, desinfectante, tensoactivo, dextranasa, pérdidas en miel.

ABSTRACT

Oligo and polysaccharides, produced by microorganisms, define purity, quantity and losses in molasses. Some chemicals provide support to improve this situation. Addition of 2 ppm of enzymatic inhibitor Ifopol to sugar cane before harvesting avoids its production. Addition of 1000 ppm of disinfectant to the juice in the tank before the fourth mill eliminates microorganisms that produces them in mill station. Addition of 100 ppm of surface-active agents to molasses and masscults balance its effects and addition of 10 ppm of enzyme to syrup, eliminates them before boiling and crystallization.

These chemicals are very useful tools in the hands of sugar technologists in order to increase factory efficiency. Enzymes are 5 times more expensive than surface-active agents, 20 times more expensive than disinfectants and a 100 times more expensive than Ifopol. For this reason, each product applicate in cost sequence when lower cost precedent products were not be able to control presence or effects of oligo and polysaccharides.
Key words: oligosaccharide, polysaccharide, enzymatic Inhibitor, disinfectant, surface active agent, dextranase, losses in molasses.

INTRODUCCIÓN

En la industria del azúcar de caña es usual utilizar productos químicos. Los desinfectantes, floculantes, tensoactivos, decolorantes, blanqueadores, sulfitos, desincrustantes y antincrustantes, inhibidores de la corrosión, resinas de intercambio iónico y enzimas, entre otros, junto con los tradicionales hidróxidos de calcio y sodio, ácidos clorhídrico y fosfórico y productos utilizados en el tratamiento de agua, integran el arsenal de productos químicos disponibles dentro del proceso azu-

carero. En este trabajo se discutirán los productos más vinculados con la eficiencia industrial, en primera instancia, con la pureza y cantidad de las mieles finales, que constituyen la principal pérdida de azúcar en el proceso.

¿Qué hace pensar que hay problemas en el proceso, vinculados con las pérdidas en mieles? Alta viscosidad y bajo agotamiento de los productos intermedios de la cocción y cristalización, tiempos de cristalización más prolongados, presencia de cristales alargados, alta pureza y cantidad de mieles finales, bajo recobrado de azúcar y menor rendimiento industrial. La mayoría de estos problemas son producidos por oligo y polisacáridos. Estos pueden ser previstos y ser tratados tempranamente. Los trabajos realizados en la industria azucarera cubana y de otros países han generado un conocimiento de qué producto químico añadir, cuándo, cómo, para qué y a qué costo, para evitar la formación de los oligo y polisacáridos, actuar sobre su efecto o eliminarlos y mejorar la eficiencia del proceso (1).

El objetivo de ese trabajo es resumir la experiencia acumulada en el uso de la química, en el proceso azucarero y suministrarle herramientas al tecnólogo azucarero para mejorar la eficiencia productiva.

¿Qué productos añadir y por qué? (2)

Cuando el jugo primario está contaminado, la contaminación se introdujo con la caña y hay que actuar sobre ella. Si el jugo mezclado es el contaminado, y el jugo primario no lo está, la contaminación se generó en el tándem. Si ambos jugos estuviesen contaminados, hasta que no se elimine la contaminación del jugo mezclado, no se podrá saber si su origen fue solo la caña o parte de ella se generó en el tándem.

Si la contaminación se genera en la caña, hay que garantizar su frescura, que llegue al central y se procese antes de las 24 horas de cortada; sobre todo, si es quemada o el tiempo está húmedo. Si la frescura no se garantiza o, mientras mantiene su influencia negativa, es necesario evitar la formación en la caña de los oligo y polisacáridos, añadiendo un inhibidor de las enzimas.

Si eso no fuera suficiente, habría que actuar sobre los microorganismos que llegaron al tándem y se desarrollaron allí y responsables de la formación de los oligo y polisacáridos. En este caso, hay que utilizar desinfectantes.

Si el uso de desinfectantes no resuelve, pues los oligo y polisacáridos ya presentes en el jugo mezclado elevan excesivamente la viscosidad de los productos azucareros, debe utilizarse un agente tensoactivo para actuar sobre los efectos de su presencia.

Por último, si el problema no se controla, es necesario eliminar con enzimas los polisacáridos presentes en la meladura, dextrana en particular, antes de la cocción.

Todos los productos utilizados deben tener, entre otras propiedades, las de ser atóxicos, no inflamables, no venenosos ni irritantes; no introducir propiedades organolépticas adversas (olor, color, sabor, entre otros) al azúcar ni a la miel final, no contaminar el medioambiente y ser, preferiblemente, biodegradables. En el caso de la miel final, tampoco pueden inhibir los procesos de fermentación en los que se vaya a utilizar.

A continuación, se describirán detalladamente cada uno de los procesos, para evidenciar que la química es uno de los auxiliares más poderosos con que cuenta el tecnólogo para reducir las pérdidas en mieles.

La calidad de la caña: debilitar al generador de oligo y polisacaridos (3)

Cuando el tecnólogo azucarero detecta que el jugo primario está contaminado, alerta a la agricultura para que mejore la frescura de la caña y acelere el ritmo de cosecha. Mientras eso se logra, se puede impedir la formación de oligo y polisacáridos en la caña, asperjándola con una solución acuosa diluida de 1-2 ml de Ifopol por tonelada de caña. El Ifopol es un producto patentado de bajo

costo, constituido por aminas sustituidas, que inhibe la acción de las enzimas que convierten la sacarosa en los sacáridos mencionados (4). Se fumiga a la caña 24 horas antes de su cosecha y, si estuviera muy contaminada, también a su llegada a la fábrica. La experiencia que existe indica que se fumiga en las condiciones cubanas durante un 10 - 20 % de la zafra y su costo, prorrateado, es inferior a un centavo de dólar por tonelada de azúcar.

La contaminación del jugo: eliminar al generador de oligo y polisacáridos

Si los jugos del tándem están contaminados, hay que eliminar los microrganismos que "digieren" sacarosa (pérdida indeterminada) y "excretan" oligo y polisacáridos. Hay que eliminar también, con chorros de agua caliente que los desprendan, si los hubiera, los nódulos de dextrana que pueden formarse donde haya jugo sin movimiento (zonas muertas). Los oligosacáridos favorecen alargar los cristales, mientras que los polisacáridos, dextrana en primer lugar, elevan la viscosidad y, como consecuencia de ello, ambos dificultan la cristalización y elevan la pureza y las perdidas en miel final.

Por todo lo anterior, la industria debe medir la contaminación en los jugos y actuar con rapidez para identificar su origen y controlarla, cuando sobrepase su nivel crítico. No es necesario medirla en el jugo claro porque la temperatura de clarificación elimina los microorganismos que lleguen a esa etapa, pero no sucede lo mismo con los oligo y polisacáridos. La técnica más apropiada para medir el nivel de contaminación en plazos compatibles con el tiempo del proceso es la determinación de la cinética de cambio de color de la resazurina, que permite medirla en menos de 10 - 15 minutos (5).

Esto, unido al modelo de distribución del jugo en el tándem (6), permite concluir que el desinfectante debe añadirse de un golpe, cada dos horas, creando una concentración inicial instantánea de 1000 ppm, si fuera formol, en el tanque del cuarto molino, hasta que se controle la contaminación. La experiencia práctica obtenida es tener que añadir con frecuencia el desinfectante, producto que resulta relativamente barato, por lo que su costo prorrateado es del orden de 5 centavos de dólar por tonelada de azúcar.

Presencia de oligo y polisacáridos en mieles y masas: actuar sobre efecto

Aun si el uso del desinfectante resuelve la situación futura, puede suceder que los oligo y polisacáridos ya presentes en el jugo mezclado eleven excesivamente la viscosidad de los productos azucareros, mieles y masas en particular. En este caso, puede utilizarse un agente tensoactivo (ATA), que no actúa directamente sobre la viscosidad, creencia muy difundida, sino sobre la tensión interfacial.

Se ha dedicado un importante esfuerzo investigativo a conocer su mecanismo de acción, que puede facilitar el "mojado" de las superficies de calentamiento y, por tanto, la evaporación, limitar la cristalización por adsorción o facilitarla y favorecen el movimiento de los cristales (falsa reducción de la viscosidad). Este conocimiento permite predecir cuándo y dónde utilizarlos, en qué cantidad y secuencia y qué esperar de su uso (7).

Los ATA se aplican sucesivamente, según el comportamiento operativo, a la masa cocida C, a la miel B y a la meladura. La experiencia indica aplicarlo en dosis del orden de 100 ppm, y que eso se necesitará ejecutar, aproximadamente, durante el 20 % de la campaña. Hay que considerar que la dosis añadida se transfiere a todos los productos siguientes, aunque diluida.

El precio de los ATA es medio, varias veces superior al de los desinfectantes. La experiencia práctica plantea que se deben aplicar durante el 20 – 30 % de la campaña, pues su costo prorrateado es del orden de 20 centavos de dólar por tonelada de azúcar.

La presencia de oligo y polisacáridos en la meladura: eliminarlos

Por último, si el problema no se controla, es necesario eliminar la dextrana antes de la cocción e, irremediablemente, utilizar la enzima dextranasa, que resulta más cara, pero destruye los oligo

y polisacáridos antes de que lleguen a los tachos. La dextranasa se adiciona en el último vaso del evaporador, donde la temperatura es menor, porque pierde actividad de forma significativa a temperaturas superiores (su máxima eficiencia se logra a pH ~5 y temperatura ~55 °C). La experiencia acumulada indica que, según el nivel de contaminación existente, se aplican 10 ppm de dextranasa, sucesivamente, en la miel B, la meladura o, excepcionalmente, en el jugo mezclado. Esta adición se realiza, como promedio, en el 5 - 10 % de la campaña. Aun así, su costo prorrateado llega a ser del orden de 100 centavos de dólar por tonelada de azúcar.

La importancia de disponer de este recurso y su costo, meritan un esfuerzo para obtener dextranasa nacionalmente (8). Se desarrolló su producción a partir de un hongo con elevada capacidad para ello, con buen rendimiento. El producto podía ser almacenado en lugares frescos de 8 a 9 meses sin disminuir su eficacia. Actualmente, continúa la búsqueda de microorganismos con genes propios o mutados, genéticamente más productivos, y se intenta comprender mejor cómo las glucansucrasas guían al glucano entrante hacia el sitio activo y cómo determinan el enlace glicosídico que da lugar a la dextrana o a otro glucano, lo que permitiría dirigir la síntesis hacia estructuras predefinidas (9).

Herramientas químicas más importantes resumidas			
Evidencia	**Causa**	**Objetivo**	**Orden de acciones**
Jugo primario contaminado	Caña poco fresca	Impedir formación de oligo y polisacáridos	Acelerar cosecha. Eventual.
	Caña deteriorada		Ifopol, ~ 2 ppm antes de la cosecha de caña y llegada a la fábrica. 10 - 20 % de zafra. ~ 1 ¢/t azúcar.
Jugo mezclado contaminado	Infección en el tándem	Eliminar mo productores de oligo/ polisacáridos	Lavado caliente a presión. Formol, dosis instantánea 1000 ppm, casi toda la zafra. ~ 5 ¢/t azúcar.
Alta pureza y cantidad de miel final. Cristales de azúcar alargados	Miel C muy viscosa. Cristalización C y cocción C, B y A lentas	Actuar sobre efecto: Acelerar cristalización y cocción C, B y A	ATA sucesivamente a MCC, miel B, A y meladura, 100 ppm, ~20 % de la zafra. ~ 20 ¢/t azúcar.
	El problema sigue	Eliminar oligo y polisacáridos	Dextranasa sucesivamente a miel B, meladura, jugo mezclado, 10 ppm. 5 – 10 % de la zafra. ~ 100¢/t azúcar.

Todas las operaciones descritas, que forman parte de la potencialidad de la química en el proceso azucarero, hacen imprescindible tener existencias de Ifopol, desinfectantes, agentes tensoactivos y dextranasa, en las proporciones adecuadas, si se quiere ser eficiente y reducir las pérdidas en mieles finales. En la tabla se sintetiza todo lo descrito y juega el papel de guía de acción rápida ante situaciones de disminución de la eficiencia e incremento de la cantidad, pureza y pérdida de azúcar en la miel final.

Estos productos no son los únicos que se utilizan, pero sí son los que tienen una mayor influencia sobre la pérdida en miel final, la mayor de todo el proceso. La química puede ser un poderoso auxiliar con que cuente el tecnólogo para reducir dicha pérdida. Por ello, le es imprescindible tener en existencia Ifopol, desinfectante, agente tensoactivo y dextranasa, en las proporciones adecuadas, para ser más eficiente. Una cantidad indicativa razonable se debe mantener en el almacén para enfrentar, uno o dos meses, la aparición de las situaciones descritas, por cada 1000 toneladas de molida de caña diarias, es: 50 litros de Ifopol y de dextranasa y 500 litros de desinfectantes y de tensoactivos.

CONCLUSIONES

Controlar la frescura de la caña y utilizar inhibidores enzimáticos, desinfectantes, agentes tensoactivos y la enzima dextranasa son parte de la potencialidad que proporciona la química al proceso azucarero, pues constituyen poderosos auxiliares para el tecnólogo, que no deben ser ignorados para mejorar la eficiencia productiva.

En qué proporción usarlos, cuándo, cómo y dónde añadirlos y qué resultado esperar, no puede ser objeto de la improvisación, sino debe estar basado en mediciones, en particular del nivel de contaminación en los jugos del tándem, cuyos productos (oligo y polisacáridos) se arrastran al resto del proceso y tienen una influencia decisiva sobre la cantidad, la pureza y las perdidas en la miel final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gálvez, L. *et al*. (2019). Resultados de los Institutos Cubanos de Investigación, Desarrollo e Innovación en las Tecnologías sobre Azúcar y Derivados. Capítulo 4: Tecnología Azucarera, sección 4.9: Quimización. Editorial ICIDCA, La Habana, Cuba. ISBN 978-959-7165-60-6.
2. Lodos, J. (1999). Identificación de las causas de las altas pérdidas de azúcar en mieles y vías para su reducción. Disertación para obtener el grado de Doctor en Ciencias, UH, La Habana.
3. Ravelo, S.; Ramos, E. y Mejías, R. (1991). Sugar cane deterioration and its implication in the factory. International Sugar Journal. Vol. 93. No.1108, page 82.
4. Ramos, E. *et al*. (1999). Producto inhibidor del deterioro de la caña después de la cosecha y procedimiento de obtención: IFOPOL. Patente cubana No. 22 597. Oficina cubana de la Propiedad Industrial
5. Lodos, J. (2019). Medición acelerada del nivel de contaminación de jugos de caña. Revista ATAC. No. 1, pág. 5.
6. Lodos, J.; Wilson, Th.; Acosta, S. y Núñez, O. (1992). La optimización de la desinfección del tándem. Cuba Azúcar. No. 2, pág. 64.
7. Lodos, J. (1979). La influencia de los agentes tensoactivos sobre la cristalización de productos azucareros (en ruso). Disertación para obtener el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Tecnológico de la Industria Alimenticia, Kiev, Ucrania, URSS.
8. Cuervo, R. y Guilarte, B. (1996). Producción industrial de dextranasa. IV Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña (Diversificación 96), La Habana, Cuba, 22 - 26 de abril.
9. Fraga, R. *et al.* (2017). Aislamiento y caracterización de la región codificadora de una novedosa dextranasacarasa de *Leuconostoc citreum* M-3. XIV Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña (Diversificación 2017), La Habana, Cuba, 26 - 30 de junio.