

CONTROL ANALÍTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELA

DOCUMENTO DE TRABAJO

Fecha: septiembre de 1976

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre la Caña de azúcar

2.1.1. Reseña Histórica

2.1.2. Clasificación Botánica

2.1.3. Morfológica

2.1.4. Composición del Jugo

2.1.5. Composición de la caña y de los sólidos del guarapo.

2.2. Zonas Productoras de Caña en Colombia.

2.2.1. Primera zona

2.2.2. Segunda zona

2.2.3. Tercera zona

2.3. Variedades de Caña Cultivada en Colombia

2.3.1. Descripción de la Variedad POJ2878

2.4. Madurez

2.4.1. Síntesis de la Sacarosa y Formación en la planta

2.5. Corte de la caña.

2.5.1. Corte parejo

2.5.2. Corte por Entresaque

2.6. Deterioro de la Caña después de cortada

2.7. Apronte

2.8. Transporte

2.9. Panela

2.10. Análisis de algunas sustancias de la caña

2.10.1. Grasa

2.10.2. Nitrógeno

2.103. Azúcares

A. – Métodos directos

B. – Métodos Indirectos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Madurez

3.1.1. Toma de Muestras

3.2. Rendimiento de la Caña

3.3. Determinación de Azúcares por el Método de Lane - Eynon

3.3.1. Preparación del Extracto

3.3.2. Determinación

3.4. Densidad

3.5. pH

3.6. Fibra cruda

3.7. Sustancia Nitrogenada

3.8. Grasa

3.9. Análisis de Cenizas

3.10. Sólidos totales y Viscosidad

3.11. Humedad

3.12. Diámetro, distancia entre nudos y longitud utilizable de la caña

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Caña de Azúcar

4.2. Nitrógeno Proteico

4.3. Efecto de los Sólidos totales sobre la Viscosidad.

4.4. Metales

4.5. Rendimiento de Panela en el Proceso

4.6. Pérdida de Azúcar en la Clarificación

4.7. Pérdidas de Azúcar en el Proceso

4.8. Grasa

4.9. El pH y la Clarificación

4.10. Humedad, y Extracto Seco

4.11. Densidad

4.12. Fibra Cruda

4.13. El pH en la Panela

4.14. Peso Promedio de la panela, Color y aspecto

5. CONCLUSIONES

6. RECOMENDACIONES

7. BIBLIOGRAFÍA

8. APÉNDICES

8.1 Trazas de Elementos en Azúcares

8.1.1. Metales de Interés Nutricional o Tóxico

8.1.2. Efecto de la Refinación sobre trazas de elementos en el azúcar

8.2. Determinación de metales

8.2.1. Cenizas

8.2.2. Análisis de Cenizas

8.3. Azúcares

8.3.1. Preparación del Extracto para Análisis de Azúcares en la panela, jugo y bagazo

8.3.2. Determinación de Azúcares Reductores

8.3.3. Determinación de Azúcares Totales

8.4. Densidad

8.5. Diámetro, distancia entre nudos y longitud utilizable de la caña

8.6. Determinación del pH

8.7. Fibra Cruda

8.8. Nitrógeno (N x 6.25).

8.9. Grasa

8.9.1. Método Noruego de Lunde de Luade

8.10. Madurez de la Caña

8.10.1. Sintomatología de la Madurez

8.10.2. Determinación

8.11. Viscosidad

8.12. Sólidos totales

8.13. Humedad

1. INTRODUCCIÓN

Siendo la industria panelera la base fundamental de la economía en algunos sectores agropecuarios, y teniendo en cuenta que la panela es una fuente alimenticia, debido a su alto valor nutricional, para una gran mayoría de las familias Colombianas de escasos y medianos recursos económicos el Instituto Colombiano Agropecuario ICA por Intermedio del Programa de Procesos Agrícolas, trazó un proyecto denominado "Trapiches Paneleros" cuyo objetivo final es el de la organización eficiente y económica de los trapiches colombianos para mejorar el ingreso de los cañicultores.

Para esto es necesario hacer un estudio químico sobre el comportamiento de algunos parámetros en el proceso de la obtención de la panela, los cuales se pretenden establecer en el presente trabajo.

Algunos de ellos versan sobre el almacenamiento de la caña por varios días y su influencia en el rendimiento de la panela y su calidad, así como también el efecto de la clarificación sobre los nutrientes del jugo, etc. Para esto se escogieron dos regiones, una en Piedecuesta, Santander y la otra en villeta, Cundinamarca, por presentar facilidades para ejecutar el presente trabajo.

La caña que se utiliza pertenece a la variedad POJ2878, por ser ésta la que más corrientemente se cultiva en estas regiones paneleras.

El Programa de Procesos Agrícolas proyectó, coordinó y financió la elaboración del presente proyecto, utilizándose los laboratorios del Instituto con sus implementos y reactivos. Por tanto el presente trabajo pertenece al autor, a la Universidad Nacional de Colombia y al Instituto Colombiano Agropecuario.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. GENERALIDADES SOBRE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.1.1. Reseña Histórica

Se tiene conocimiento de la caña de azúcar desde la era mesozoica ; en cuanto a su centro de origen existe discrepancia, ya que algunos creen que proviene de la Nueva Guinea y otros de la India; luego se extendió a Persia, Egipto, Sicilia, y a todo el Asia y norte de África y llegó a la parte meridional de España .

Fue traída a América por Cristóbal Colón en su segundo viaje a Haití y República Dominicana donde se estableció el primer trapiche n el año de 1.508. Más tarde fue extendida por toda América por los conquistadores y a Colombia llegó en 1.515. El capitán Astigarreta estableció el primer ingenio en 1.570 en el valle geográfico del río cauca, en donde ha llegado a ser la principal fuente de riqueza en el campo agrícola.

La caña de azúcar se cultiva hoy en día en casi todos los departamentos del país con gran éxito, dado que es una planta que se adapta fácilmente a cualquier tipo de suelo y a un variado tipo de climas, dependiendo de la variedad cultivada.

Dado que es uno de los principales productos agrícolas en Colombia, se ha despertado un gran interés por el mejoramiento de las variedades, la vigilancia de los terrenos, nuevas y mejores técnicas de cultivo y cosecha .

2.1.2. Clasificación Botánica

La clasificación "botánica de la caña de azúcar es la siguiente.

Familia: Gramíneas

Tribu: Antropogénias

Subtipo: Angiosperma

Clase; Monocotiledóneas

Orden: Glumales

Género: Saccharum

Especies: Saccharum officinarum

Saccharum robustum

Saccharum sinense

Saccharum barteri

Saccharum spontaneum

2.1.3. Morfología

La raíz de la caña de azúcar es fasciculada y se extiende en todos los sentidos, penetrando de 20-30 cm. en el suelo. El tallo tiene de 1.5-4,0 mts. de alto, con un diámetro de 4-8 cm., dividido por nudos de donde parten las hojas, las cuales son alternas, estrechas, rectinervias, envainadas en la base, provistas de lígula, y su textura puede ser suave, medianamente suave o áspera.

La epidermis está formada por células grandes cubiertas por una cutícula, compuesta de filamentos y tiene paredes acanaladas. El líquido que lleva disuelto el azúcar se halla en el parénquima

2.1.4. Composición del Jugo

El conocimiento de la composición del jugo y la comprensión de sus propiedades químicas y de las reacciones de sus componentes, son esenciales para el control y mejoramiento efectivo de los procesos de la fabricación de panela. Este jugo llamado "guarapo" es la verdadera materia prima en el trapiche.

Como los constituyentes individuales se extraen en una forma más o menos incompleta, las proporciones de estos constituyentes que están presentes en el guarapo difieren de los que contiene las cañas intactas de las cuales se obtiene el guarapo.

Es necesario reconocer la variabilidad de la composición del guarapo tanto respecto constituyentes minerales como orgánicos; ello es cierto en guarapos procedentes de una misma localidad.

ambientales, hacen que exista una variación más amplia de los porcentajes de los constituyentes individuales procedentes de más bien, cuantitativas que cualitativas y todos los jugos tienen las diferencias de climas, terrenos y de otros factores mismos constituyentes pero en proporciones variables, diferentes zonas de producción; sin embargo estas diferencias son

Azúcares: Sacarosa, glucosa, fructuosa

Sales minerales: De calcio, potasio, magnesio, hierro, sodio, fósforo, etc.

Vitaminas: Tiamina, riboflavina, niacina.

Ácidos orgánicos: Sacárico, acotínico, oxálico, glicólico, málico.

Proteínas, gomas, materia colorante y otras sustancias.

2.1.5. Composición de la Caña de Azúcar y de los Sólidos del Jugo.

En las Tablas No. 1 y 2 se ilustra la composición aproximada de cañas provenientes de la localidad de Luisiana, en la época de la zafra.

TABLA NO. 1. COMPOSICIÓN DE LA CAÑA Y SÓLIDOS DEL GUARAPO (INTERVALOS APROXIMADOS DE CONCENTRACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES EN LOS SÓLIDOS EXTRAÍDOS DEL GUARAPO).

| | |
|------------------|-------|
| Agua | 73-76 |
| Sólidos | 24-27 |
| Fibra seca | 11-16 |
| Sólidos solubles | 10-16 |

COMPONENTES DEL GUARAPO

| | |
|-----------|---------|
| Azúcares | 75-92 |
| Sacarosa | 78-88 |
| Glucosa | 2-4 |
| Fructuosa | 2-4 |
| Sales | 3.0-7.5 |

| | |
|-------------------------|---------|
| De ácidos inorgánicos | 1.5-4.5 |
| Ácidos orgánicos libres | 0.5-2.5 |
| Ácidos carboxílicos | 0.1-2.0 |
| Aminoácidos | 0.5-2.0 |

OTROS NO AZUCARES ORGÁNICOS

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Proteínas | 0.5-0.6 |
| Almidón | 0.001-0.050 |
| Gomas | 0.30-0.15 |
| Cera, grasas, fosfáticos | 0.05-0.15 |
| No azúcares, no identificados | 3.0-5.0 |

La materia leñosa varía según la especie de caña cultivada y su composición es algo compleja, predominando la celulosa; es éste el principal componente del bagazo. Las caña blandas contienen de 7%-8% de materia leñosa *raramente* su contenido en otras cañas excede al 8%.

La materia insoluble en agua se denomina "Fibra de la Caña" cuyo componente principal es la celulosa y se encuentra incrustada en una materia gomosa llamada xilana, la cual se transforma en xilosa al hervirla con ácidos diluidos. Con la utilización de cal se consigue la precipitación de la casi totalidad de esta goma.

De los colorantes, la clorofila se elimina debido a que es insoluble en agua. La antocianina, otro colorante, es muy soluble y de descomposición rápida; se elimina por medio de la cal. La sacaretina es incolora en estado neutro y se vuelve amarilla en presencia de líquidos alcalinos, siendo soluble en la cal.

Se han diferenciado tres clases de jugos: el del protoplasma, el de las vacuolas y el de los paquetes fibrovasculares. El hecho de que las partes blandas contengan el jugo de mayor pureza, explica el por que los jugos obtenidos por molinos de poca potencia son más ricos que LOS jugos obtenidos en molinos de mayor potencia.

El pH de los jugos puede considerarse constante y estudios realizados sobre este aspecto dieron como resultado, en jugos inmediatamente después de la extracción, un pH variable entre 4.97 - 5.13

El pH de los jugos desciende a medida que la caña madura. Otro factor que influye para que el pH sea bajo, es la permanencia de la caña después de cortada.

2.2 ZONAS PRODUCTORAS DE CAÑA EN COLOMBIA

De acuerdo con las condiciones climatológicas, se ha dividido el territorio nacional en tres grandes zonas productoras. En cada una de estas zonas la caña producida es más eficiente para cierto producto.

2.2.1. Primera Zona

La caña cultivada en esta zona se dedica en su mayor parte para la obtención de mieles y para la fabricación de alcohol, con muy poca producción de azúcar y panela.

Las condiciones climatológicas para esta zona son:

- Altura sobre el nivel del mar: 0-800 mts.
- Temperatura media: 27-29°C.
- Oscilación de la temperatura: 5.5-10°C.

- Precipitación pluvial promedio: 1.500-2.000 mm.

Corresponden a esta zona regiones más o menos extensas de los departamentos de Bolívar, Córdoba, Atlántico, Magdalena, Tolima, Nariño, Chocó y parte de los dos Santanderes.

2.2.2. Segunda Zona

En esta zona *esta* localizada la casi totalidad de la Industria azucarera del país, con un alto porcentaje en producción de panela.

Las condiciones climatológicas de esta zona son:

- Altura sobre el nivel del mar: 800-1.200 mts.
- Temperatura media: 23-26 °C.
- Precipitación pluvial promedio: 800-1.800 mm.

En las zonas más altas debido a la suavidad del clima, distanciamiento y poca intensidad de las lluvias, puede cosecharse la caña durante todo el año, dando jugos de alta concentración de sacarosa y una gran pureza.

Pertenecen a esta zona pequeños y medianos valles de Risadla, Piedecuesta, Girón, Pamplonita, Viota, Villeta, etc. El más importante de esta zona es el valle geográfico del río Cauca.

2.2.3. Tercera Zona

Es la más amplia del país y la caña cultivada en esta zona se dedica casi en su totalidad en la producción de panela.

Las condiciones climatológicas de esta

- Altura sobre el nivel del mar : 1.200 - 1,700 mts.

- Temperatura media: 20 - 23 °C Oscilación de temperatura: 8.5 - 13 °C
- Precipitación pluvial: 1.000 - 2.700 mm.

Cuenta esta zona con suelos de gran fertilidad, especialmente ricos en potasio.

Tiene dificultad para la producción ya que los suelos no son de fácil preparación para el cultivo, sistemas de transporte rudimentario (ya que generalmente se hace a lomo de mula), baja extracción de los trapiches y deficiencias en las hormillas.

2.3. VARIEDADES DE CAÑA EN COLOMBIA

Dentro de las variedades que se cultivan en el país es de anotar, que la variedad ya mencionada y objeto de nuestro estudio, la POJ2878, es la más común por ser muy empleada entre los azucareros y paneleros, junto con la POJ2714-

Las variedades POJ2714 y POJ2878 fueron introducidas al país a raíz de la epidemia del mosaico que se desato en los cultivos nacionales hacia la década del 30.

Otras de las variedades son la variedad "Azul Casa Grande" originaria del Perú, obtenida do la variedad C0281 y POJ28 78. De ella se obtienen jugos muy puros siendo además de maduración temprana.

La variedad C0281, originaria de Caimbatore (India) obtenida por autofecundación de la FOJ2878. Es buena germinadora pero de maduración tardía; los jugos obtenidos son puros.

La variedad POJ2878 ya descrita anteriormente, es de fácil adaptación en casi todos los suelos y es susceptible al mal drenaje y a la acidez. Tiene una maduración tardía pero es de alta calidad.

La variedad POJ2714 es originaria de Java como la anterior, hija de padres POJ2364 y EX28. Se ajusta muy bien a loe suelos de ladera. Tiene una maduración mediana respecto a las demás variedades.

2.3.1. Descripción da la Variedad POJ2878

Como en el presente trabajo se utilizó la caña de variedad POJ2878 es conveniente hacer una pequeña descripción.

Fue obtenida por la Estación del Occidente de Java (Pro estación Oeste Java: POJ) en 1921.

Padres: POJ2364 y EK28.

Tiene tallos largos, diámetro de 2.6 - 3 cm. color amarillo verdoso, volviéndose más amarillo al madurar.

Entrenudos largos y cubiertos por una abundante capa, de cerosita que es más gruesa en la parte superior del entrenudo.

Estrías de corcho en los entrenudos más viejos.

La longitud de la planta es mayor de 3.5 mts; copa amplia y paja escasa. Las hojas son anchas de color verde pálido, rectas con puntas sobre caídas.

Yema: tamaño pequeño, forma orbicular, posición no sentada, poro germinativo apical, anchura mediana, prominencia mediana.

Lígula: anchura mediana, anillo de crecimiento ancho, anillo ceroso ancho, zona de raíces ancha.

Su sexo es masculino y sus estigmas funcionales. Se le llama vulgarmente Ceniza, Piojosa, Rucia, Cubana, Palmira, etc.

Su periodo vegetativo para temperaturas medias de 24 °C, es de unos 17 meses .

2.4. MADUREZ

2.4.1. Síntesis de la Sacarosa y formación en la Planta

En las plantas los carbohidratos (azúcar, almidón, celulosa) Se forman por un proceso fotosintético de asimilación.

Este proceso se cataliza con la clorofila. La energía necesaria por molécula de oxígeno formada, corresponde por lo menos a tres cuartos de la luz anaranjada absorbida por la clorofila.

Parece que en primer lugar se forman los ácidos fosfoglicéricos, fosfatos triosos y fosfatos hexosos, y que la sacarosa es el primer carbohidrato libre formado en la planta antes que la glucosa y fructuosa libres.

Esta formación ocurre en las partes verdes de la planta, pero la sacarosa se encuentra también en los tallos, en las raíces y en los frutos.

Se sabe que en la formación de nuevos tejidos, la caña emplea sus azúcares; si se retrasa el crecimiento se gasta menos cantidad de azúcar en forma de sacarosa.

En el caso de la caña de azúcar se emplean técnicas modernas para determinar la madurez del cultivo, usando por ejemplo el refractómetro de mano. En el caso de pequeños cultivadores de caña para panela, la madurez se determina por edades convencionales según la región; estas edades oscilan entre 18 y 30 meses, en cuyo caso se muelen cañas inmaduras, bajas en sacarosa, o cañas sobremaduras; lo que trae como consecuencia que se obtengan jugos de mala calidad y por consiguiente panela de iguales condiciones.

Las cañas sobremaduras, así como las no sazonadas, tienen baja pureza o sea alto contenido de azúcares no cristalizables, por lo cual se produce panela blanda y melcochuda.

El manejo del cultivo de la caña de azúcar está confrontado regularmente con la necesidad de decidir cuando la caña está madura, a fin de comenzar el período de molienda. La caña de azúcar se considera madura cuando la planta desarrolla una etapa en la cual los tallos contienen el máximo de sacarosa posible, bajo las condiciones locales.

Los métodos disponibles para determinar la maduración de la planta incluyen técnicas basadas en los cambios morfológicos de la planta, las relaciones entre los grados Brix de los nudos inferiores y superiores del mismo tallo a diferentes fechas y la curva de maduración de la caña estimada en base al rendimiento de sacarosa dado por el corte a diferentes fechas.

Desde el punto de vista económico se considera que la decisión sobre el tiempo de cosecha es de suma importancia para el periodo de molienda

El contenido de sacarosa en los tallos está afectada por factores como fertilización, el tiempo de irrigación, lluvias, duración del día, temperatura, variedad de la caña y otros parámetros que afectan el contenido de sacarosa después del corte. Estos últimos comprenden el lapso de tiempo entre el corte de la caña y la extracción del jugo, el contenido de hojarasca en el tallo y el año que sufran los tallos durante su transporte.

Para ayudar a una pronta maduración de la caña se han probado maduradores químicos tales como deshojadores, desecantes del follaje y reguladores del crecimiento de la planta para complementar el efecto de todos los factores previamente mencionados.

Uno de estos maduradores que reúne los requerimientos necesarios para obtener mayores rendimientos de azúcar en los cortes de caña se denomina Bualta.

2.5. CORTE DE LA CAÑA (COSECHA)

Una vez que la caña alcanza su punto óptimo de maduración se procede a cosecharla. El corte se puede hacer por dos métodos diferentes.

2.5.1. Corte por Parejo

Consiste en cortar todo el lote a ras del suelo, lo que implica que toda la caña está madura.

El corte por parejo se puede hacer de dos formas:

a) Manual: se hace con un equipo de hombres provistos de machetes con los cuales cortan uno a uno los tallos y a la vez los van limpiando, quitándoles las hojas.

b) Mecánico: Se hace por medio de una máquina adaptada para tal fin; este método tiene el problema de que las cañas llegan al trapiche con un elevado contenido de basuras, barro, piedras, etc. lo cual infecta la pureza de los jugos.

2.5.2. Corte por entesaque

Es el sistema más usado en los pequeños cultivos, especialmente en regiones cafeteras y en zonas de ladera, donde se tiene como cultivo suplementario.

2.6. DETERIORO DE LA CAÑA DESPUÉS DE CORTADA

Las investigaciones más recientes subrayan que la caña sea molida recién cortada, y demuestran que las pérdidas en los campos pueden ser muy grandes. La pérdida puede ser por el resultado de dos causas combinadas o por una de las dos:

- a) La pérdida de humedad que disminuye el peso de la caña pero de la que puede resultar una caña con mayor porcentaje de sacarosa.
- b) La inversión y el deterioro cuya estrecha relación con la pérdida de humedad durante el almacenamiento se ha demostrado últimamente.

Se han obtenido cifras que muestran que en cuatro días es posible perder el 11% de las cañas, y en ocho días el 17%. La suma de las pérdidas por inversión y evaporación puede hacer que el rendimiento en azúcar después de ocho días en el campo, sea inferior a la mitad del rendimiento obtenido de cañas frescas.

Otros estudios han demostrado que si pasan catorce días entre corte y molienda se puede perder hasta un 48% del azúcar que contiene la caña.

Las pérdidas son mayores si se relacionan con producción por unidad de panela, entonces aumentan los costos de transporte, y los molinos tienen que moler más caña.

2.7. . APRONTE

El apronte consiste en cortar las cañas tres o cuatro días antes de la molienda, con el objeto de mantener reservas de caña y lograr un funcionamiento constante del trapiche.

Este apronte no es conveniente porque en la caña almacenada por "bastante tiempo se produce un notable aumento en la acidez del jugo, lo cual incrementa la inversión de la sacarosa (6).

Se debe moler dentro de 24 - 36 horas máximo después de cortada la caña, almacenada en la sombra y en trozos largos.

2.8. TRANSPORTE

Se tienen dos tipos de transporté diferente, según sea la forma del terreno donde se cosecha.

Valle: Existe la facilidad de tener caminos dentro del mismo cultivo, o sea que las cañas se recojan muy cerca al sitio de corte en remolque que las trasladan rápidamente al depósito para su beneficio.

Ladera: El transporte se debe hacer al hombro o en el mejor de los casos a lomo de mula, hasta el trapiche.

2.9. LA INDUSTRIA DEL DULCE EN COLOMBIA

Colombia es el país que consume quizás más azúcares por cabeza en el mundo, siendo la fuente de estos la panela- que contiene el 86% de carbohidrato aproximadamente, el azúcar con el 99.3% y la miel con el 72.6% aproximadamente.

En Colombia el arte de fabricar panela es de suma sencillez y un alto porcentaje de quienes lo saben son analfabetas. Las deficientes hornillas empleadas en la fabricación de panela, necesitan además del bagazo, leña o guadua para elevar la temperatura y evaporar los jugos para evitar su recomiento y caramelización. Esta necesidad de leña adicional ha influido en la deforestación del país.

Muchos factores pesan sobre ella: la dispersión geográfica, las medianas y pequeñas áreas individuales de siembra, el relieve accidentado de los suelos, las deficientes vías de comunicación, la baja extracción de los trapiches, el casi total

desconocimiento de las nuevas técnicas de cultivo y de variedades mejor adaptadas, la insuficiencia de hornillas y la indiferencia de las instituciones de fomento, las cuales hacen que la industria de la panela no progrese, lo cual equivale a retroceder.

Los suelos cultivados para esta industria son en su mayoría suelos de ladera carentes de abono, los cuales no garantizan producciones mayores de 65 toneladas por hectárea; por otra parte la deficiente extracción de los pequeños trapiches, sólo permite esperar un rendimiento promedio del 7% del peso de la caña.

2.9.1. Panela

Remontándonos al origen de América, fueron los españoles, durante la colonia, quienes enseñaron el arte de la fabricación de panela, y desde entonces con pocas modificaciones seguramente, se ha conservado la técnica entre los campesinos.

La panela se puede definir como un producto integral obtenido al concentrar por fuego directo o a vapor y en vasijas abiertas los jugos de la caña de azúcar; contiene por lo tanto todos los componentes del guarapo.

Se ha considerado la panela como la hermana mayor del azúcar y se produce desde pocos metros hasta 1700 mts, sobre el nivel del mar. Su valor alimenticio como fuente de carbohidratos, sales minerales y vitaminas tiene gran importancia para el país.

Se muestran algunos de los análisis hechos en Colombia sobre la composición de la panela.

| | |
|----------------------|-----------------|
| Agua | 12.3 |
| Nitrógeno (N x 6.25) | 0.5 |
| Grasa | 0.1 |
| Azúcar | 792 |
| Fibra | --- |
| Calcio | 58.0 (mg/100g.) |
| Fósforo | 60.0 |
| Hierro | 2.4 |

Cenizas 0.6

Azúcar Red . 8.0.

2.10. ANÁLISIS DE ALGUNAS SUSTANCIAS DE LA CAÑA

2.10.1. Grasa

En la determinación de grasa, no es medida la cantidad absoluta de la sustancia específica.

Mejor, grupos de sustancias con similares características física son determinadas cuantitativamente, en razón de SU mutua solubilidad en el solvente usado..

Entonces en la grasa pueden estar incluidos los ácidos grasos, los jabones, ceras, aceites y algún otro material el cual es extraído por el solvente y que es volatilizado durante, la extracción de éste.

LOS constituyentes grasos son en efecto definidos por el método usado para su determinación. Algunos de los métodos usados con *mas* frecuencia para este fin son: el método; de extracción por Soxhlet, el método por tratamiento con ácidos y el método de Linde.

A. - Método de Extracción por Soxhlet:

La grasa es extraída en un aparato Soxhlet usando como solvente extractor éter, y el residuo remanente después de la evaporación del solvente, se pesa para determinar la grasa contenida en la muestra.

El método es enteramente empírico y las determinaciones por duplicado pueden ser obtenidas siguiendo estrictamente todos los detalles.

La rata y el tiempo de extracción en el aparato Soxhlet dependen de la solubilidad de la grasa en el solvente; la cantidad de tiempo requerido para el secado y enfriado de la grasa extraída no puede ser variado. Aunque puede haber una disminución gradual de peso debido a la volatilización.

B. - Determinación por Tratamiento con Ácidos

Este método es especialmente aplicado a la extracción de tortas, harinas, crujeos y plantas pobres en grasa.

Por este método la muestra es sometida a ebullición con ácido clorhídrico, posteriormente se filtra y el residuo se extrae con un solvente apropiado.

C. - Método de Lunde.

La muestra se trata con sulfato de sodio anhidro y luego se extrae el conjunto con éter de petróleo o benceno con ayuda de agitación durante un tiempo. Cuando la extracción haya sido completa se decanta y se evapora el solvente. El residuo seco y frío corresponde a la grasa.

2.10.2. Nitrógeno

El nitrógeno total puede ser determinado por el método básico de Kjeldahl en donde la determinación se lleva a cabo por titulación del amoníaco destilado, con una solución patrón de un ácido mineral fuerte.

Otro método generalmente usado es el de Kessler, en el cual después de la conversión de los grupos amino no sustituidos por permanganato de potasio alcalino a amoníaco, este es destilado y determinado por colorimetría.

En algunos casos, cuando las muestras tienen un alto contenido de amoníaco, se omite el paso de la destilación y la muestra se nessleriza directamente.

Un tratamiento con sulfato de zinc y álcali precipita el calcio, hierro, magnesio y sulfuro, los cuales forman un enturbiamiento cuando son tratados con el reactivo de Nessler. La adición de EDTA o sal de rochela en solución, inhibe la precipitación de los iones calcio y magnesio residuales en presencia del reactivo alcalino de Nessler. Sin embargo, el uso del EDTA requiere una cantidad extra del reactivo de Nessler para garantizar la reacción completa del amoníaco.

El color se puede leer en un espectrofotómetro a 400-500 NM. y provisto de una celda de un centímetro de espesor.

También se puede leer la concentración de la muestra en tubos de Nessler, por comparación con patrones a los cuales se le ha hecho el mismo tratamiento que a la muestra.

Un tercer método consiste en hacer reaccionar el amoníaco, hipoclorito y fenol con ayuda de una sal de manganeso como catalizador, para producir un compuesto, indo fenol, de un color azul intenso. Esta coloración se lee en un espectrofotómetro a 630 NM.

En el presente trabajo se empleó el método clásico de Kjeldahl.

2.10.3 Azúcares

La necesidad de sanear los ingenios azucareros se conoció cuando MoCleery, citado por Spencer, publicó el trabajo que realizó sobre este aspecto en los ingenios azucareros de Hawai, en 1925.

En 1932 había aun duda acerca de la conveniencia de usar los antisépticos en ese tiempo disponibles como el formaldehído o el cloruro de calcio. Sin embargo, nunca se dudó acerca de la necesidad de emplear un método para determinar si estaba ocurriendo la inversión de la sacarosa en los jugos de caña.

En la inversión de la sacarosa, o sea, la hidrólisis completa de la sacarosa, resulta una producción equimolecular de los azúcares glucosa y fructuosa.

Los términos "azúcar invertido", "azúcar reductor" y "glucosa" tienen el mismo significado en la industria azucarera. Sin embargo, la ISSCT (internacional Society of Sugar Cane Technologists) usa el término "azúcar invertido", para referirse a las sustancias reducidas en la caña y sus productos. Este simple término no crea la confusión del viejo término "glucosa".

Hay numerosos métodos para determinar la inversión de la sacarosa en el jugo de caña durante el proceso de molienda

Estos métodos se pueden subdividir en métodos directos y métodos indirectos.

A- Métodos Directos estos métodos comprenden la relación Azúcar Invertido—Brix y la relación Glucosa-Sacarosa.

En estos procedimientos la determinación del azúcar invertido que contiene el jugo juega un papel importante. Por consiguiente es esencial el uso de una buena práctica analítica para la determinación del azúcar invertido en el jugo de caña.

El método más recomendado es el propuesto por Lane y Eynon el cual fue estudiado en 1923 .

El azúcar invertido contiene grupos aldehídos y ce tónicos que pueden bajo condiciones alcalinas reducir soluciones de sales metálicas como las de cobre, plata y mercurio.

El procedimiento analítico usado involucra la determinación cuantitativa de la cantidad de metal reducido. La reacción del metal y el azúcar reducido nunca es completa y su variación depende de las condiciones bajo las cuales ocurre la reacción.

Cuando las condiciones son controladas la cantidad de azúcar invertido es igual a la cantidad de metal reducido.

Las soluciones de cobre son las más utilizadas en este Análisis.

Sin embargo ocurre una descomposición cuando la solución de sulfato de cobre y la solución de tartrato alcalino permanecen mezcladas. Para este caso, Soxhlet empleó las dos soluciones en volúmenes iguales, para mezclarlas justamente antes de su uso.

Para alcanzar un nivel aceptable de exactitud, la mezcla de reactivo de cobre tiene que ser estandarizada antes de SU uso "bajo las mismas condiciones exactamente empleadas para el análisis del jugo.

La cantidad de cobre formado es determinada por el uso de procedimientos gravimétricos o volumétricos.

Relación Azúcar invertido - Brix se obtiene dividiendo el contenido del azúcar invertido en el jugo por el brix del jugo y multiplicándolo por 100.

El método de la relación azúcar Invertido - Brix, se "basa en la suposición de que la cantidad de sólidos solubles en el jugo de caña permanece constante, mientras que **los** cambios en el contenido de azúcar invertido son resultado de la inversión de la sacarosa.

El azúcar invertido que entra al ingenio a través del jugo extraído, constituye un cierto porcentaje de sólidos solubles en el jugo. Por esto la relación azúcar Invertido – brix, relaciona el azúcar invertido a 100 partes de sólidos solubles en el jugo. Igual aplicación para el jugo mezclado.

Puesto que la razón Azúcar Invertido - Brix para el jugo mezclado puede ser siempre mayor que el jugo extraído en el molino, la diferencia entra las razones es entonces debido a la inversión de la sacarosa que ocurre durante los proceso de molienda, inducida por la enzima invertasa y microorganismo, más la cantidad de azúcar invertido extraído después de moler.

En general, la diferencia entre la relación Azúcar invertido - Brix del jugo mezclado y la del jugo molido podría ser más grande, que la calculada cuando están presentes las especies *Leuconostoc*, puesto que algo de la glucosa sería metabolizada a dextrano por estas bacterias.

Para, determinar la cantidad de jugo necesario que produce el aumento de azúcar invertido por 100 partes de sólidos solubles se podría establecer una proporción entre el Brix del jugo extraído y la cantidad de jugo necesario que produce 100 partes de sólidos solubles. El azúcar invertido presente en el jugo calculado anteriormente se relacionara a 1000 g. de jugo. La cantidad de azúcar invertido se puede relacionar con la cantidad de sacarosa invertida dividiendo el azúcar invertido por 0,95.

La cantidad "Standard" de azúcar de 96° se obtiene dividiendo la cantidad de sacarosa por 96.

Los Kg. de sacarosa perdidos por 1000 Kg. de jugo son equivalentes a los g. de azúcar de 96 perdidos por tonelada métrica de caña donde la extracción del jugo diluido es del 100, %. Finalmente, la cantidad de azúcar de 96 ° que se ahorra por tratamiento con Bussan 881 es igual a la diferencia entre la pérdida de azúcar de 96 sin dicho tratamiento y la pérdida que ocurre durante el período en el que si se aplica el tratamiento.

Relación de Glucosa: Este método fue usado por Appling y Warner para calcular los ahorros de sacarosa obtenidos por el uso de Bussan 881 durante los proceso de molienda.

La relación de Glucosa se obtiene dividiendo el porcentaje de azúcar invertido (en términos de glucosa) en el jugo de caña por el porcentaje de sacarosa, multiplicando por 100.

Los datos de azúcar invertido son determinados por el procedimiento de Lane y Eynon (13) y el Pol, por el método de polarización.

El ISSCT define el Pol como el valor determinado por la polarización directa o Bencilla de una solución de sacarosa peso normal, en un polarímetro.

B- Métodos Indirectos.

Los métodos indirectos se subdividen a sus veces en: observación visual, disminución de la pureza, test bacteriológico y cambio en la acidez del jugo.

Con excepción del método de observación visual, todos los métodos involucran el uso de procedimientos analíticos sobre muestras representativas del jugo de caña, que se va a usar.

Observación Visual: este es un método indirecto para medir la inversión de la sacarosa, basado en la capacidad de algunas bacterias, como el *Leuconostoc mesenteroides*, para producir dextrano en un sustrato de glucosa.

Este método no suministra información sobre la inversión de la sacarosa, debida al efecto de la enzima invertasa, pero si da una determinación cualitativa sobre la pérdida de sacarosa en el jugo de caña debido a la presencia de *Leuconostoc mesenteroides*.

La observación visual podría ser convertida a métodos cuantitativos relacionando la cantidad de sacarosa perdida y la formación de dextrano a partir de esta.

El contenido de dextrano puede determinarse por el método "Haze" (enturbiamiento). Este procedimiento se basa en la propiedad del dextrano, en el jugo, de producir un enturbiamiento por la adición de alcohol después de que la proteína se ha eliminado. El efecto de enturbiamiento se mide mediante un espectrofotómetro.

En la localidad de Manritins usó la determinación cuantitativa, del dextrano para determinar las pérdidas de sacarosa. Sin embargo el dextrano puede formarse aun durante un período de 10 horas entre el cortado y la molienda.

El procedimiento de "Haze" puede suministrar datos indicando que un bactericida no esta actuando, o que las medidas que se están tomando para evitar la inversión no dan un resultado como seria de esperar. Sin embargo este método no da mayor información.

Disminución de la fuerza: Este método empleado por Appling y Warner, Appling y Ugarte, se basa en la suposición de que cualquier disminución en la pureza del jugo, se debe a los cambios en el contenido de la sacarosa causados por su

inversión. La definición común de la pureza es el Pol del jugo de caña dividido por el Brix del jugo y multiplicado por 100. Si el Brix no se determina adecuadamente, la pureza del jugo podría decaer aunque no ocurran cambios en el Pol.

El método de la disminución en la pureza es el más para determinar por el personal de los ingenios, sin embargo no ha sido aceptado como método cuantitativo para determinar la inversión de la sacarosa inducida por la invertasa o, microorganismos. Esto es debido al hecho de que el método no mide directamente el parámetro que está variando, es decir, el contenido de azúcar invertido.

Prueba Bacteriológica: El método de conteo de bacterias se basa en la disminución del contenido de microorganismos en el jugo tratado con un bactericida en comparación con el contenido presente en el jugo sin bactericida.

Una disminución en el contenido bacteriano se considera como una determinación cualitativa para confirmar el control de la inversión de la sacarosa, aunque este método **no se ha usado ampliamente debido a que las técnicas usadas permiten un conteo preciso de las colonias. Además todas las especies de microorganismos presentes en el jugo tendrán el mismo efecto sobre la sacarosa.**

Por eso no se dispone de una curva para relacionar la inversión con la microflora completa en el jugo de caña.

Cerca de 20 especies de microorganismos se han aislado del jugo de caña aparentemente sana; entre otras tenemos especies como *Leuonostoc*, *Acrobacter aerogenes*, *A. cloacae*, especies de bacilos y otros.

Este método requiere la preservación de la población bacteriana desde el tiempo de la toma de las muestras hasta que se haga el conteo, pero esto es difícil en un ingenio.

Por esto y otras causas este método tiene severas limitaciones aún como indicador cualitativo de la invertasa de sacarosa

Cambio en la Acidez: del Jugo: Me. Cleery citado por Spencer demostró que el aumento en la acidez del jugo era más notable a medida que aumentaba el periodo de molienda.

Este método se supone que es una forma empírica de demostrar que la inmersión de la sacarosa también que cuando la acidez del jugo aumenta, el azúcar invertido también lo hace a expensas de la sacarosa..

La acidez del jugo: Se expresa como los miligramos equivalentes de CaO por litro de jugo, basados en la titulación con fenoltaleína como indicador,

O originalmente se pensó que la acidez del jugo podría usarse para determinar la inversión.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Una parte de este trabajo, la correspondiente a la definición de madurez, características dimensionales, rendimiento de caña según el tiempo de almacenamiento de esta, se realice en el departamento de Santander del Sur, municipio de Piedecuesta, finca Villa Paulina.

Dicho municipio esta situado a 1.100 mts. sobre el nivel del mar, teniendo como promedio de temperatura 23.5° C.

La caña que se utilizó en este trabajo tenía una edad de 14 meses y se le determinó el grado de madurez en el momento de ser cortada.

3.1. MADUREZ

En esta determinación se empleó el refractómetro de campo, el cual indica el porcentaje de sólidos solubles totales contenidos en el jugo de la caña (Brix

En este estudio se hicieron las determinaciones un día antes de cosechar la caña ya que era necesario saber en que estado de madurez se encontraba.

3.1.1. Toma de Muestras

Se eligieron al azar 15 sitios en el lote de caña que se iba a cosechar. De cada sitio se eligieron 2 cañas y las muestras se tomaron mediante un punzón.

3.2. RENDIMIENTO DE LA CAÑA

Las muestras de caña para este trabajo se tomaron al azar de las vagonetas que contenían la caña que se iba a procesar en esa semana.

Para este ensayo se molieron 10.450 kilos de caña, los cuales se dividieron en dos sublotos en la siguiente forma:

5.350 kilos de caña fueron molidos en el primer 5.100 kilos se dejaron por cinco días en las vagonetas , en las mismas condiciones de un periodo ordinario de molienda.

El peso de la caña se determinó al descargar las vagonetas y utilizando una báscula con capacidad para 500 kilos.

A medida que se iban moliendo los lotes, se recibía el jugo en baldes plásticos los cuales se pesaban en una balanza con capacidad para 10 kilos. El peso de jugo de cada sublote se contabilizo por separado lo mismo se hizo con la panela al terminarse la molienda.

Se usaron procedimientos similares en el caso de la cachaza y el bagazo.

La cachaza, subproducto resultante de la clarificación del jugo, se iba separando manualmente por medio de remellón (especie de cucharón formado por una vasija metálica de 3-4 lts, de capacidad ensartada en una vara) a medida que iba apareciendo en la superficie del jugo.

3.3. DETERMINACIÓN DE AZÚCAR POR EL MÉTODO DE LANE - EYNON

Debido a que los análisis hechos en esta parte necesitaban su ejecución inmediata, se procedió a realizar estas determinaciones en el lugar de la molienda.

Se tomaron tres muestras de jugo en el momento de ser extraído de sus respectivos sublotes, lo mismo que para la cachaza.

Del bagazo se tomaron tres muestras, las cuales se pesaron inicialmente y se les eliminó la humedad lo mejor fue posible siendo transportadas en sendas bolsas de polietileno debidamente selladas y rotuladas, hacia los laboratorios del ICA para su análisis.

De la panela obtenida en cada sublote, se tomaron tres unidades y se transportaron en la misma forma como se hizo para el bagazo, para su análisis en los laboratorios del ICA.

3.3.1. Preparación del Extracto

Para el jugo se tomaron 150 ml., para la cachaza 200 ml., para la panela 20 g. y para el bagazo 5 g.

3.3.2. Determinación

Teniendo el extracto se determina la sacarosa y el azúcar invertido por el método de LANE - EYNON

3.4. DENSIDAD

Para la determinación de la densidad se tomaron muestras antes y después de la adición de cal, la cual fué adicionada en el caldero donde se llevaba a cabo la clarificación.

Se tomaron dos muestras para cada determinación y en ese orden para ver como variaba la densidad con la adición de dicho álcali.

La muestra tomada se trató y se le tomó la densidad.

3.5. pH

En los jugos la medida de acidez se realizó en muestras tomadas simultáneamente y en la misma forma que para la densidad

A la panela se le determinó el pH tomando al azar 3 panelas diferentes.

Cada panela se raspó y luego se homogenizó bien el raspado, del cual se tomó una parte para hacer una solución al 10% en agua bidestilada.

3.6. FIBRA CRUDA

La fibra cruda se le determinó únicamente al bagazo por con tener una cantidad apreciable.

Para este análisis se trabajaron las muestras de bagazo, cuya humedad ya había sido determinada. Ya seco el bagazo se molió y se procedió según la técnica ya descrita.

La continuación de este trabajo se realizó en un trapiche de la región de Villeta, Cundinamarca, donde se tomaron las muestras y se analizaron en los laboratorios del Instituto Colombiano Agropecuario.

3.7. SUSTANCIA NITROGENADA

Para este análisis se tomaron muestras del jugo recién extraído, del jugo descachazado, o sea, tan pronto se terminaba el proceso de clarificación de este, de la cachaza y de la panela.

Estas muestras se tomaron en frascos especiales Pyrex de 150 ml. Para que las muestras no se dañaran mientras se les hacía el análisis, se les preservó con cloruro mercúrico.

La cantidad de muestras tomadas por cada análisis fue de tres. Para las determinaciones se tomaron 3.0 g. de jugo, 3.0 g. de panela, 3.5 de jugo descachado, 3.0 de cachaza y 2.0 g. de bagazo.

Para este análisis de sustancia nitrogenada se trabajó únicamente con muestras de Bucaramanga y villeta.

La determinación del nitrógeno se hizo por el método clásico de Kjeldahl.

3.8. GRASA

Para esta determinación se tomaron las muestras en la misma forma que para el análisis de la sustancia nitrogenada.

La cantidad de muestra utilizada por cada determinación fue de: 5.0 g de cachaza, y 10.0 g de jugo, jugo descachado panela y bagazo.

Se siguió el método Noruego de Lunde.

3.9. ANÁLISIS DE CENIZAS

A las muestras, tomadas en la misma forma que las anteriores, se les determinó el contenido de algunos elementos inorgánicos.

Estas muestras fueron tratadas en medio ácidos para ser llevadas a cenizas, y analizadas en un espectrofotómetro de Absorción Atómica Parkin Elmer 403.

3.10. SÓLIDOS TOTALES Y VISCOSIDAD

Para estas dos determinaciones se tomaron siete muestras durante el proceso de concentración de los jugos.

La primera muestra se tomó tan pronto como fue extraído el jugo y las siguientes se iban tomando cada 15 minutos, o sea a medida que iba aumentando la concentración. Para evitar la fermentación se preservaron con cloruro mercurio.

3.11. HUMEDAD

Esta determinación se hizo necesaria solamente en la panela y en el bagazo.

Para hallar la humedad en la panela se raspó una de estas totalmente sobre un papel limpio y seco y se homogenizó rápidamente procediéndose de inmediato a su determinación para evitar la absorción de humedad del ambiente.

En el caso del bagazo, por su alto contenido de humedad tan pronto sale del trapiche, se le practicó un secamiento en el momento de molerse y luego se le determinó la pérdida de humedad. , teniendo en cuenta este dato, se colocó el bagazo parcialmente seco en bolsas de polietileno debidamente selladas para determinar el secado en el laboratorio.

Se tomaron tres muestras de panela y tres de bagazo.

3.12. DIÁMETRO, DISTANCIA ENTRE NUDOS Y LONGITUD UTILIZABLE DE LA CAÑA

Las cañas utilizadas para la toma de estas dimensiones fueron las mismas que se utilizaron para la determinación de la madurez.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. CAÑA DE AZÚCAR

Características de la caña de azúcar utilizadas en el presente trabajo:

Variedad: POJ2873

Longitud promedio: 2.5 mts.

Diámetro promedio: 2.8 cm.

Distancia entre nudos: 13.4 cm.

Madurez: 0.81

Color: Amarillo verdoso

Pelusa: abundante

Jugo extraído: 58.0%

Estos resultados son el promedio de una serie de determinaciones hechas a un número representativo de cañas tomadas al azar.

En la tabla se puede ver el porcentaje de sólidos en el tercio basal y en el tercio superior de las cañas que se tomaron para analizar dando una madurez promedio de 0.81 lo cual nos indica que no era el momento para cosechar la caña. Lo ideal para ordenar un corte es que la caña tenga una madurez de 1 con una amplitud de variación de 0.5 como máximo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|

| MUESTRA | TERCIO BASAL | TERCIO SUPERIOR | MADUREZ |
|----------|--------------|-----------------|---------|
| 1 A | 19,5 | 13,5 | 0,69 |
| 1 B | 21,0 | 12,5 | 0,60 |
| 2A | 22,0 | 17,3 | 0,79 |
| 28 | 24,5 | 16,7 | 0,68 |
| 3A | 21,2 | 10,5 | 0,50 |
| 3B | 19,6 | 13,0 | 0,66 |
| 4A | 23,5 | 21,0 | 0,85 |
| 4B | 23,7 | 20,0 | 0,64 |
| 5A | 23,0 | 21,0 | 0,91 |
| 5B | 22,5 | 19,5 | 0,87 |
| 6A | 22,7 | 21,5 | 0,95 |
| 7A | 21,0 | 21,5 | 1,02 |
| 7B | 22,0 | 21,1 | 0,96 |
| 8A | 22,0 | 21,0 | 0,95 |
| 8B | 20,0 | 19,5 | 0,90 |
| 9A | 20,0 | 20,0 | 1,00 |
| IOA | 21,5 | 19,7 | 0,91 |
| 108 | 21,5 | 19,0 | 0,68 |
| II A | 19,0 | 17,5 | 0,92 |
| IIB | 21,0 | 19,5 | 0,92 |
| I2A | 22,0 | 17,8 | 0,81 |
| 12 B | 22,0 | 19,0 | 0,86 |
| I3A | 21,5 | 20,0 | 0,94 |
| I3B | 23,0 | 19,0 | 0,82 |
| I4A | 22,0 | 18,5 | 0,84 |
| 148 | 23,5 | 16,5 | 0,70 |
| 15 A | 22,5 | 18,5 | 0,82 |
| 158 | 21,7 | 18,0 | 0,83 |
| PROMEDIO | 21,70 | 17,70 | 0,81 |

Al ser la caña inmadura, hay una disminución en el rendimiento de azúcares y por consiguiente de panela, debido a que la planta no ha completado la síntesis de carbohidratos normales que se encuentran en la caña madura, o en otras palabras un período vegetativo.

De cañas que se muelen oportunamente podemos esperar jugos de alta calidad, mieles que dan un puntote cristalización más rápido, mejor grano en la panela y como consecuencia una panela de mayor calidad.

4.2. NITRÓGENO PROTEICO

Este constituyente se determino en muestras correspondientes a dos regiones diferentes.

La panela en la región denominada como A era de mejor apariencia que la muestra correspondiente a la región B.

En esta última se obtuvo una panela de color negruzco y de consistencia débil, mientras que en la región A el producto obtenido por la concentración de los jugos, era de color claro y de buena consistencia.

A. Región de Villeta, Cundinamarca

| JUGO | JUGO DESCACHADO | CACHAZA | PANELA |
|------|--------------------|---------|--------|
| 0.17 | 0.10 | 3.03 | 0.33 |

B. Región de Piedecuesta, Santander

| JUGO | JUGO DESCACHADO | CACHAZA | PANELA |
|------|--------------------|---------|--------|
| 0.33 | 0.24 | 1.75 | 0.70 |

Como observemos en dichas tablas, la calidad parece depender entonces de la concentración del nitrógeno proteico contenido

en la panela, fuera de otros parámetros que se analizaran mas adelante. Esto es apocas natural ya que la materia orgánica, diferente de los azucares, tiende a inhibir la cristalización del azúcar.

Al evaluar la materia prima, que es el jugo o guarapo se ve también que esta contiene una cantidad mayor de nitrógeno proteico en la correspondiente a la de la panela de inferior calidad.

No es difícil observar que en el proceso de manufactura es fundamental eliminar en cuánto sea posible este nitrógeno proteico por medio de una completa descachazada. Se anota que el jugo que rinde buena panela y que contenla 0.17% produjo una cachaza con 3.03% mientras que el otro con 0.33/o de nitrógeno proteico, dio una cachaza pobre en este componente, quedando la totalidad en el jugo descachazado, motivo por el cual se obtuvo panela, con mala presentación y baja aceptación en el mercado.

4.3. EFECTO DE LOS SÓLIDOS TOTALES SOBRE LA VISCOSIDAD

La viscosidad aumenta casi proporcionalmente con la concentración de sólidos totales, llegando un momento en que cualquier aumento de los mismos, por pequeño que sea, influencia grandemente la viscosidad.

Se muestran algunos datos experimentales tomados a 20° C, con un viscosímetro Brookfield. En las 3 primeras muestras podemos observar que el aumento es casi constante, mientras que en las últimas determinaciones la viscosidad se hace enormemente mayor.

A concentraciones mayores de sólidos totales se alcanzo a observar una viscosidad hasta de 60.000 centipoises, trabajado a la misma temperatura pero con un vástago No. 6 y a 5 r.p.m.

Estos datos no se tabularon debido a que el refractómetro usado no daba una resolución mayor al 60% de sólidos totales.

Datos encontrados de viscosidad para diferentes concentraciones de sólidos totales

| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| VISCOSIDAD | 13.0 | 16.5 | 21.0 | 28.5 | 63.5 | 80.0 | 91.0 |
| SÓLIDOS TOTALES | 19.0 | 23.8 | 29.8 | 39.2 | 25.3 | 56.0 | 57.5 |

4.4. METALES

El contenido de metales correspondiente a las muestras tomadas en las etapa críticas del proceso para obtener la panela, Se muestra en la siguiente tabla.

Como se observa, el efecto de la clarificación hace que buena parte de los metales se pierda en la cachaza.

Influencia de la clarificación en el contenido de metales en la panela (mg/100g)

| | k | Mg | Ca | Na | Fe | Co | Zn | Mn | Cu |
|--------------------|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| JUGO | 77.8 | 10.1 | 8.4 | 4.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.4 |
| JUGO DESCACHADO | 68.5 | 11.1 | 17.1 | 2.9 | 1.6 | 1.9 | 1.0 | 0.5 | 0.3 |
| CACHAZA | 75.3 | 40.8 | 67.4 | 5.6 | 10.2 | 1.6 | 3.7 | 2.1 | 1.6 |
| PANELA | 260.0 | 44.2 | 64.8 | 91.0 | 2.1 | 1.5 | 5.0 | 1.3 | 1.0 |

En la buena calidad de la panela, el hierro es el que puede influir debido a que si está en concentraciones cercanas a 3 mg.%, puede dificultar la clarificación por formar con los polifenoles del jugo de la caña o junto con el oxígeno, colorantes de color verde oscuro.

La concentración en el jugo de caña que se analizó fue de 1.2 mg X 100g.

Si observamos el cuadro detenidamente vemos que la concentración de algunos metales, en el jugo desechado, en lugar de disminuir ha aumentado o aparece constante a pesar de presentarse una pérdida en la cachaza, pero esto puede ser debido a que el jugo en ese momento ya ha perdido agua por evaporación y entonces el jugo se encuentra más concentrado.

El contenido de sodio aumenta considerablemente en la panela debido a que se adiciona clarol en la etapa final del proceso, para mejorar el color de la panela. Este clarol tiene como componente principal Hidrosulfito de sodio. Otro caso similar se presenta con el calcio, el cual aumenta inicialmente por la adición de cal. Esta adición se hace para subir el pH de los jugos, el cual generalmente es bajo y para ayudar a la acción de los clarificantes vegetales, que como se verá más adelante tienen un intervalo de pH para su mejor efectividad

4.5. RENDIMIENTO DE PANELA EN EL PROCESO

Siendo la panela el producto final en la molienda de la caña, es de suma importancia conocer cómo se afecta el rendimiento por la permanencia de la caña sin procesar durante días.

La pérdida en peso de la caña debida al almacenamiento es de 12.0% y en su mayoría es por evaporación de agua; entonces, esto hace que la extracción del azúcar sea menor, lo cual da como resultado una pérdida apreciable en la panela.

La disminución de la sacarosa en la panela. Lo cual afecta su rendimiento, no sólo es debida a la pérdida por retención en el bagazo, sino también a la influencia del fenómeno de la inversión, notándose una variación del 1.3% a 2.8% del azúcar invertido en el bagazo, y de 0.56% al 1.6% en el jugo.

Perdidas de peso en la caña por almacenamiento durante cinco días.

| | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|
| PESO INICIAL Kls | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| PESO FINAL Kls | 44.1 | 43.8 | 43.5 | 44.0 | 44.5 |

4.6. PERDIDAS DE AZÚCAR EN LA CLARIFICACIÓN

Se presentan pérdidas de sacarosa relativamente pequeñas respecto al bagazo. Lo mismo sucede en cuanto a azúcar invertido se refiere. Este subproducto es una fuente de alimento para los animales, siendo este su uso principal.

4.7. -PERDIDA DE SACAROSA EN EL PROCESO

Hay una pérdida de sacarosa relativa pequeña respecto al bagazo. Lo mismo sucede en cuanto a azúcar invertido se refiere. Este subproducto es una fuente de alimento para los animales, siendo este su uso principal.

PERDIDAS DE SACAROSA EN EL PROCESO

En la etapa de extracción del jugo es en donde hay mayor pérdida de sacarosa porque una parte queda retenida en el bagazo, dependiendo de la eficiencia del trapiche y de la fibra que contenga el bagazo, ya que mientras más elevada sea aquella hay más azúcar perdida en este. Además durante el proceso de molienda ocurre una inversión inducida por la enzima invertasa y microorganismos.

Igual fenómeno se presenta al no procesarse la caña inmediatamente después de cosechada, si además tenemos en cuenta que el pH desciende desde el momento en que la caña empieza a madurar, la pérdida por la inversión de la sacarosa va a influir notablemente en el producto final.

Peso y porcentaje de los productos resultantes en la molienda de la caña

| ALMACEN AMIENTO | CAÑA | | JUGO | | BAGAZO | | CACHAZA | |
|--------------------|-------|-----|-------|------------|--------|-------|---------|------|
| | KILOS | % | KILOS | % | KILOS | % | KILOS | % |
| 1 DIAS | 5.350 | 100 | 3.138 | 5- 3,46 | 2.202 | 41,15 | 184,3 | 3,44 |
| 5 DIAS | 5.300 | 100 | 2.500 | 49,02 | 1.981 | 3834 | 180,8 | 3,54 |

Porcentaje de azúcar en los productos resultantes en la molienda de la caña

| ALMACENAMIENTO | JUGO | | PANEL A | | BAGAZO | | CACHAZA | |
|----------------|------|------|---------|---------|--------|------|---------|---------|
| | SAC. | AZ. | SAC. | AZ. INV | SAC. | AZ | SAC. | AZ. INV |
| 1 DIA | 16,3 | 0,56 | 80,6 | 7,70 | 7,2 | 1,30 | 8,0 | Q36 |
| 5 DIAS | 16,8 | 1,60 | 0. | 12,70 | 8.0 | 2,80 | 7,0 | 1,50 |

Peso total en kilos de sacarosa y azúcar invertido en los productos de molienda

| ALMACENAMIENTO | JUGO | | PANEL A | | BAGAZO | | CACHAZA | |
|----------------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | SAC. | AZ. INV | SAC | AZ. IN. | SAC. | AZ. IN. | SAC. | AZ. INV |
| 1 DIA | 477,7 | 16,5 | 440,7 | 42,1 | 161,4 | 29,1 | 15,7 | 0.8 |
| 5 DIAS | 391,3 | 37,2 | 360,3 | 56,6 | 158,4 | 55,4 | 13,6 | 2,9 |

4.7.1. Análisis de las Pérdidas de Sacarosa

A- Pérdidas de sacarosa % caña con un día de almacenamiento

Pérdida de sacarosa = sacarosa bagazo - sacarosa cachaza

SAC. Bagazo % caña = SAC.% bagazo x bagazo % caña = 7.2 x 0.41= 2.96

SAC. Cachaza % caña= Sac. % cachaza x cachaza % caña= 8.0 x 0.034=0,27

4.8. GRASA

En la Tabla se muestra el efecto de la clarificación, ya que el jugo descachazado ha perdido la mayoría del contenido de grasa y la cachaza sale con un alto porcentaje de este constituyente.

Se anota también que de la grasa que contiene la panela, una parte se debe a que en un momento antes del punteo (cuando la miel ha llegado al punto final en concentración de azúcar, y esta apta para que cuaje se le agrega una buena porción de sebo, cera de laurel o manteca, para suavizar la ebullición de las mieles y hacerlas más manejables, ya que la miel trata de pegarse a las paredes de la paila.

4.9. EL pH Y LA CLARIFICACIÓN

Se ha comprobado experimentalmente que el pH en la clarificación es un factor determinante, ya que los clarificantes vegetales usados en la industria de la panela tienen un intervalo de pH, en el cual se nota una mejor efectividad. Este intervalo varía desde 5.2 hasta 6.2 teniendo un valor óptimo de 5.8.

Balance de materiales en un trapiche panelero

| MUESTRA | JUGO | JUGO DESCACHAZ. | CACHAZA | PANELA |
|---------|------|--------------------|---------|--------|
| % GRASA | 0,09 | — | 2,6 | 0,028 |

Valores del pH correspondientes al jugo inicial y al jugo clarificado

4.10. HUMEDAD Y EXTRACTO SECO

La humedad excesiva en la panela puede traer como consecuencia el deterioro de esta en el almacenamiento. El deterioro puede manifestarse por ablandamiento de la superficie, desarrollo y crecimiento de hongos.

La humedad encontrada en la panela es el resultado del promedio de los análisis hechos en tres panelas.

La humedad en el bagazo fue el resultado dado por tres muestras siendo esta de 56.0%

El extracto seco del producto y el subproducto es naturalmente la diferencia entre el 100% y el resultado encontrado de humedad.

Para la panela $100 - 10.7 = 89.3$ Para el bagazo: $100 - 56.0 = 44.0$

4.11. DENSIDAD

La densidad parece ser mayor en los jugos de caña almacenada debido probablemente a que como ésta ha perdido humedad, entonces el jugo va a estar más concentrado y por lo tanto más denso.

4.12. FIBRA CRUDA

Se hicieron ensayos para determinar la fibra cruda en los jugos, cachaza y panela, pero la cantidad presente era mínima y el porcentaje obtenido no obtenido no tiene incidencia en su composición.

4.13. pH EN LA PANELA

El pH encontrado en la panela fue de 6.1. Un pH bajo puede contribuir a dañar la panela en el periodo de almacenamiento, pues si esta absorbe humedad puede invertirse la sacarosa.

4.14. PESO PROMEDIO DE LA PANELA, COLOR Y ASPECTO

A la panela se le determinaron algunas características físicas. Para el peso promedio se usaron 25 panelas de diferentes cochadas y se les pesó dando un resultado de 465 g. por panela. El color de la panela varía de acuerdo al tiempo de permanencia de la caña procesada y sin procesar. La panela correspondiente a la caña fresca era de un color naranja y presentaba un aspecto consistente a la cual si se le rayaba con la uña dejaba un trazo más o menos blanco; no sucedió así con la panela proveniente de la caña almacenada por cinco días. Esta era de un color más bien oscuro y de una consistencia melcochuda y blanda.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo forma parte del proyecto que está desarrollando el Programa de Procesos Agrícolas del ICA, denominado "Trapiches Paneleros".

La primera parte del proyecto es el motivo de la presente tesis, habiéndose logrado estudiar químicamente desde la composición del jugo de la variedad de caña No.12078, hasta la obtención de la panela, pasando por las diferentes etapas del proceso.

Por el análisis se pudo establecer que la madurez de la caña no era completa, faltándole terminar de desarrollar su período vegetativo por cual el rendimiento en panela y sacarosa fue menor de lo normal.

El almacenamiento prolongado de la caña afecta el rendimiento de panela desfavorablemente y se obtiene un producto de calidad inferior. En igual forma afecta la sacarosa, aumentando su desdoblamiento.

La acidez del jugo aumenta al no beneficiarse la caña tan pronto es cosechada, trayendo como consecuencia pérdidas de sacarosa por inversión y por lo tanto pérdidas en el rendimiento de la panela.

La mayoría de los componentes del jugo son arrastrados en el momento de la clarificación por quedar estos junto con la cachaza.

El panelero clarifica por fuera de los intervalos ideales de pH, lo cual contribuye a que los clarificantes vegetales (cadillo, balso, guásimo) no actúen en la forma más efectiva. El pH obtenido por el panelero fue superior al ideal que esta comprendido entre 5.2-6.2.

Entre los metales analizados se encontró que la panela presenta la mayor riqueza en potasio, siguiéndole el sodio y el calcio. La riqueza en estos dos últimos era debida individualmente a los aditivos utilizados.

Respecto a la viscosidad frente a los sólidos totales, hay un momento en el que por cualquier aumento en los sólidos, la Viscosidad se hace enormemente mayor. Esto es importante tenerlo en cuenta porque si al llegar la miel al punto final de panela se excede la temperatura, se puede malograr el producto.

El contenido de diversos elementos nutritivos en la panela, en especial los carbohidratos y minerales, hace de este producto un alimento rico en calorías.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer en trabajo; posteriores, la cuantificación de las pérdidas de sacarosa debidas a la falta de madurez en la caña.

Hacer un estudio comparativo sobre rendimiento en sacarosa y panela entre diferentes variedades de caña que se utilizan en la producción de esta.

Mediante el uso de antisépticos se podría estudiar el efecto de estos en la inversión de la sacarosa y en los cambios de pH, con el fin de poder seleccionar los más efectivos.

Estudiar el uso de colorantes tóxicos o cancerígenos, en la elaboración de la panela. Sería importante el establecimiento de una norma de calidad para este producto, por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec.)

B I B L I O G R A F Í A

1. IZQUIERDO, V., Trapiches y Panela en el Valle, Cauca y Caldas, Asocaña, Departamento de Investigaciones Económicas, Cali, pgs. 18, 56, 1968.
2. OCHSE, J., y col., Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales, Vol. II, Editorial Limusa T Ciley S.A., México, pg. 1923, 1965.
3. SPEITCER, G.; MEADE, G., Manual da Azúcar de Caña, Montañés & Simón, S.A., Barcelona, pgs, 26, 33, 531, 625, 1967.
4. RAKOS, G., Curtzo de Caña de Azucar, Conferencias (raimeografiado), Bogota, 1967.
5. PULIDO, H.L., A Hew Sugar Cane Ripener, Sugar y Azúcar, _6_9, 105-108, 1974.
6. PULIDO, M.L., Methods of Measuring Sucrose Inversion in Sugar Cane Mills, Sugar y Azúcar, 69, 49-53, 1974.
- 7» RAKOS, N., Panela y Trapiches, 2a ed., Imprenta Antioqueña, Medellín, pgs. 9, 15, 1970.
- 8» Instituto de Investigaciones Tecnológicas, La Industria Panelera en Colombia, Ho 11, 1961.
9. GAVIRIA, E. J. BERNAL, I., Química Analítica Aplicada, Tomo III, Vol. I, Facultad de Ciencias, Universidad nacional, Bogotá, D.E., pg. 121, 1974.
10. OTEKO, E., Análisis de Grasas y Ceras y sus Mezclas Editorial Dossat, S.A., Madrid, pg. 5» 1946.
11. Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 13th. ed., American Public Health Association, Washington, B.C., p. 226, 1971.
12. SPENCER, G.; MEADE, G. y col. Manual de Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Azucareros, 1a ed., John Wiley & Sons, Inc., N.Y., pgs. 717-730, 1932.
13. LAKE, J.; EYNON, L., Determination of Reducing Sugars by Means of Fehling's Solution with Methylene Blue as Internal Indicator, J. Soc. Chem. Ind., _42_, 327-37?, 1923-
14. CLONINGER, C.; APPLING, J., Loss Caused by Inversion of Sucrose During Sugar Manufacture: How to Avoid this Loss. Paper presented at the 12th Philippines Sugar Technologists Convention, 1964*
15. APPLING, J.; WARNER, I., Microorganism Control in Cuban Sugar Mills, Sugar Journal, _22_, 19-27, 1959-
16. KENIRY, J.; LEE, J. and col., Deterioration of Mechanically Harvested Chopped-up Cane. Part I, Int. Sug. J., 6j, 330-333, 1967.
17. APPLING, J.; UGARTE, M., Testing Bussan 881 in Peru, Special Bactericide Shows Marked Savings, Sugar y Azúcar, 55» 37-39, 1960.

18. KAGATROV, I., Composition of Molasses, Chem. Abstr., 41, 4667a, 1947
19. POWMEZ, P., Trace Elements in Sugars. Paper presented in Proceedings Technical Session Cane Sugar Refining. Boston, 1970.
20. GEORGE, S., Foliar Diagnosis for Sugar Cane, First-3d., Agricultural Research Publications, p. 85, 1969.
21. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry, Perkin Elmer, 1973.
22. CALDEROTT, E.; GAVIRIA, E., Practical de Análisis Químico Aplicado, Facultad de Farmacia, Universidad Nacional, Bogotá, D.E., pgs. III, 118-119, 1958.
23. BATEMANT, J., Nutrición Animal, Progreso Editora, Mexico, pg.250, 1970.
24. Association of Official Agricultural Chemists, Official Methods of Analysis, 9th. ed., Washington, D.C., p. 832, 1975-
25. CAPJDEMS, A., Curso de Caña de Azúcar en Ladera, Instituto Colombiano de Investigación Agropecuario, pgs. 162, 164,