

MUESTREOS Y SACARIMETRIA

MUESTREOS

Los muestreos que se realizan con miras a efectuar análisis químicos de jugos, son esenciales para encontrar resultados confiables y además garantizar la realidad de lo producido por un campo de caña de azúcar y en los casos en los cuales se compra o vende la caña por su rendimiento, es de especial valor.

Existen diferentes tipos de muestreos según el fin que se persiga y la modalidad de trabajo de la factoría o empresa. Los muestreos llevados a cabo en el control de la maduración se describen en el capítulo respectivo. Aquí se indican los concernientes a cañas sazonadas y listas para el corte.

MUESTREO ANTES DEL CORTE

En algunos países los muestreos se hacen antes del corte y esa es su base para estimar el rendimiento. En este caso, se toman 10 cañas por muestra y cada muestra representa una hectárea de cultivo. Las cañas se deshojan y despuntan para acondicionarlas a su situación comercial. Las muestras se deben tomar en sitios alejados de canales de riego o drenaje, callejones, bordes de la plantación, variaciones especiales en el tipo de suelo, y en fin, lugares no representativos del lote. A cada muestra se le hacen los análisis de jugos como a cualquier otra muestra de cañas.

MUESTREO DESPUES DEL CORTE

EN EL CAMPO Para este muestreo se toman al azar 10 cañas enteras y completamente desarrolladas de cada "chorra" o hilera de cañas dejadas por el cortero.

EN LOS VAGONES O CAMIONES En este caso, se toman de una a dos cañas por vagón, se juntan para totalizar una muestra de 10 ó 20 cañas. En cada muestra se debe anotar la procedencia y la variedad.

ANALISIS DE JUGOS

Los análisis de jugos representan una parte muy importante dentro del control de la producción. Se han determinado muchos métodos de análisis de jugos, pero los que a continuación se mencionan son los más utilizados y los que se encuentran aprobados por la "Asociación Internacional de Químicos Azucareros".

Considerando que los jugos se descomponen con rapidez, se adicionan cinco gotas de "formol" o "bicloruro de mercurio" a la muestra, con el fin de evitar la inversión de los azúcares.

BRIX

Los grados Brix o "Brix" se refieren al contenido de sólidos totales en el jugo o porcentaje de sólidos solubles totales contenidos en una muestra de jugos (1).

El Brix se puede medir por medio de desecación, con el refractómetro de mano o por medio de hidrómetro o aerómetro que es el más usado. Para poder llevar a cabo el análisis por medio de hidrómetro se necesita una probeta graduada de 250-500 cc. y un aerómetro (4).

El hidrómetro consiste en un tubo de vidrio con un tallo delgado en uno de sus extremos con una escala para la lectura del Brix. En el otro extremo tiene unos perdigones que le proporcionan el balance apropiado. Algunos hidrómetros tienen en su parte ancha un termómetro con una escala en grados centígrados para hacer las correcciones de temperatura.

PROCEDIMIENTOS Según Lozano (4), la muestra de jugos se cuele con un tamiz de malla fina y se llena con él la probeta graduada. Luego se introduce el hidrómetro y se esperan unos pocos minutos con el fin de poder realizar una buena lectura del Brix y la temperatura del jugo. Las lecturas se anotan en la "hoja guía para análisis de jugos" (Anexo 1).

CALCULOS Los cálculos del Brix son bien sencillos. Las correcciones para sólidos totales en el jugo se encuentran en la Tabla 8. En sentido horizontal se lee el Brix observado y en sentido vertical la temperatura. Si la temperatura es inferior a 20oC, el factor de corrección se resta y si es superior a 20oC se suma.

Ejemplo: Si el Brix observado es de 17,6 y la temperatura 18oC, entonces:

Brix = 17,6

Temperatura=18oC.

En la Tabla se lee en donde se crucen la temperatura y el Brix más próximo al leído. El factor de corrección es 0,12.

Corrección:

$$\begin{array}{r} 17,60 \\ -0,12 \\ \hline 17,48 \end{array}$$

El valor 17,48 se denomina Brix corregido.

TABLA 8. Correcciones de temperatura para lecturas de Hidrómetros Brix. Patrón a 20°C.

| Temperatura °C | B R I X | | | | | | | | | | OBSERVADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |
| 0 | 0,30 | 0,49 | 0,65 | 0,77 | 0,89 | 0,99 | 1,08 | 1,16 | 1,24 | 1,31 | 1,37 | 1,41 | 1,44 | 1,49 | 1,49 | 0,30 | 0,49 | 0,65 | 0,77 | 0,89 | 0,99 | 1,08 | 1,16 | 1,24 | 1,31 | 1,37 | 1,41 | 1,44 | 1,49 |
| 5 | 0,36 | 0,47 | 0,56 | 0,65 | 0,73 | 0,80 | 0,86 | 0,91 | 0,97 | 1,01 | 1,05 | 1,08 | 1,10 | 1,14 | 1,14 | 0,36 | 0,47 | 0,56 | 0,65 | 0,73 | 0,80 | 0,86 | 0,91 | 0,97 | 1,01 | 1,05 | 1,08 | 1,10 | 1,14 |
| 10 | 0,32 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,52 | 0,57 | 0,60 | 0,64 | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,77 | 0,32 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,52 | 0,57 | 0,60 | 0,64 | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,75 | 0,77 |
| 11 | 0,31 | 0,35 | 0,40 | 0,44 | 0,48 | 0,51 | 0,55 | 0,58 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,31 | 0,35 | 0,40 | 0,44 | 0,48 | 0,51 | 0,55 | 0,58 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,68 | 0,70 |
| 12 | 0,29 | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,50 | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,62 | 0,62 | 0,29 | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,50 | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,62 |
| 13 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,49 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,55 | 0,55 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,49 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,55 |
| 14 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,47 |
| 15 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,39 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,39 |
| 16 | 0,17 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,17 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 |
| 17 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,24 |
| 18 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,16 |
| 19 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| 21 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| 22 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| 23 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| 24 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| 25 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,38 | 0,38 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,38 | 0,38 | 0,39 | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| 26 | 0,33 | 0,34 | 0,36 | 0,37 | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,33 | 0,34 | 0,36 | 0,37 | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| 27 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,48 | 0,50 | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| 28 | 0,46 | 0,47 | 0,49 | 0,51 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 0,46 | 0,47 | 0,49 | 0,51 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| 29 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,59 | 0,61 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,59 | 0,61 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| 30 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,73 | 0,76 | 0,78 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,70 | 0,73 | 0,76 | 0,78 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| 35 | 0,99 | 1,01 | 1,02 | 1,06 | 1,10 | 1,13 | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,22 | 1,23 | 1,22 | 1,22 | 0,99 | 1,01 | 1,02 | 1,06 | 1,10 | 1,13 | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,22 | 1,23 | 1,22 |
| 40 | 1,42 | 1,45 | 1,47 | 1,51 | 1,54 | 1,57 | 1,62 | 1,62 | 1,64 | 1,65 | 1,65 | 1,65 | 1,66 | 1,65 | 1,65 | 1,42 | 1,45 | 1,47 | 1,51 | 1,54 | 1,57 | 1,62 | 1,62 | 1,64 | 1,65 | 1,65 | 1,66 | 1,65 | 1,65 |
| 45 | 1,91 | 1,94 | 1,96 | 2,00 | 2,03 | 2,05 | 2,07 | 2,09 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 1,91 | 1,94 | 1,96 | 2,00 | 2,03 | 2,05 | 2,07 | 2,09 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 |
| 50 | 2,46 | 2,48 | 2,50 | 2,53 | 2,56 | 2,57 | 2,58 | 2,59 | 2,59 | 2,58 | 2,58 | 2,57 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,46 | 2,48 | 2,50 | 2,53 | 2,56 | 2,57 | 2,58 | 2,59 | 2,59 | 2,58 | 2,58 | 2,57 | 2,56 | 2,56 |
| 55 | 3,05 | 3,07 | 3,09 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,11 | 3,10 | 3,08 | 3,07 | 3,05 | 3,03 | 3,03 | 3,03 | 3,05 | 3,07 | 3,09 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,11 | 3,10 | 3,08 | 3,07 | 3,05 | 3,03 | 3,03 |
| 60 | 3,69 | 3,72 | 3,73 | 3,73 | 3,72 | 3,70 | 3,67 | 3,65 | 3,62 | 3,60 | 3,57 | 3,54 | 3,50 | 3,49 | 3,49 | 3,69 | 3,72 | 3,73 | 3,73 | 3,72 | 3,70 | 3,67 | 3,65 | 3,62 | 3,60 | 3,57 | 3,54 | 3,50 | 3,49 |
| 65 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,30 | 4,20 | 4,20 | 4,10 | 4,10 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,30 | 4,20 | 4,20 | 4,10 | 4,10 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| 70 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,00 | 4,80 | 4,80 | 4,80 | 4,70 | 4,70 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,10 | 5,00 | 5,00 | 4,80 | 4,80 | 4,80 | 4,70 | 4,70 | 4,60 | 4,60 | 4,60 |
| 75 | 6,10 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 5,80 | 5,80 | 5,70 | 5,60 | 5,50 | 5,40 | 5,40 | 5,30 | 5,20 | 5,20 | 5,20 | 6,10 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 5,80 | 5,80 | 5,70 | 5,60 | 5,50 | 5,40 | 5,40 | 5,30 | 5,20 | 5,20 |
| 80 | 7,10 | 7,00 | 7,00 | 6,90 | 6,80 | 6,70 | 6,60 | 6,40 | 6,30 | 6,20 | 6,10 | 6,00 | 5,90 | 5,90 | 5,90 | 7,10 | 7,00 | 7,00 | 6,90 | 6,80 | 6,70 | 6,60 | 6,40 | 6,30 | 6,20 | 6,10 | 6,00 | 5,90 | 5,90 |

FEJTA PL BRIX OBSERVADO

SCMDO PL BRIX OBSERVADO

El otro caso es cuando la temperatura es superior a 20°C. En la Tabla se determina el factor de corrección en la misma forma que en el caso anterior y se tiene 0,26.

Corrección: .

$$\begin{array}{r} 17,60 \\ +0,26 \\ \hline 17,86 \end{array}$$

El valor 17,86 es el Brix corregido.

DETERMINACION DE SACAROSA

La sacarosa es el compuesto químico conocido comercialmente como azúcar. La sacarosa se puede determinar por diferentes métodos pero el más utilizado es el llamado "método polarimétrico" mediante la reducción con el subacetato de plomo básico del doctor Horne (4).

MATERIALES Polarímetro
Tubo polarimétrico de 200 mm
Papel de filtro
Embudos de tallo largo
Subacetato de plomo básico
Beakers de 100 y 50 cc
Agitador
Muestra de jugos

PROCEDIMIENTO Se toman 100 centímetros de jugo en un beacker, se le añaden aproximadamente dos gramos de subacetato de plomo básico y se revuelve bien con un agitador y se filtra. Los primeros centímetros de filtrado se retornan al embudo o se eliminan pues salen un poco turbios. Se espera hasta que se logre la cantidad de filtrado necesario para llenar el tubo polarimétrico. Las burbujas de aire que puedan quedar en el tubo se eliminan y se llevan al polarímetro (2).

La lectura en el polarímetro se realiza en la forma siguiente (2):

Se prende la lámpara y se observa a través del ocular del polarímetro. Primero pueden aparecer dos planos de color diferente, uno negro y el otro anaranjado, ambos en forma de media luna. Se gira el tornillo micrométrico en uno y otro sentido con el fin de observar hacia que lado cambian los planos semicirculares, luego se juega lentamente con el tornillo micrométrico entre los dos planos hasta el momento en que los dos planos se confundan. Ya logrado un solo plano se hace la lectura de polarización mirando por el "ocular" de lectura de polarización. La lectura es bien sencilla y se hace en una escala graduada en grados "Ventske" con un nonio respectivo.

CALCULOS De los análisis y lecturas anteriores se han encontrado, el Brix observado, temperatura, Brix corregido y lectura polarimétrica. El procedimiento para determinar la sacarosa es el siguiente:

— Determinación de gravedad específica.

En la Tabla 27, de Spencer y Meade (5), en la columna correspondiente a gravedad específica a 20/20, se anota el valor que coincide con el Brix observado.

Si por ejemplo se tiene que el Brix observado es de 20,5, la gravedad específica es 1,08510.

– Cálculo de la sacarosa.

La sacarosa se puede encontrar por medio de la fórmula de Schmitz, según Duarte (2).

$$\text{Sacarosa (S)} = \frac{L \times 26}{99,718 \times \text{g.e.}}$$

En donde:

L=lectura del polarímetro

26=constante

99,718=constante. Para fines prácticos algunos aproximan a 100,00.

g.e.=gravedad específica a 20/20oC.

Ejemplo:

L=82,4

Brix leído=20,5

gravedad específica=1,08510

$$\text{Sacarosa (S)} = \frac{82,4 \times 26}{100 \times 1,08510} = 19,74$$

Para el cálculo del porcentaje de sacarosa también se puede emplear una Tabla basada en la fórmula anteriormente descrita y que aparece en la Tabla 36 y denominada “Tabla de Schmitz para sacarosa (Pol) para uso del método de plomo seco de Horne con soluciones no diluídas”. La Tabla tiene en sentido vertical una columna para la lectura del polarímetro y en sentido horizontal una línea para el Brix observado; en el lugar en donde se crucen estas dos medidas se encuentra el porcentaje de sacarosa (Spencer y Meade, 5).

DETERMINACION DE LA PUREZA

La pureza se refiere a la relación o porcentaje de sacarosa con respecto a los sólidos totales que contiene un jugo (2). Entonces la pureza se determina así;

$$\text{Pureza (o/o)} = \frac{\text{o/o sacarosa} \times 100}{\text{Brix corregido}}$$

Ejemplo:

Sacarosa (o/o) = 19,74

Brix corregido = 20,76

Entonces:

$$\text{Pureza (o/o)} = \frac{19,74 \times 100}{20,76} = 95,08 \text{ o/o}$$

20,76

DETERMINACION DEL RENDIMIENTO TEORICO

El rendimiento teórico según Spencer y Meade (5), se refiere al azúcar real

que tiene el jugo analizado pero no al que verdaderamente se produce en saco. La determinación del rendimiento teórico se hace por medio de la fórmula:

Rendimiento teórico = o/o sacarosa - (0,3) (Brix corregido).

Ejemplo:

o/o sacarosa = 19,74

Brix corregido = 20,76

Rend. Teor. = $19,74 - (0,3) (20,76) = 13,52$ o/o

DETERMINACION DEL RENDIMIENTO EN FABRICA

La determinación del rendimiento en fábrica se hace generalmente multiplicando el rendimiento teórico por 0,96 (valor del azúcar comercial) pero todas las factorías tienen su propio factor para determinar el rendimiento en fábrica (5).

DETERMINACION DE LA ACIDEZ

La determinación de la acidez consiste en medir el pH de los jugos y constituye una parte muy importante del control de ingenios. Las determinaciones son sencillas y se basan en métodos colorimétricos o electrométricos (5).

DETERMINACION DE LOS AZUCARES REDUCTORES

Los azúcares reductores o invertidos juegan un papel importante dentro de la producción de azúcar se refieren a la glucosa y la fructuosa. Los azúcares invertidos por sí mismos proporcionan una pérdida de azúcar y arrastran consigo alguna cantidad de azúcar que se pierde en la miel final. Se dice que una parte de invertido arrastra 0,4 partes de sacarosa en la miel final (Spencer y Meade, 5; Lozano, 4).

METODOS USADOS La determinación de los azúcares invertidos se puede hacer por el método gravimétrico de Munson-Walker o por el volumétrico de Lane-Eynon; de estos sistemas el más utilizado es el volumétrico.

METODO DE LANE-EYNON Para efectuar la determinación se debe preparar la solución de Fehling en dos soluciones independientes.

Fehling A:

Se disuelven 34,639 gramos de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) químicamente puro en agua destilada hasta un volumen de 500 mililitros y se guarda en frascos de color ámbar. La solución es de color azul.

Fehling B:

Se disuelven 173 gramos de tartrato de potasio y sodio ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), llamado sal de la Rochela; se añaden 50 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) disueltos en agua, se mezcla todo, se enfría a temperatura ambiente y se completa el volumen a 500 mililitros. No se puede utilizar subacetato de plomo básico porque precipita parte de

los invertidos. Entonces, a una parte de la muestra de jugos no diluída se le toma el Brix y a la otra parte se le añade acetato de plomo neutro para clarificar (se filtra preferencialmente sobre Kieselguhr o tierra de infusorios). Se desploma el filtrado tratándolo con una solución que contenga 30 gramos de oxalato de potasio y 70 gramos de fosfato disódico en 1.000 ml de solución con agua destilada. El oxalato sirve para descalcificar y el fosfato para desplomar. Se filtra y se coloca el filtrado en una bureta de 50 centímetros cúbicos.

Se transfieren 5 mililitros de solución Fehling A y 5 ml de Fehling B a un erlenmeyer de 250 centímetros cúbicos. De la bureta se descargan al erlenmeyer unos 10 mililitros de la muestra. Se agita y coloca en la estufa hasta ebullición; iniciada ésta se agregan 4 ó 5 gotas de "azul de metileno" al 1 o/o en agua destilada. Se continúa agregando la muestra de la bureta y se sigue ebullendo hasta que desaparezca el color azul y aparezca el color rojo ocre, momento en el cual se ha terminado la titulación con la muestra y se anotan los mililitros gastados. La operación de titulación no debe durar más de tres minutos.

Previamente con una solución patrón de glucosa pura al 0,5 o/o se titula la solución A+B de Fehling para calcular a cuántos gramos de glucosa equivale el cobre total de la solución de Fehling.

CALCULOS Los cálculos se pueden ilustrar con un problema tomado de Lozano (4):

"En un jugo diluído de 16,24 Brix se gastaron 33,7 mililitros de él para reducir la solución de Fehling, la cual previamente se había titulado con 11,5 mililitros de la solución de glucosa para el 0,5 o/o. Qué porcentaje de azúcar invertido, por peso tiene ese jugo diluído?"

Primero se averiguan los gramos de glucosa de la solución patrón que hay en 11,5 mililitros.

100 cc.-0,5 gramos de glucosa

11,5 cc.-X gramos de glucosa

$$X = \frac{0,5 \times 11,5}{100} = 0,0575 \text{ gramos de glucosa}$$

Si un total de 0,0575 gramos de glucosa reducen el cobre, en los 33,7 mililitros de jugo problema hay 0,0575 gramos de azúcares invertidos. En la Tabla 1, se encuentra que para un Brix de 16,24 la gravedad específica es 1,06432.

El peso de 33,7 mililitros es: $1,06432 \times 33,7 = 35,87$ gramos

35,87 gramos de jugo contienen 0,0575 gramos invertidos

100 gramos de jugo contienen X gramos invertidos

$$X = \frac{0,0575 \times 100}{35,87} = 0,16 \text{ o/o en peso de azúcar invertido en el jugo.}$$

Todas las veces que se prepare una solución de Fehling se debe buscar el patrón de glucosa para esa solución. Si la muestra original se ha diluído, el resultado de invertidos se multiplica por el factor de dilución.

La fórmula general para invertidos se resume en la siguiente forma:

$$\text{o/o Inv.} = \frac{\text{Factor} \times 100}{\text{ml gastados} \times \text{g.e.}}$$

En donde:

o/o Inv.=Porcentaje en peso de azúcar invertido en una muestra de jugos.

Factor=Se refiere al patrón de glucosa de la solución de Fehling.

ml. gastados=Mililitros de jugo gastados para realizar la titulación.

g.e.=gravedad específica.

DETERMINACIONES DE BAGAZO

El bagazo tomado como subproducto tiene gran importancia desde el punto de vista industrial, pero en la industria azucarera conviene saber la cantidad de azúcar que se pierde en el bagazo. La muestra de bagazo se toma cada hora y se guarda en una caja hermética para hacer análisis de humedad, sacarosa y fibra (Lozano, 4).

HUMEDAD Se desecan 100 gramos de bagazo en una estufa de tipo ventilador hasta peso constante a una temperatura de 125-130°C, lo cual se hace en unas tres horas.

Cálculo:

Humedad del bagazo=100 gramos - peso bagazo seco.

SACAROSA (Pol.) EN BAGAZO Se toman 100 gramos del compuesto de bagazo en un digestor Spencer o Norris y se digiere en 1.000 centímetros cúbicos de agua a punto de ebullición durante una hora, añadiendo previamente al agua cinco mililitros de carbonato sódico al 5 o/o para evitar la inversión. La solución extracto se drena a través de una malla metálica para obtener aproximadamente 200 mililitros de solución y se clarifica con unos 0,5 gramos de acetato de plomo seco, usando un poco de tierra de infusorios seca para ayudar la filtración, se filtra y se polariza en un tubo de 400 mm.

FIBRA EN BAGAZO El receptáculo del digestor se debe enfriar antes de pesarlo.

Peso del extracto=Peso digestor lleno-Peso digestivo vacío-fibra
=Peso del bagazo + agua-fibra

Como siempre se evapora un poco de agua, el peso del extracto será 1.000 gramos de agua=100 gramos de bagazo-gramos de fibra.

- Determinación indirecta de la fibra o/o bagazo.

Bagazo=materia seca (M.S.) + humedad
=fibra + sólidos disueltos + humedad

Si:

M.S. = materia seca del bagazo = bagazo - humedad

P = el porcentaje de sacarosa (Pol.) del bagazo

C = pureza del guarapo del último molino y que impregna al bagazo

X = porcentaje de fibra del bagazo

$$C = \frac{P}{\text{Sólidos}}$$

$$\text{Sólidos o/o bagazo} = \frac{P \times 100}{C}$$

$$X = \frac{S-P \times 100}{C}$$

—Cálculos del Pol. del bagazo.

$$\frac{L}{2} \times 0,26 = \text{g. pol. en 100 cc. extracto}$$

L = lectura polarimétrica en tubo de 400 mm.

$$\frac{L}{2} = 0,26 \times 100 \text{ g. pol. en 1 cc. o aproximadamente 1 g de extracto.}$$

$$\frac{L \times 0,26 \times \text{peso extracto}}{2 \times 100} = \text{Sac (pol) en todo el extracto}$$

$$= \text{Sac (pol) en 100 g de bagazo}$$

$$\text{Sac (pol) o/o bagazo} = \frac{L \times 26 \times \text{peso extracto}}{2 \times 100 \times 100}$$

Ejemplo:

$$L = 2,9$$

$$\text{Peso extracto} = 1,035 \text{ g.}$$

$$\text{Sac (pol) o/o bagazo} = \frac{2,9 \times 26 \times 1,035}{2 \times 100 \times 100} = 3,901$$

En la Tabla 50, se puede determinar directamente la Sac(pol) o/o de bagazo (Spencer y Meade, 5).

ANÁLISIS DE MUESTRAS POR EL MÉTODO DE LA LICUADORA (POL-RATIO)

El método de licuadora se ha utilizado en Hawaii con éxito y sirve para ayudar al control de maduración. En él se determinan directamente la polarización y la fibra por ciento de caña. La metodología se tomó de González (3).

EQUIPO

- Picacaña o picapasto
- Montaje para el motor y canal sub-muestreador
- Lona encerada para el cuarteo de las muestras
- Licuadora "Waring Blendor", modelo CB-4
- Medidor de humedad "Moisture Teller" Fiber Drier
- Tarros para desecación
- Prensa para exprimir la fibra
- Balanza
- Estufa de doble pared, tipo de ventilador
- Aparato para lavar la fibra
- Fracos o continentes para muestras
- Refractómetro de precisión Baush & Lomb

–Sacarímetro Smith and Hensch

MUESTRA DE LA CAÑA

Se usa una muestra de 200 kilogramos que se puede recoger de las chorras que deja el cortero o tomando cañas de la suerte sin cortar y al azar.

PICADO DE LA CAÑA

Se pica la caña a un tamaño de tres centímetros. En el tubo de salida se le adapta un canal semicircular de nueve centímetros de diámetro, montado sobre un anillo ajustable para obtener una sub-muestra continua del 10 o/o de la caña y se recoge en un recipiente de lámina.

CUARTEO DE LA SUB-MUESTRA

La sub-muestra se pone sobre una lona impermeable y se revuelve bien. Luego se cuarteo y se toman puñados de cada cuarteo para formar la muestra para análisis, de aproximadamente un kilogramo. La muestra se empaca en una bolsa plástica, se ata bien y se guarda en un congelador a -18oC, donde se conserva hasta el momento del análisis.

ANALISIS

Se saca la bolsa del congelador, que debe contener entre 800 y 1.000 gramos de caña picada; se desintegran con un pequeño mazo y se pesa con precisión de 0,1 gramos, se destapa la bolsa y se obtiene el peso neto.

La licuadora tiene cinco velocidades. Se pone la cuarta parte de la muestra en la licuadora y se agregan dos litros de agua, dos pastillas de bicarbonato de sodio de 10 gramos cada una (1,3 gramos en total) para controlar el pH y una pastilla de 7,3 gramos (0,475 gramos) de bicloruro de mercurio para evitar la fermentación.

Se coloca el tiempo de licuado en 10 minutos, se pone a andar la licuadora en la velocidad uno, durante un minuto, en seguida se agrega otra cuarta parte de la muestra y se pasa a la velocidad dos otro minuto, se agrega otra cuarta parte de la muestra y se pasa a la velocidad tres y se acciona otro minuto; finalmente se agrega la otra cuarta parte de la muestra y se tapa bien la licuadora y se conserva en velocidad tres. Unos minutos antes de que se complete el tiempo de licuado, se baja la velocidad a dos, salvo en cañas duras que deben terminar en velocidad tres. Se destapa y saca el vaso de la licuadora para tomar una muestra de 200 centímetros cúbicos de jugo y vaciar luego el resto con la fibra.

La muestra de jugo se obtiene con un cedazo doble, formado por un cuadro metálico de 8,9 centímetros de ancho por 6,4 de alto y un centímetro de espesor, recubierto por ambas caras con una malla de alambre número 100 o tela de centrífuga del mismo número y con el tubo interior de extracción llegando casi hasta el fondo del cuadro. En la boca

del tubo de extracción se le adapta una manguera de hule para sacar la muestra, en la que se determina el Brix con el refractómetro de precisión y la polarización por el método convencional.

Es conveniente realizar varias lecturas del Brix y la polarización para asegurar la certeza de los datos.

Se vacía el contenido del vaso de la licuadora en un cedazo circular de ocho pulgadas (20,3 centímetros) de diámetro por 4,5 pulgadas (11,4 centímetros) de profundidad con malla número 100 un poco arriba del fondo, en seguida se escurre y se lleva al lavador al vacío en donde se lava con agua distribuída uniformemente sobre la fibra hasta pasar unos 16 litros de agua de lavado al garrafón colector. Todas las muestras se deben lavar con el mismo volumen de agua y el cese del lavado debe ser automático.

Terminado el lavado se saca el cedazo y se monta sobre un bloque circular de madera del diámetro del cedazo, con un rayado para la salida del agua exprimida. El bloque se monta sobre un gato de automóvil y se comprime la fibra sobre otro bloque circular que entra por la parte superior para extraer la mayor cantidad de agua posible.

Se saca el cedazo de los bloques, se afloja la fibra a mano, se vuelve a meter dentro del cedazo y se lleva al medidor de humedad, se gradúa a 60 minutos y se pone a accionar. La corriente de aire caliente tiene una temperatura de 130 a 135°C.

A los 15 minutos se saca el cedazo, se afloja el bagazo a mano y se vuelve a poner en el medidor de humedad; se repite esta operación a los 30 y 45 minutos. A los 60 minutos se pesa el cedazo con todo y bagazo, se afloja y se lleva nuevamente al medidor de humedad por 15 minutos más y se vuelve a pesar. Si la diferencia entre ambas pesadas es menor de un gramo se considera seca la muestra; en caso contrario, se vuelve a llevar al medidor de humedad por lapsos sucesivos de 15 minutos hasta peso constante.

Finalmente se pesa la fibra seca con aproximación de 0,1 gramos para reducirla a "fibra por ciento de caña".

CALCULOS

De las operaciones anteriores se tienen los datos siguientes:

| | |
|--|---|
| –Brix del jugo diluído | B |
| –Polarización del jugo diluído | S |
| –Pureza | P |
| –Peso de la muestra de caña | C |
| –Peso de la fibra seca | F |
| –Jugo absoluto en la muestra | C-F |
| –Jugo diluído en la licuadora | Jugo absoluto en la muestra + peso del agua agregada |

- Sacarosa por polarización = $\frac{S \times \text{Peso del jugo diluido}}{100}$
- Polarización o/o caña = $\frac{\text{Sac.} \times \text{Pol.} \times 100}{C}$
- Fibra o/o caña = $\frac{F \times 100}{C}$
- Pureza del jugo absoluto = P

ANEXO 1
HOJA GUIA PARA ANALISIS DE JUGOS
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS PALMIRA

| No. | Variedad | Edad | Brix | °C | B.C. | Gravedad Especific. | L | o/o Sac. (pol) | Pza. App. | Peso Caña | Peso Jugo | Rto. Teo. | o/o Extrac. |
|-----|----------|------|------|----|------|---------------------|---|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

en donde:

- | | | | | | | |
|------|----|-----------------------|--|-------------|----|--------------------------|
| No. | == | Número de la muestra | | o/o Sac. | == | Porcentaje de sacarosa |
| Brix | == | Brix observado | | (pol) | | |
| °C | == | Temperatura del jugo | | Pza. App. | == | Pureza aparente |
| B.C. | == | Brix corregido | | Rto. Teo. | == | Rendimiento teórico |
| L | == | Lectura polarimétrica | | o/o Extrac. | == | Porcentaje de extracción |

BIBLIOGRAFIA

1. ASSOCIATION OF HAWAIIAN SUGAR TECHNOLOGISTS. 1931. Methods of Chemical Control for cane sugar factories. Advertiser Publ. Co. 140 p.
2. DUARTE, A., HAROLD. 1970. Curso de caña de azúcar. Conferencia de Sacarimetría. Instituto Colombiano Agropecuario, Fac. Nal. de Agronomía y Soc. de Agric. y Ganaderos. 23 p. (mimeografiado).
3. GONZALEZ, ALFONSO. 1959. El X Congreso de la Sociedad Internacional de Tecnólogos Azucareros que tuvo lugar en Honolulu-Hawaii, del 3 al 23 de mayo de 1959. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar. Méjico. 217 p.
4. LOZANO, U., ALVARO. 1970. Curso de caña de azúcar. Conferencia de Sacarimetría. Instituto Colombiano Agropecuario, Fac. Nal. de Agronomía, Soc. de Agric. y Ganaderos. Palmira. 24 p (mimeografiado).
5. SPENCER, G.L. AND G.P. MEADE. 1957. Cane Sugar Handbook. 8 th Ed. John Wiley & Sons. New York 834 p.