

Las dextranas: su efecto sobre la polarización de la sacarosa y la economía azucarera

Por Rubia Deibis de la Rosa

(Universidad Centroccidental, Lisandro Alvarado, Venezuela)

Resumen

Uno de los factores relacionados con la disminución de la productividad en la industria azucarera es la presencia de dextranas en la materia prima, las cuales por ser altamente dextrorrotatorias falsean las lecturas de la polarización de la sacarosa tomadas como base para determinar el pago a los cañicultores, lo que incide negativamente en la contabilidad azucarera.

El presente trabajo permitió cuantificar el incremento en la polarización en jugos y muestras de sacarosa pura, a razón de 0,05°S/180 ppm de dextranas, de acuerdo a la metodología aplicada en azúcares crudos por Bradbury y colaboradores (1986).

De igual manera se logró comprobar que la presencia de tales compuestos puede ocasionar pagos indebidos a los cañicultores, ya que la fórmula de pago está establecida en función del rendimiento y éste a su vez depende de la polarización y la pureza. Así, se pudo estimar un excedente en el pago de 3.593.350 bolívares durante los nueve días de muestreo.

Estos resultados son indicativos de que para controlar la calidad de la materia prima se debe incluir en los análisis la cuantificación de dextranas para establecer pagos justos y evitar introducir elementos perturbadores en el proceso.

Introducción

La industria azucarera nacional confronta diversos problemas entre los cuales está la disminución de la eficiencia en la producción de azúcar ocasionando pérdidas económicas importantes. Esto se debe a varios factores entre ellos: la presencia de dextranas, las paradas en la molienda por falta de materia prima (caña) y por fallas mecánicas, la inversión de la sacarosa, problemas en los

evaporadores, en la filtración y en la recristalización, etc. Algunos de estos factores han sido investigados en Venezuela. Tal es el caso de las dextranas, polisacáridos de alto peso molecular, que por una parte afectan las lecturas de polarización de la sacarosa, tomadas como base para cancelar la materia prima, y por otra, afectan sensiblemente las etapas de cocción y cristalización que son básicas en el proceso de fabricación.

Las dextranas, formadas por acción de la enzima dextranasa sobre la sacarosa, se encuentran en forma natural en la caña que ingresa a los centrales azucareros, como producto de actividad metabólica del *Leuconostoc mesenteroides* y *L. dextranicum*. El contenido de tales dextranas es variable según las características de la caña. Se ha encontrado que, los deterioros causados por prácticas agronómicas inadecuadas, demoras entre cosecha y arrime, sumados a particularidades en cuanto a variedad de plantas y suelos, crean medios propicios para la proliferación de estas bacterias. Una vez dentro de la fábrica, las dextranas interfieren en la adecuada cristalización del grano de azúcar produciendo su elongación, además de aumentar la viscosidad de los productos intermedios y con ello dificultando su manejo y produciendo daño a los equipos.

El objetivo del presente trabajo constituye el estudiar el efecto de las dextranas sobre la polarización de los jugos de caña y en consecuencia cuantificar su incidencia sobre la economía azucarera. Para esto, se analizó la situación particular de la Azucarera Río Turbio C.A., en cuyas instalaciones se desarrolló la parte experimental, y se realizaron las estimaciones económicas pertinentes.

La hipótesis fundamental parte de la presunción de que, las dextranas aumentan la polarización de la sacarosa contenida en los jugos de caña de azúcar, incidiendo negativamente en los

parámetros que determinan la contabilidad azucarera trayendo como consecuencia, pagos indebidos a los cañicultores.

En tal sentido, luego de determinar los parámetros físicos y químicos a las muestras de jugos frescos obtenidas en el laboratorio de caña y analizar el efecto que sobre ellas produce la adición de dextranas patrones, así como también precisar el pol de las mismas por métodos estandarizados, se procedió a cuantificar el efecto de las dextranas sobre el pol de la sacarosa pura. De esta manera se pudo calcular, por una parte el rendimiento real de las muestras analizadas en cuanto al contenido de sacarosa, y por otra el pago correcto que corresponde a los cañicultores en base al contenido y polarización real de la sacarosa presente en las muestras de jugo analizadas.

La discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones están apoyadas en una revisión bibliográfica y permitieron establecer relaciones no existentes hasta el presente.

En este trabajo se aportan nuevos elementos de juicio que facilitarán la toma de decisiones para resolver un antiguo problema de la industria azucarera nacional, constituyendo así un avance para la investigación en esta área, y servirán de base para conseguir un método de análisis de dextranas que sea rápido, confiable y de fácil aplicación para así establecer un buen control de calidad de la materia prima bien sea caña o azúcares crudos.

Revisión bibliográfica

La industria azucarera nacional, a pesar de constituir una de las principales fuentes de ingresos y de generación de empleos, presenta una serie de problemas aún sin resolver, como lo es el hecho de no tener una investigación desarrollada acerca de una de las causas de las pérdidas económicas que experimentan las plantas azucareras, representadas por bajos rendimientos en sacarosa, gastos excesivos debidos a

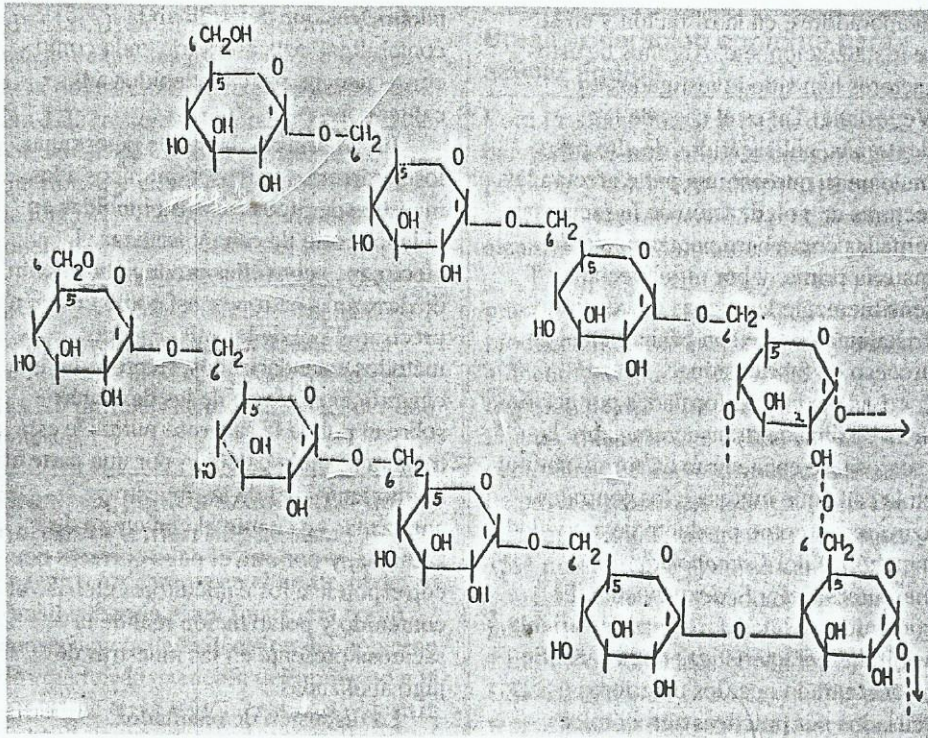
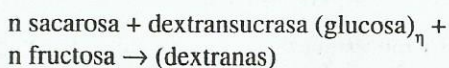


Figura 1. Estructura química de las dextranas

problemas de procesamiento y de pagos indebidos a los cañicultores. En estos tres efectos negativos influyen altamente la presencia de elementos extraños a la sacarosa como son las dextranas.

Las dextranas son polisacáridos de la caña de azúcar constituidos por moléculas largas, ramificadas o normales, de unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos: α -(1→6)

Son polímeros homólogos a la D-glucopiranososa, formados por la acción de la enzima dextranucrasa sobre la sacarosa de acuerdo a la siguiente:



La enzima es activada por bacterias ácido-lácticas tales como *L. mesenteroides* y *L. dextranicum*, especialmente en cañas deterioradas. Las unidades de glucosa en su cadena normal están unidas predominantemente por enlaces α -(1→6), y en las ramificaciones se encuentran enlaces α -(1→3) ó α -(1→4) (Figura 1). La

mayoría de las dextranas tiene un alto peso molecular en el orden de 105 - 107 ó más. Por lo tanto son, insolubles en etanol al 40-50% y la mayoría, solubles en agua. Una característica muy importante a considerar, es su alto poder dextro-rotatorio, $[\alpha] = +203$ a $+233$, en formamida o KOH. Las soluciones acuosas pueden ser bastante viscosas.

Estas consideraciones de estructura y origen de las dextranas son mencionadas por Imrie & Tilbury¹ quienes además señalaron que tales polisacáridos se producen con el deterioro que sufre la caña por diversos factores como retrasos entre quema, cosecha y molienda, picado de la caña en trozos, enfermedades como "pudrición roja", y mal afilado de las cuchillas de los cosechadores y maquinas picadoras lo que produce desgarre de los tallos y daños a la cepa.

Alvarez & Cardentey² reportan que *L. mesenteroides*, presente en el medio ambiente, prospera en condiciones húmedas y temperaturas medianamente

cálidas. Estos investigadores indican que hay tres parámetros críticos a considerar en el deterioro de la caña y por ende en la formación de dextranas:

- condiciones de la caña
- medio ambiente
- tiempo transcurrido entre quema y molienda

Los autores agregan, que es luego de la quema cuando los tallos presentan formación de dextranas; la destrucción de la capa protectora del tallo permite que el microorganismo penetre la epidermis. Mientras más tiempo se deje la caña quemada sin moler, mayor es el nivel de polisacárido en cuestión. En cuanto al corte en trozos, ellos señalan que la longitud es un factor importante ya que cuanto mayor es el área expuesta, mayor es el deterioro de la caña y en consecuencia, mayor es el contenido de dextranas; sugiriendo que es más productivo procesar cañas de tallo largo que cañas de "rolito". Condiciones ambientales de tiempo ligeramente cálido, alta humedad relativa y lluvias, son condiciones óptimas para el desarrollo del microorganismo.

Teniendo en cuenta esos parámetros críticos, dichos autores llevaron a cabo cambios en las prácticas agrícolas y en fábrica, cuantificando el contenido de dextranas para evaluar la efectividad de dichos cambios. Entre las modificaciones efectuadas están:

- quemar solamente la superficie que pueda ser cortada en las 24 horas siguientes, (corte manual).
- quemar sólo la caña que cosechaba el mismo día, (corte mecánico).
- mantener afiladas las cuchillas para evitar desgarre en los tallos.
- disminuir el tiempo de almacenamiento en el patio de caña.
- moler la caña por orden de llegada.
- determinar el tiempo óptimo entre quema y molienda, tanto para la caña entera como para la de rolitos.
- desinfectar superficies de almacenaje y mantener limpios los conductores y trapiches (con vapor y agua caliente).

- agregar surfactantes a la corriente de melaza "B" para evitar las altas viscosidades
- evitar aumentos en los tiempos de retención de jugos mezclado y crudo en los tanques de jugo y maceración.
- determinar los niveles de dextrana en jugo crudo, jugo diluido y jugo clarificado, sirope, melazas y azúcares.

Los logros alcanzados en ese trabajo al efectuar tales cambios fueron los siguientes:

- se redujo el nivel de dextrana en un 300% en los azúcares.
- se estableció el tiempo óptimo de arrime de caña en 40 - 48 horas para la caña cosechada mecánicamente, y de 60 - 72 horas para la cortada manualmente.
- se redujo el nivel de dextrana al reducir el tiempo de permanencia en el patio.
- se demostró que las pérdidas en azúcar recuperable que se transforma en dextranas son significativas.

Estas observaciones sugieren prestar mayor atención a los problemas que ocasionan los retrasos en el procesamiento de la caña, ya que el deterioro de la misma durante su permanencia en el campo y su traslado a la factoría, repercute en la eficiencia y calidad de los productos. Dicho deterioro tiene mucha relación con la formación de oligosacáridos y de polisacáridos como las dextranas en sus jugos y a lo largo del procesamiento de la caña por su pobre remoción (<50%) durante la manufactura, lo cual permite una marcada tendencia a incorporarse preferencialmente en los cristales de sacarosa. También influyen en la formación del color y en la viscosidad de los fluidos aumentando la misma, trayendo como consecuencia el afectar la cinética de cristalización y morfología del grano de sacarosa. Tales afirmaciones resaltan en el trabajo realizado en el Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras ICINAZ³.

Todos estos inconvenientes y otros efectos, permiten aseverar que el deterioro de la caña de azúcar puede ser significativa fuente de pérdidas de sacarosa, sobre todo cuando la caña, luego de su cosecha, es dejada en el campo o en la factoría, por algunos días, bajo condiciones tropicales de verano.

Las etapas del proceso de fabricación de azúcar que se sigue en Azucarera Río Turbio C.A. son descritas en un diagrama de flujo elaborado por Deibis de La Rosa⁴ y en el que se puede diferenciar claramente las etapas de recepción y molienda, clarificación y filtración, evaporación, cocimiento de crudo, y refinación.

En países como Australia, Estados Unidos, Cuba, Gran Bretaña, Filipinas y otros, el efecto adverso de las dextranas ha sido motivo de gran preocupación e investigaciones; por el contrario en Venezuela no ha sido así⁵.

Algunos trabajos de investigación de estos países se pudieron obtener de los archivos de algunos centrales azucareros nacionales. Imrie & Tilbury^{1,6-8}, coinciden en que las dextranas son polisacáridos indeseables por su influencia negativa en la producción de azúcar. Otros trabajos importantes (entre ellos algunos de Venezuela) son:^{3,9,10,11}.

Entre los efectos adversos más resaltantes en la literatura mencionada, se encuentran:

- Interferencia en la determinación del contenido de sacarosa y de la pureza durante el control del proceso, debido a que falsean las lecturas directas de polarización de las muestras al ser altamente dextróginas, lo que trae como consecuencia una pureza aparente artificialmente alta; ello origina errores en las cifras de control o contabilidad azucarera.
- En la etapa de clarificación causa un grave efecto ya que los jugos de cañas deterioradas contienen ácidos en exceso y en consecuencia es necesaria la adición extra de cal pura para su neutralización. También allí, se producen incrustaciones en los

calentadores, aumenta la viscosidad de los guarapos impidiendo la buena separación de materias en suspensión con lo que el jugo clarificado resulta turbio y hay dificultad en la filtración de las cachazas.

- En la etapa de evaporación y cristalización, lo más dañino de las dextranas lo constituyen el aumento de viscosidad en las meladuras y masas cocidas y la disminución de la velocidad de cristalización.

- Puede haber pérdidas por inversión, al prolongarse el tiempo de cocción como consecuencia de las deficientes transferencias de calor (por las incrustaciones), y de los aumentos de viscosidad.

- Producen un retardo de manera selectiva del crecimiento del cristal de sacarosa originando cristales en forma de aguja.

Se considera que los cristales son indeseables por tres razones importantes:

- (1) reduce la eficiencia de centrifugación de las masas cocidas
- (2) la forma de los cristales no gusta a los consumidores
- (3) se reduce la calidad de refinación de azúcar, siendo esta la razón más importante.

Esa elongación del cristal de sacarosa ha sido estudiada por varios autores además de los mencionados. Mochtar¹² señala que el alargamiento en uno de los ejes, que el denomina "c", es producido por el contenido de uniones α -(1 \rightarrow 6).

Mantovani *et al.*¹⁰, reportaron que tal crecimiento a lo largo del eje "c" puede ser producido por interacción de sustancias tales como dextranas, glucosa y fructuosa, probablemente por un efecto sinérgico. Deibis de La Rosa⁴ también menciona la elongación del cristal.

De estos efectos adversos, el que interesa en el presente estudio es el referente a los bajos rendimientos de sacarosa y a los pagos indebido a los cañicultores, como consecuencia del incremento que producen en la polarización de los jugos frescos.

La calidad de la caña que ingresa a la factoría es establecida con la determinación de ciertos parámetros tales como polarización, sólidos solubles (°Brix), pH, azúcares reductores, pureza, extracción y rendimiento, entre otros. De tales parámetros, los relacionados directamente con la pureza y rendimiento son el Pol, °Brix y la extracción, puesto que para calcular la pureza se utiliza la relación $\text{Pol}/^\circ\text{Bx} \times 100$, y para el rendimiento se emplea la fórmula de Winter-Carp¹³, aceptada por los centrales azucareros:

$$^\circ\text{Rendimiento} = \left[\frac{\% \text{ Extracción} \times \% \text{ Pol} \times 0,90 (1,4 - 40/\text{pureza})}{100} \right]$$

El valor 0,90 corresponde al factor de eficiencia de la empresa Azucarera Río Turbio C.A., en la cual se realizó este trabajo¹⁴.

Como se puede observar, la polarización y los °Brix son de alta significancia para este estudio, ya que la pureza resulta de la relación $\text{Pol}/^\circ\text{Bx} \times 100$. Al ser aumentada la polarización por la presencia de dextranas en la caña de azúcar, el incremento producido ocasiona errores en la pureza y lógicamente en el rendimiento, falseando los mismos y en consecuencia produce errores en la contabilidad azucarera. Ello, porque se está aceptando que a la factoría está ingresando una caña de buena calidad, en base al valor de Pol, lo que realmente no es así, al obtener en el procesamiento de dicha caña menor cantidad de azúcar de la esperada. Luego, al estar incrementados los valores de pureza y rendimiento, el pago a los productores tampoco será correcto ya que el mismo igualmente estaría aumentado, si se tiene en cuenta que para determinarlo se parte del valor del rendimiento de acuerdo a la fórmula de pago adoptado por el central¹⁴ que expresa lo siguiente:

$$\text{Bs/Ton. caña} = \text{Ton. caña} \times \text{^\circ Rendimiento.}$$

Por ser tantas las variables involucradas para calcular el rendimiento, se requiere una metodología que permita cuantificar el

efecto de las dextranas sobre la polarización de la sacarosa contenida en las muestras de jugo y con ello su incidencia sobre el rendimiento y sobre el pago realizado a los proveedores de materia prima. En tal sentido se aplicó el método desarrollado por Bradbury *et al.*¹⁵, ya que aporta elementos importantes que permiten inferir sobre el pago justo a los productores. Dicho método se basa en el efecto que produce la adición de diferentes dextranas en muestras de azúcares crudos (el único trabajo que ofrece valores concretos de dicho efecto).

Si a este problema se suman los otros efectos adversos ya señalados, la economía azucarera se ve afectada seriamente; este es motivo de máxima preocupación manifestada por empresarios de la industria azucarera^{4,16}. Ellos coinciden en la necesidad de desarrollar una investigación que conduzca a obtener métodos para prevenir la presencia de dextranas, detectarlas, cuantificarlas, minimizar sus efectos y/o eliminarlas tanto a la entrada al central como del proceso de obtención del azúcar.

Entre los métodos de prevención está, por ejemplo, un método químico para determinar el deterioro post-cosecha de la caña de tallo entero⁹, basado en la medición del etanol que se produce durante el deterioro. Dicho método permite estimar el retraso de la caña entre corte, quema y molienda bajo condiciones industriales logrando así estimar atrasos de hasta 20 horas. El método se basa en cromatografía de gases, y es considerado, por los autores, como sencillo y fácil de implementar en los laboratorios industriales, evitando así el procesar caña inadecuada.

La aplicación de métodos preventivos como este y los que impliquen cambios en las prácticas agrícolas y de fábrica, o cualquier otro esfuerzo que realice para evitar pérdidas adicionales, tendrá como fruto el producir más azúcar y mejorar la economía de las empresas azucareras.

Con respecto a los métodos analíticos para la determinación de polisacáridos y específicamente las dextranas, el Manual de Técnicas Analíticas de Azúcares y Mieles para América Latina y el Caribe, publicado por el Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar¹⁷, señala que a pesar de no ser los que se utilizan con frecuencia en el control de calidad de azúcares crudos, blancos y miel fina, resultan importantes sus determinaciones, puesto que dentro de ellos hay parámetros influyentes en la calidad y eficiencia de los procesos fabriles, incidiendo en los costos de producción y en la calidad del azúcar obtenido.

Uno de los métodos mencionados en el Manual, es el desarrollado por Leal Kara Murza (1972), basado en la separación de polisacáridos de menor peso molecular mediante cromatografía de gel filtración. El contenido de este tipo de compuestos, de efecto perjudicial en la eficiencia de refinación, constituye uno de los índices a tomar en cuenta en el control de calidad, no obstante, no se ha presentado un método oficial recomendado por la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA) para ser utilizado como tal.

Otra técnica mencionada por GEPLACEA, es la referida a la determinación de almidón mediante el método de la Colonial Sugar Refining (CSR), pero la misma, sólo es recomendada como tentativa por la ICUMSA.

En cuanto a los polisacáridos de alto peso molecular, como las dextranas, Imrie & Tilbury¹ reportaron varios métodos analíticos, entre ellos el llamado "método de niebla" desarrollado también por la CSR y adoptado como tentativo por la ICUMSA, debido a ciertas desventajas tales como la falta de especificidad (podría detectar otras sustancias de alto peso molecular).

Sigue en la página 143

Segue de la página 106

Roberts¹⁸ desarrolló un método cualitativo de dextranas, donde los polisacáridos presentes son precipitados con etanol al 40 % siendo las dextranas re-precipitadas selectivamente con sulfato de cobre alcalino y determinadas colorimetricamente usando ácido fenol sulfúrico. Se reporta como un método rápido y libre de interferencia del almidón y otros polisacáridos de la caña. Deibis de La Rosa⁵ utilizando este método en el análisis de dextranas en jugos, licores, azúcares crudos y refinados encontró niveles tan altos como de 493 a 9236 ppm en muestras iniciales (jugos frescos) y valores también altos de 7657,6 ppm en muestras finales (azúcares refinados), lo que llama la atención ya que, a pesar del procesamiento, hubo muy poca remoción de tales compuestos.

Sarkar & Day¹⁹ realizaron un trabajo sobre análisis de dextranas en azúcares crudos utilizando enzimas. Los polisacáridos fueron separados por precipitación con alcohol y usando (α) amilasa. Se pudieron detectar dextranas a razón de 40 ppm sobre sólidos y se pueden procesar hasta 30 muestras por día.

Clark *et al.*²⁰ realizaron un estudio comparativo de los métodos de niebla y Roberts, demostrando que con el método de Roberts se obtuvieron valores superiores al de niebla, considerando que esto es debido a las interferencias en el primero y al falta de especificidad. Todos los métodos analíticos descriptos han sido puestos en práctica en laboratorios y factorías de otros países. Deibis de La Rosa^{4,5,16} y Alvarez²¹ realizaron similares trabajos; el segundo autor usó métodos tomados del Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera¹¹.

Con estos trabajos se inició este tipo de investigación en el país; actualmente algunos centrales ya han mostrado interés en la determinación de dextranas por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), como lo demuestra

el haber adquirido cromatógrafos y estar capacitando a su personal técnico en el manejo de los mismos.

En cuanto a los métodos de remoción de dichos compuestos, Jolly y Praksh²² utilizaron una técnica basada en la hidrólisis enzimática de los mismos. Ellos lograron una remoción de 48-52% de dextranas usando 100 ppm de la enzima NOVO 25L dextranasa, aunque su uso resulta altamente costoso.

La diversidad de criterios expuestos dan idea de lo mucho que las dextranas han sido estudiadas, en cuanto a estructura, origen, efectos y métodos de análisis y de remoción. Sin embargo, los aspectos más importantes para las plantas de elaboración de azúcar no han sido del todo agotados ya que, por una parte no se ha propuesto una fórmula confiable y justa para sincerar el pago del azúcar real que ingresa a la factoría; por la otra no se ha establecido el máximo permisible de dextranas, al cual su efecto negativo hace producente el procesamiento de la caña que las contiene.

Este trabajo, además de fortalecer el estudio teórico sobre los polisacáridos, intenta constituir un avance en la investigación en nuestro país que conduzca a la solución de los problemas que se presentan en la industria azucarera, como también, al establecimiento de un análisis de rutina, rápido y seguro para llevar a cabo un buen control de calidad tanto de la materia prima que ingresa a los centrales, como de los productos intermedios del proceso.

Materiales y métodos

Los materiales objeto de análisis en el presente estudio, se refieren, en primer lugar, a las muestras de jugo fresco en las cuales se va a determinar la incidencia de las dextranas sobre la polarización de las mismas; en segundo lugar, a las dextranas patrones determinando el Pol correspondiente a las dosis usadas en el experimento y por último, la sacarosa pura para saber cual

es el valor del Pol que le corresponde en las cantidades en que este carbohidrato se encuentra en cada muestra.

Muestreo de jugo fresco de caña

Se tomaron las muestras de jugo fresco, en el laboratorio de caña, de las cañas arrimadas al Central durante los días de muestreo y seleccionadas al azar para el análisis de rutina. Dichas muestras en algunas ocasiones provenían de cañas de tallo largo y en otras de caña de "rolito" o tallo corto, dependiendo ello del tipo de caña que llegara al Central en el momento de muestreo.

La toma de muestras se realizó del 21 de marzo al 25 de abril de 1990, período de abundantes lluvias en las zonas de procedencia de la materia prima. Las mismas se designan con los números dígitos del 1 al 9, cada una de ellas es una muestra compuesta por 30-50 submuestras de jugo, todas tomadas a temperatura ambiente en el momento de recepción y análisis en el laboratorio. Cada vez que se obtenía una submuestra, esta era mezclada en un frasco estéril e inmediatamente se analizaba en cuanto a polarización (Pol), sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), pureza, extracción, rendimiento, pH, acidez (% ácido acético) y azúcares reductores % Brix, por cuanto que estas son las determinaciones de rutina de los jugos de caña analizados en los centrales. Los dos últimos sólo se presentan como información adicional.

Una vez analizadas, en cuanto a esos parámetros señalados, a cada muestra, se le adicionaba tolueno como preservativo y luego era transportada en condiciones de refrigeración hasta el Laboratorio de Alimentos de la Carrera de Técnico Superior Agroindustrial de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, donde se continuaba el estudio, aplicando de inmediato el método Bradbury *et al.*¹⁵, para cuantificar el efecto de las dextranas sobre la polarización de sacarosa presente en cada muestra. El jugo restante del análisis era conservado con tolueno como preservativo y almacenado

a 2-5°C para posteriores repiques de ensayo en caso necesario.

Dextranas patrones

Con la finalidad de cuantificar el efecto que sobre la polarización ejercen las dextranas en las muestras de jugo fresco, y en la sacarosa pura, se utilizaron compuestos de alta pureza (Farmacia C.A., Upsala, Suecia, lote 2514).

Tales compuestos, caracterizados por ser de alto poder dextrorrotatorio y de peso molecular elevado corresponden en este estudio a las dextranas patrones denominadas T_{-110} , T_{-250} , T_{-500} , T_{-2000} y $T_{-mezcla}$ (esta última es mezcla de los anteriores en partes iguales para efectos de este ensayo).

Sacarosa pura

Este disacárido utilizado en el experimento es de alta pureza (artículo No7653 de Merck). Su fórmula molecular es $C_{12}H_{22}O_{11}$ y su dextrorrotación es $[\alpha] = 66,5^\circ$.

Parámetros físicos y químicos en muestras de jugo fresco

A cada muestra de jugo fresco de caña, se le determinaron los siguientes parámetros:

(a) Polarización

La polarización, % de Pol o simplemente Pol, medida en grados sacarimétricos se determinó por el método aprobado como oficial por la ICUMSA²³, utilizando para ello un polarímetro automático: Tate y Lyle. AA-10, en el laboratorio del Central para el Pol inicial y un polarímetro no automático (Carl Zeiss No 103167) en el laboratorio de alimentos de la UCLA para el resto de las determinaciones de Pol.

(b) Sólidos solubles

Estos se determinaron por la medida de los grados Brix (°Bx), para lo cual se aplicó el método oficial de la ICUMSA²³, utilizando un refractómetro ABBE.

(c) Pureza

La pureza de los jugos de caña se calcula relacionando los grados sacarimétricos (Pol) con los grados Brix (°Bx) y multiplicando por 100 dicha relación²⁴.

(d) Extracción

Se determinó pesando la cantidad de guarapo obtenida al aplicar una presión de 250kg/cm² a 1000g de una muestra desfibrada. Su fórmula es:

$$\text{Extracción} = (\text{tara} + \text{jugo}) - \text{tara}$$

(e) Rendimiento

Se utiliza la fórmula de Winter-Carp, usando un factor de eficiencia, específico de cada planta azucarera; (0,90 es el utilizado en la Azucarera Río Turbio). Dicha fórmula es la siguiente:

$$\% \text{Rendimiento} = [\% \text{ Extr.} \times \% \text{ Pol} \times 0,90 (1,4 - 40/\text{pureza})]/100$$

El factor de eficiencia considera las pérdidas del Central comparadas con un central hipotético.

Efectos de las dextranas sobre la polarización en jugos frescos de caña

A las muestras de jugo fresco recién llegadas al Laboratorio de Alimentos (UCLA), se les determinó el efecto de las dextranas sobre la polarización de cada muestra observando el incremento del Pol inicial, el cual ya se había medido en el central azucarero al tomar la muestra. Se midió, aplicando el método de Bradbury *et al.*¹⁵, que se basa en la adición de dextranas patrones y en la determinación del Pol, luego de cada dosis añadida a 5 alícuotas de las muestras. Tales dosis corresponden a cantidades de 180, 360, 540, 720 y 900 ppm. Luego de medido el Pol de cada alícuota, se calculó la variación producida entre el Pol inicial, y el Pol obtenido luego de cada adición de las diferentes dextranas utilizadas.

Efecto de las dextranas sobre soluciones de sacarosa pura

Para verificar y cuantificar la variación que producen las dextranas usadas en el ensayo sobre muestra de sacarosa pura,

se diseñó en este trabajo, un experimento donde se utilizaron cantidades de la misma equivalentes a las contenidas en las muestras de jugo fresco, para luego deducir cual debió ser el Pol real inicial de cada una de ellas. Luego se procedió a determinar la cantidad de ese disacárido presente en cada muestra. Para ello se utilizó el llamado factor de polarización¹¹, de acuerdo a la tabla de Schmitz la cual relaciona la lectura polarimétrica y el °Brix para calcular el contenido de sacarosa en jugo fresco.

Con la sacarosa así calculada, se preparan soluciones de acuerdo a lo requerido para las determinaciones del Pol²³ y luego se midió el Pol en cada una de ellas, para ver la diferencia de este parámetro con el inicial.

Luego de medido el Pol correspondiente a la sacarosa pura equivalente en cada muestra, se procedió a determinar el efecto que sobre su polarización ejercen las dextranas a las concentraciones ya señaladas. Esto con la finalidad de verificar la incidencia sobre las muestras de jugo, cuantificando el incremento por cada 180 ppm añadidos sobre la solución de sacarosa preparada equivalente a cada muestra de jugo, y así correlacionar lo sucedido con las muestras, con la sacarosa pura y con lo encontrado por Bradbury *et al.*¹⁵.

Incidencia de las dextranas en la economía de la empresa azucarera

Teniendo en cuenta que en cualquier empresa azucarera, el pago a los cañicultores por la caña arrimada al central depende, en cierta forma, del Pol que presente el jugo extraído, se procedió a calcular de manera aproximada el Pol que debería corresponder a cada muestra (Pol teórico), y así cuantificar la repercusión de la diferencia de valores en la economía de la empresa. Para ello se asumió la siguiente fórmula:

$$\text{Pol sacarosa pura (a) + Pol dext. naturales en muestra (b) + Pol dext. patron en concentración Indicadas (c) =$$

Pol de muestras con la conc. dextr. añadidos (d)

Despejando (b) se obtiene el Pol correspondiente a las dextranas naturales en las muestras. Esta fórmula se aplicó, en las muestras analizadas, a las dosis correspondientes de cada dextrana añadida, excepto en aquellos decrementos registrados.

Con los promedios de los valores del Pol de las dextranas naturales, se calculó el valor del Pol real que debió tener cada jugo si los mismos no hubieran tenido dextranas.

Posteriormente se calculó el grado de rendimiento tomando en cuenta para ello los siguientes parámetros: pureza, extracción, Pol inicial y Pol real, al aplicar la fórmula de Winter-Carp.

El rendimiento así calculado, permite estimar la cantidad en toneladas de caña arrimada al central. Tomando en cuenta el Pol real (teórico) y el Pol inicial se determinó el Rendimiento real y aparente respectivamente. Una vez obtenidos los mismos, se procedió a estimar el pago a los cañicultores en ambos casos para cuantificar la diferencia que se pagó partiendo de un Pol mayor (aparente) en las muestras. Para esto se aplicó la siguiente fórmula de pago establecida en el Central:

$$\text{Bs/Ton. Caña} = \text{Ton. Caña} \times \text{Rendimiento} \times \text{Bs/}^\circ\text{Rendimiento}$$

En esta planta azucarera, para 1990, se pagaban 108,56 Bs por cada grado de rendimiento²⁵.

The effect of dextrans on polarisation and the sugar economy (Summary)

One of the factors contributing to a drop in factory productivity is the presence of dextrans in the raw material. Dextrans distort the pol readings used to establish cane payment, resulting in overpayment by the sugar company.

This article, following the methodology applied by Bradbury et al (1986) on raw sugars, quantifies the increase in polarisation in pure sucrose

juices and samples: 0.05°S/180 ppm of dextrans.

It is established that the presence of these compounds may result in excess payments to cane growers, since the payment formula relates to yield, which in turn depends on polarisation and purity. It is estimated that an excess 3,593,350 bolivars were paid over the the nine days of the sampling.

These results demonstrate that the measurement of dextran content should be included in cane payment systems.

- 1 Imrie y Tilbury: *Sugar Tech. Review*, 1972, 1, (4), 291.
- 2 Alvarez y Cardentey: *I.S.J.*, 1988, 90, 202 - 204.
- 3 Ravelo et al.: *idem.*, 1991, 93, 82 - 86.
- 4 Rubia: "Efectos de los polisacáridos en la filtrabilidad de los licores en la industria azucarera". Seminario I. Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Mecanografiado. Caracas, Venezuela, 1986.
- 5 Idem: "Evaluación de la incidencia y de los métodos de remoción enzimática de almidones y dextranos durante la fabricación de azúcar de caña". Seminario II. Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Mecanografiado. Caracas, Venezuela, 1988.
- 6 Fulcher y Inkerman: *Proc. 41st. Conf. Queensland Sugar Cane Tech.*, 1974, 161 - 170.
- 7 Watson y Nicol: *Sugar Tech. Review*, 1975, 69, 71 - 118.
- 8 Wells y James: *Proc. 43rd. Conf. Queensland Sugar Cane Tech.*, 1976, 287.
- 9 Lionnet: *I.S.J.*, 1988, 90, 218 - 220.
- 10 Mantovani et al.: *ibid.*, 1991, 94, 18A.
- 11 Tecnicaña: "Manual de laboratorio para la industria azucarera". (Edit. Graficali de Occidente Ltda.), 1989, Cali, Colombia.
- 12 Mochtar: *I.S.J.*, 1987, 89, 1067.
- 13 Spencer y Meade: "Manual de azúcar de caña" 9ª Edición. (Editorial: Montaner y Simón, Barcelona). 1967.
- 14 Caricí: Comunicación personal. Mayo. Azucarera Río Turbio C.A. Barquisimeto, Venezuela, 1990.
- 15 Bradbury et al. *Sugar J.*, 1986, 48, 11 - 13.
- 16 Rubia: "Evaluación de la incidencia y de almidones y dextranos en la fabricación de azúcar en la C.A. Central Río Turbido trabajo especial del Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Mecanografiado. Caracas, Venezuela, 1987.
- 17 GEPLACEA: Grupo de países Latinoamericanos y del Caribe exportadores de azúcar. "Manual de técnicas analíticas de azúcares y mieles para América Latina y el Caribe" 1984.
- 18 Roberts: *Proc. 41st Ann. Meeting S.I.T.*, 1982, 298 - 307.
- 19 Sarkar y Day: *J. Amer. Soc. Sugar Cane Tech.*, 1986, 6, 102 - 107.
- 20 Clarke et al.: *I.S.J.*, 1987, 89, 127.
- 21 Alvarez: Informe de pasantía. Parte B. Factibilidad de implementar un métodos de determinación de dextranos en jugo de caña. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Carrera de Técnico Superior Agroindustrial. Mecanografiado. Barquisimeto. Venezuela.
- 22 Jolly y Praksh: *I.S.J.*, 1987, 89, 1066.
- 23 ICUMSA: "Methods of sugar Analysis" (Elsevier, Amsterdam), 1979.
- 24 Caricí: Comunicación personal. Mayo. Azucarera Río Turbio C.A. Barquisimeto, Venezuela, 1987.
- 25 Caricí: Comunicación personal. Febrero. Azucarera Río Turbio C.A. Barquisimeto, Venezuela, 1995.