BIBLIOTECA AGROPECUARIA
COLOMBO

MANEJO DE LOS JUGOS DE CAÑA PARA LA ELABORACIÓN DE PANELA Y MIELES

El sector agroalimentario ha salido en los finales del siglo XX de los esquemas convencionales de tecnología iniciando profundas innovaciones para responder a las demandas cada vez más diversificadas y precisas de los consumidores. Los productos agroalimentarios deben hoy en día presentar una garantía higiénica, satisfacer las necesidades nutricionales y sensoriales y aportar cada vez más servicios.

La alta variación, en las mieles y panelas encontradas en el mercado, del color, textura y sólidos insolubles al igual que en todos los productos agroindustriales, son el reflejo de la dificultad de estandarización y optimización del proceso de producción. Algunas causas de estas dificultades son:

La cantidad de componentes presentes en los jugos de caña, algunos de los cuales aun no se han identificado plenamente.

- La variabilidad de los compuestos presentes en los jugos, la cual depende de factores genéticos y climáticos que afectan el cultivo, como la variedad de caña, el manejo agronómico, el clima, el suelo, la intensidad solar entre otros.

- La interacción química de estos componentes, la cual es en algunos casos muy compleja y varía según la cantidad presente de cada compuesto, el pH de la solución y la temperatura en la que se encuentre.

- Las condiciones de operación durante el proceso de producción (Índice de madurez, corte, acopio de la caña, molienda, velocidad de calentamiento, condiciones de aplicación de aditivos, punteo.

Con el propósito de evitar la contaminación por un flujo de proceso cruzado, la planta de producción de mieles y panela se divide en tres áreas, en cada una de ellas se desarrollan las siguientes etapas del proceso:

- En la Figura 1 se muestra las etapas del proceso que se trabajan en frío; las cuales se separan de las demás áreas de producción con el propósito de evitar la caída de bagazo en la hornilla, por una división física de un metro de altura o más. En la construcción de la división se puede se puede emplear ladrillo u otro material más económico como malla o fibra tejida.

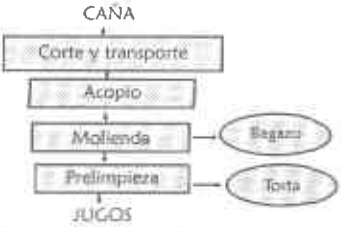


Figura 1. Diagrama de las etapas de producción de panela y miel desarrollados en frío.

- En la Figura 2 se encuentra las etapas del proceso que se llevan a cabo sobre la hornilla. En esta área se debe evitar el paso de animales, el techo se debe encontrar a partir de las pailas a una altura superior a los 2.5 m y poseer el suficiente espacio para la salida del vapor.

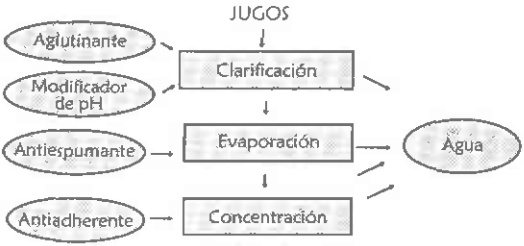


Figura 2. Diagrama de las etapas de producción de panela y mieles desarrolladas sobre la hornilla

- En un área totalmente independiente y comunicada con la hornilla por medio de un canal que transporta las mieles, se lleva a cabo el batido, moldeo y empaque. En esta área se debe tener especial cuidado con la higiene, puesto que las mieles que allí se trabajan se encuentran libres de contaminación después del tratamiento térmico recibido en la hornilla. La Figura 3 muestra las diferentes etapas realizadas de acuerdo al producto deseado.

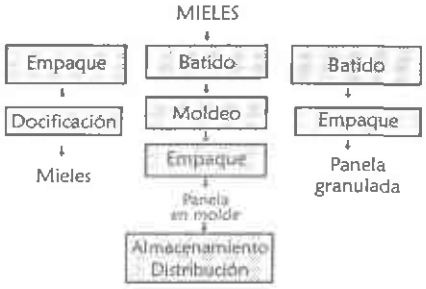


Figura 3. Etapas de la producción de panela y mieles desarrollada en el área de batido y moldeo

PROCESAMIENTO DE LA CAÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELA Y MIELES

- Materia prima en la elaboración de panela y mieles

La caña es una gramínea del género Saccharum. Su forma es erecta con tallos cilíndricos de 2 a 5 metros de altura, diámetro variable de 2 a 4 cm y nudos pronunciados sobre los cuales se insertan alternadamente las hojas delgadas. Consta de una corteza, cubierta de una capa de cera de grosor variable que contiene el material colorante, seguidamente se encuentra la porción interna constituida por el parénquima y paquetes fibro-vasculares dispuestos longitudinalmente, terminando en hojas o yemas. La caña está compuesta por agua y una parte sólida constituida principalmente de fibra y sólidos solubles.

Tabla 1. Composición química promedio de la caña de azúcar.

Componentes caña triturada		Cantidad (%)	
- Agua		- 73-76	
- Sólidos		- 24-27	
	Fibra seca		- 11 - 16
	Sólido soluble		- 10 - 16

Chem, 1991.

- Principales factores del manejo agronómico

Tanto para la producción de panela como de mieles es fundamental un buen manejo agronómico que permita obtener un producto de excelente calidad, recuerde es muy costoso solucionar durante el proceso los problemas que conllevan una materia prima con características inapropiadas. Para realizar un adecuado manejo agronómico es indispensable tener presente:

- Seleccionar la variedad de caña adecuada.
- Conocer el tipo de suelo donde se va a cultivar, para un adecuado manejo tanto de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S como de los menores.
- Establecer la distancia de siembra que permite a la variedad desarrollarse adecuadamente.
- Realizar un control de malezas para evitar la competencia por los nutrientes.
- Identificar el momento de corte de la caña, cuando se ha alcanzado el sazonado apropiado al producto deseado. Éste se consigue cuando se tiene

el mayor contenido de sólidos solubles y el máximo nivel de sacarosa o de azúcares reductores según el producto deseado sea panela o mieles respectivamente. Cañas inmaduras y sobremaduras dan rendimientos menores e influyen negativamente en la calidad de la panela, por su alto contenido de azúcares reductores, pero son adecuadas para producir mieles.

El sazonado adecuado se determina primero por la edad de corte para cada variedad, la cual es determinada por los investigadores usando las curvas de sacarosa y azúcares reductores y segundo por el índice de madurez o relación del contenido de sólidos solubles en el sexto o séptimo entrenudo del tercio superior (A) y del tercio inferior (B), según la Tabla 2.

Tabla 2. Estado de madurez de la caña de acuerdo al índice de madurez.

Estado de madurez de la caña	Valor de A/B
Inmadura	Menor de 0.9
Madura	entre 0.90 y 1.0
Sobremadura	Mayor de 1.0

- **Acopio de la caña**

La caña se debe acopiar en un sitio seco y sombreado, acondicionado para facilitar la rotación de la caña, de tal forma que cuando se corta para panela la caña madura o sobremadura no este almacenada por más de tres días; pues la inversión de la sacarosa afecta la calidad de la panela y dificultad para la limpieza de los jugos. En la producción de mieles el almacenamiento de más de cinco días de la caña produce un oscurecimiento del producto.

- **Extracción del jugo**

El jugo crudo y el bagazo húmedo obtenidos como productos del paso de la caña a través del molino, se emplea como materia prima para la producción de mieles o panela y como combustible para la hornilla respectivamente.

La cantidad extraída de jugo depende de las condiciones de operación del molino y afecta directamente el rendimiento de producción de mieles o panela, se expresa como el jugo obtenido al moler 100 kg de caña.

$$\text{Extracción} = \frac{\text{Peso del jugo} \times 100}{\text{Peso de la caña.}}$$

El peso del jugo se puede obtener directamente o restando del peso de la caña molida el peso del bagazo producido.

En términos generales una extracción óptima para molinos de 3 mazas debe ser superior a 58 kg de jugo por 100 kg de caña, de 68 para dos molinos de 3 mazas uno tras otro. Cuando se desea extracciones superiores a 75 se debe adicionar un solvente (agua) al bagazo.

- **Bagazo.** Es el remanente de los tallos de la caña de azúcar después de extraer el *jugo azucarado que ésta contiene.* El uso tradicional y más difundido de este material en el proceso de producción de panela es la generación de calor mediante su combustión en las hornillas o calderas.

  En las hornillas planas para usar el bagazo como combustible, se requiere que sea sometido a un proceso de secado hasta una humedad aproximada del 30%, el cual tiene una duración promedio de 15 25 días en cobertizos llamados bagaceras.

  El tiempo de secado depende de factores como altura y el ancho del arrume, condiciones climáticas del sitio, humedad con la que sale el bagazo del molino y *características de construcción* de la bagacera.

- **Jugo que sale del molino.** Es el obtenido directamente del molino. Físico-químicamente es un dispersoide compuesto por materiales en todos los tamaños, desde partículas gruesas hasta iones y coloides. El material grueso consiste principalmente de tierra, partículas de bagazo y cera. La Tabla 3 muestra la composición general de los jugos.

- **Sólidos solubles**

  Entre los sólidos solubles de los jugos de caña sobresalen los azúcares como sacarosa, *glucosa o fructuosa. Existen además compuestos* menores como, minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos que pueden estar en forma libre o combinada y su composición determina las características. Así la consistencia esta determinada por el porcentaje de sacarosa y azúcares reductores, el cual debe ser bajo en panela y alto en mieles.

  La hidrólisis o rompimiento de la molécula de sacarosa (disacárido) en dos moléculas de cadena más corta: glucosa (dextrosa) y fructuosa (levulosa) se

conoce como inversión de la sacarosa. Este fenómeno se inicia en la misma planta de caña, pero se acelera después del corte por efectos de temperatura y pH. La sacarosa es estable en medio alcalino, mientras que los azúcares reductores lo son en medio ácido.

$C_{12}H_{22}O11 + H_2O \text{-------} > C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

Sacarosa — Glucosa — Fructuosa

$[a]^{20}_D + 66.53°$ — $[a]^{20}_D$ 52.7 — $[a]^{20}_D$- 92.4°

La sacarosa se sintetiza en la caña de abajo hacia arriba y su contenido aumenta con el tiempo hasta alcanzar su óptimo de madurez. Una vez madura la caña se inicia la inversión de la sacarosa a glucosa y fructuosa. Esta madurez es alcanzada por cada variedad en una edad diferente.

Tabla 3. Composición química promedio de sólidos, presentes en los jugos de caña

Componentes del jugo de caña	Cantidad %
Agua	75-88
Sales	17-21
	1-3.0
	1.5-52.5
Azúcares	
Sacarosa	10-20
Glucosa	2-4
Fructuosa	2-4
Ácidos orgánicos libres	
Carboxílicos	1.1-3.0
Aminoácidos	0.5-2.5
Componentes orgánicos menores	
Proteínas	0.5-0.6
Almidón	0.001-0.05
Gomas	0.3-0.6
Cera, grasas fosfátidos	0.05-0.15
Otros	3.0-5.0

Chem. 1991.

- **Otros compuestos**

El porcentaje de este tipo de compuestos es bajo, generalmente esta por el orden de 1.0% del total.

Los coloides en el jugo incluyen tanto los derivados del suelo como los de la

caña y están constituidos principalmente por partículas de tierra, ceras, grasas, proteínas, vitaminas, gomas, pectinas, taninos y material colorante. Su porcentaje es pequeño y fluctúa entre 0.05 a 0.3%.

Las dispersiones iónicas y moleculares, corresponden básicamente a azúcares y los constituyentes minerales. Los cuales se clasifican según su tamaño.

Ácidos Orgánicos. Los ácidos orgánicos identificados en el jugo de la caña son los siguientes: Acotínico, Málico, Oxálico, Cítrico, Succínico y Fumárico. De éstos, el Acotínico es el que se encuentra en mayor proporción al encontrarse acumulado aparentemente debido a su acción amortiguadora de pH con el propósito de regular la acidez de la savia.

Compuestos Nitrogenados. El nitrógeno total presente en la caña varía entre 0,036 y 0,05%, encontrándose la mayor parte en las hojas y puntas del tallo (cogollo) de la caña. Los más importantes son las proteínas que son sustancias complejas de alto peso molecular y los aminoácidos que son las unidades que constituyen la proteína.

Los principales aminoácidos presentes en el jugo de la caña son: Ácido Aspártico, Glutámico y Alanina. También se han identificado las siguientes proteínas: albúminas, nucleínas y peptonas.

Lípidos, los Lípidos de la caña de azúcar corresponden a las grasas y ceras de la misma, son constituyentes indeseables en el jugo, siendo parcialmente eliminados en la clarificación. El contenido de lípidos totales de la caña en base seca es de 0,69% en las hojas, 0,38% en los tallos, 0,54% en las raíces y 2,01% en las semillas.

Compuestos coloreados, Son los responsables del color del jugo. Se clasifican en cuatro grupos: Clorofilas, Xantofilas, Carotenos, Antocianinas. Los tres primeros son insolubles en soluciones azucaradas. Las Clorofilas son responsables del color verde y las Xantofilas y Carotenos de las coloraciones amarillas. Las Antocianinas son solubles en soluciones azucaradas y producen tonalidades azules, rojas o violetas dependiendo del pH del jugo.

Compuestos de la caña que pueden desarrollar color. Son aquellos que por su reacción o combinación con otras sustancias forman material colorante. Se pueden clasificar en dos grupos: Polifenoles y amino-compuestos. Los Polifenoles reaccionan con el hierro y el oxígeno para dar origen a compuestos de color oscuro, especialmente en soluciones alcalinas. Los amino-compuestos reaccionan con los azúcares reductores presentes formando compuestos coloreados.

Compuestos inorgánicos Se conocen comúnmente como minerales y su

concentración en el jugo varía dependiendo del tipo de suelo, fertilización y variedad de caña. Los principales son: Sílice (SiO2), Potasio (K2O), Soda (Na2O), Cal (CaO), Magnesio (MgO), Hierro (Fe2O3), Fósforo (P2O5), Azufre (S2O3), Cloro(Cl).

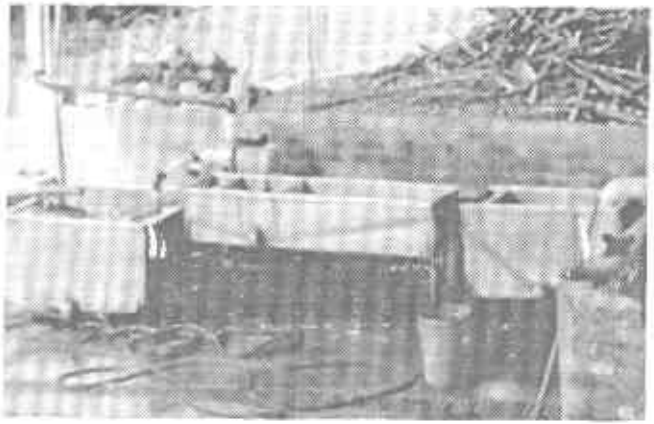
Polisacáridos Están constituidos principalmente por el almidón que se encuentra en el protoplasma de las hojas y en el extremo de los tallos de la caña. *Su presencia disminuye la facilidad de clarificación de guarapos, debido a su alta* solubilidad en caliente.

LIMPIEZA DE LOS JUGOS

El principal aspecto que afecta no solamente la calidad sino la aceptabilidad del producto es la limpieza de los jugos de caña durante el proceso de producción de panela y mieles. Esta limpieza de los jugos comprende dos etapas: una en frío o prelimpieza y otra en caliente o clarificación.

- **La prelimpieza**

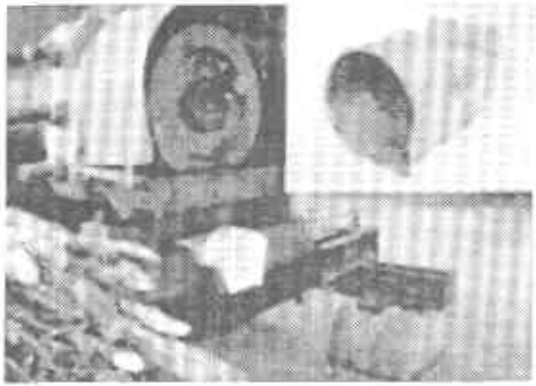
Consiste en eliminar por medios físicos y a temperatura ambiente el material grueso con el que sale el jugo de caña del molino. Este material consiste principalmente en tierra, partículas de bagazo y cera; para su separación se usa el posuelo, las mallas y los sistemas de prelimpieza diseñados por CIMPA, los prelimpiadores Uno y Dos.



Cualquiera de estos equipos de prelimpieza requieren para su buen funcionamiento un adecuado mantenimiento y limpieza máximo cada 6 h con el fin de evitar la fermentación de los jugos y como consecuencia un deterioro

de la calidad del producto. Se recomienda utilizar en su construcción acero inoxidable, material resistente a la corrosión y fácil de limpiar.
Otros trapiches utilizan una malla a la llegada de la paila recibidora o la salida del molino, esta malla en la mayoría de los casos sólo retiene las impurezas mayores, se satura rápidamente.

Los prelimpiadores, diseñados por el CIMPA, tienen la función de retener no solo el material grueso sino parte de las impurezas dispersas en el jugo constituidas principalmente por restos de bagazo, bagacillo, caña, tierra, material flotante y lodos. El funcionamiento de los prelimpiadores se efectúa en forma continua y utiliza como principio la separación por la diferencia de la densidad existente entre las impurezas y el jugo.



Los prelimpiadores se ubican entre la paila recibidora y el molino, en un sitio donde se facilite su limpieza, con tubería de agua limpia, piso en cemento y alcantarillado para que no se empantane cuando se lava. Para transportar los jugos del molino al preliminador por tubería cuando el molino tiene a la salida una canaleta se emplea el dispositivo mostrado en la Figura para realizar el empalme con la tubería.

Durante la molienda las impurezas que flotan se deben retirar varias veces al día y este material puede pasarse nuevamente por el molino, con el fin de recuperar parte del jugo retenido.

Existen dos tipos de prelimpiadores: el uno y el dos. El prelimpiador uno tiene las siguientes dimensiones:

Largo : 1.00 m

Alto: 0.35 m
Ancho: 0.15 m

Y en el prelimpiador dos las dimensiones son:
Largo: 1.75 m
Alto: 0.30 m
Ancho: 0.30 m.

Según el tamaño del trapiche se emplean el prelimpiador uno y/o dos de la siguiente forma:

- Para molinos de tracción animal o molinos con capacidad de molienda inferior a una tonelada de caña por hora se utiliza el prelimpiador uno.

- En caso de cañas con alto contenido de mugre o trapiches con capacidad de molienda entre 1.0 y 2.0 t/ha se requiere emplear el prelimpiador uno y el prelimpiador dos, uno después de otro.

- En trapiches con capacidad superior a las 2.0 toneladas de caña se debe colocar un prelimpiador uno y dos prelimpiadores.

Un buen material para la construcción del prelimpiador es el acero inoxidable, ya que es inerte, resistente a la corrosión y fácil de limpiar. Cuando se construye el prelimpiador con baldosín, para evitar que se levante él enchape utilice en las uniones Sika para juntas.

- **Clarificación**

La etapa de clarificación en el proceso de la panela difiere altamente del proceso azucarero debido a que en este último se entiende por impurezas todas las sustancias diferentes a la sacarosa. En el proceso panelero esta etapa se lleva a cabo en la paila clarificadora de la hornilla, donde algunos sólidos coloidales y colorantes, dispersos en los jugos, se aglutinan por efecto del calor en pequeñas masas llamados flóculos; con el propósito de eliminarlos posteriormente por métodos físicos.

La Floculación es causada por el choque de las partículas, que se hallan emulsionadas o en solución coloidal. Precede a la coagulación y consiste en la precipitación de las partículas sólidas las cuales sin fundirse unas en otras permanecen aprisionadas en la masa. Puede ser de dos tipos: Ortocinética y Pericinética. La primera le debe su movimiento a la agitación que las partículas tienen dentro del líquido (movimiento browniano) mientras el segundo debe su movimiento a la energía comunicada al líquido por fuerzas externas como el calor o el remellón.

- **Coagulación**

Es un cambio físico por la acción de un agente físico como el caloro químico como una sal mineral, ácido o alcohol, en virtud de la cual una sustancia coloidal se agrega y solidifica. Consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre la sustancia adicionada denominada coagulante o aglutinantes y la solución, que dan como resultado la remoción o desestabilización de las fuerzas que mantienen unidas las partículas; se distingue de la floculación en que no es reversible como está. Las disoluciones de coloides o liófilos, son coaguladas por adición de un líquido soluble en el disolvente pero que no es absorbido por el coloide y las disoluciones acuosas de coloides o liófobos son coaguladas por adición de pequeñas cantidades de sales minerales. Los coagulantes o floculantes son de dos tipos poli electrólitos o ayudantes de coagulación y coagulantes metálicos.

Los primeros son polímeros de alto peso molecular, conformados por uno o varios tipos de monómeros unidos en cadenas lineales o ramificadas que poseen un gran número de sitios activos por cadena y forman macromoléculas de tamaño coloidal. Se clasifican según la polaridad de los grupos ionizables en aniónicos o catiónicos y neutros o iónicos, cuando no poseen grupos ionizables. Entre los coagulantes metálicos se encuentra la cal, el carbonato de sodio, el carbonato de magnesio, el ácido fosfórico, el fosfato monocálcico y el bióxido de carbono entre otros.

Aún cuando los jugos de caña poseen en su composición los agentes químicos para que por efecto del calor se presente la floculación y coagulación de algunas de las impurezas, se hace necesario mejorar el proceso de clarificación con la adición de un agente aglutinante. Así se consigue eliminar un alto porcentaje de los sólidos dispersos mediante la coagulación-floculación de las impurezas presentes en el jugo, por el efecto combinado de la temperatura, el tiempo y el aglutinante.

Un buen manejo agronómico de la caña es uno de los puntos fundamentales en la clarificación de los jugos, pues aun cuando la hornilla brinde las mejores condiciones de procesamiento, cómo una velocidad de calentamiento superior a 1.3°C/min, caña con un índice de madurez apropiado y buen manejo en el acopio y la prelimpieza, un mal manejo agronómico interfiere en el equilibrio de los componentes, lo cual se ve reflejado en un pH inicial de jugos inferior a 5.2. Otro de los puntos importantes a tener en cuenta es no adicionar el mejorador de pH antes de la clarificación.

- **Agente Aglutinantes.**

Tradicionalmente en el proceso de producción de panela se emplea mucílagos de algunas plantas como el Balso, Guásimo o Cadillo y en los últimos años se ha incursionado con polímeros químicos empleados en el proceso

azucarero. Cuando se adiciona el agente aglutinante en exceso la panela y mieles presentaran problemas de consistencia y textura.

Mucílagos vegetales: son exudados gomosos producidos por algunas plantas cuando se les lesiona su corteza, Las gomas y los mucílagos son semejantes químicamente, están compuestos de polisacáridos que por hidrólisis dan hexosas, pentosas y ácidos irónicos cuya estructura molecular completa es desconocida y de peso molecular superior a 200.000 g/g mol.

Estos compuestos orgánicos conformados por polisacáridos celulósicos contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas. Se forma en el interior de las plantas durante su crecimiento.

Su uso depende de la disponibilidad y costumbres de la zona. Los más empleados en la industria panelera son el balso, guásimo y cadillo, en los cuales la glucosa forma parte de su estructura básica. Además existen otras plantas o productos vegetales de uso no tan generalizado como la "escoba babosa", el "Juan Blanco" o la corteza del fruto del cacao.

Balso: (*Heliocarpus popayanensis* HBK), esta planta pertenece al orden de las Malvales, familia de las Sterculiaceae. Es un árbol muy común en los climas templados del país entre 1.200 a 1.800 msnm.

Cadillo: propia de tierras cálidas, a menos de 1.000 msnm. pertenece a la familia de las Tiliáceas (*Triumfetta affin mollissima* HBK).

Guásimo: (*Guazuma ulmifolia L*) pertenece a la familia de las sterculiaceas. Este árbol se encuentra frecuentemente en las llanuras cálidas, por debajo de los 1.400 msnm.

De la primera se emplea generalmente la corteza del tronco disgregada en agua, y de las dos últimas la corteza de las ramas directamente en forma de escobilla, sin embargo las tres especies ofrecen los mejores resultados en la

limpieza de los jugos, cuando se emplea una disolución del mucílago obtenida, al disgregar 1 kg de corteza de las ramas en 8 litros de agua a 50°C hasta obtener una solución parecida a la clara de huevo.

De esta solución aglutinante se emplea un volumen igual al 2.5% del volumen del jugo a clarificar. Dosificado en dos aplicaciones en la primera el 1.5%, cuando el jugo a clarificar alcance 50°C, el resto en la segunda, después de retirar la cachaza formada, cuando los jugos alcancen los 80°C.

La solución del aglutinante se debe preparar máximo cada 6 horas, para evitar su deterioro, pues es un producto vegetal y por consiguiente contiene microorganismos que se desarrollan fácilmente bajo estas condiciones de humedad, temperatura y alimento. De igual forma el recipiente donde se prepara debe lavarse y enjuagarse con una lechada de cal máximo cada 12 horas.

Polímeros químicos. Existe la alternativa de reemplazar los mucílagos vegetales por compuestos químicos, su uso le quita el carácter de producto natural a la panela. El Mafloc 975, presentaron resultados comparables a los del balso en la clarificación. Se debe disolver en agua o jugo clarificado a una temperatura entre 30 y 40°C para asegurar la dispersión del polímero y la formación de la baba gelatinosa. Se prepara en soluciones hasta de 2.000 ppm se agrega al jugo con pH de clarificación de 5.46.4. en una dosis de 2 a 10 ppm

- **Mejoradores del pH.**

El principal efecto del uso de la cal o el bicarbonato en el proceso de elaboración de panela es la elevación del pH de los jugos o mieles, pero también se usa como floculante. En la elaboración de la panela, al agregar cal en frío, según estudios que realiza actualmente CIMPA, la acción de los floculantes vegetales mejora, y se obtienen jugos y panelas más limpias. Pero presenta el

inconveniente de formar una cachaza menos densa e incrementar el tiempo de separación del jugo en la cachacera al tener éste una densidad más cercana a la de la cachaza. Por esta razón solo se añade la suficiente cantidad de cal para neutralizar la acción de lo ácidos orgánicos contenidos originalmente en los jugos, y mejorar el punto de panela. Los mejores resultados hasta el momento se han obtenido con pH cercanos a 5.8. Un exceso de cal es perjudicial pues cuando se encala a pH superiores a 6,0 se presenta un marcado oscurecimiento de la panela. El encalado se debe hacer en forma de lechada de cal, es decir una suspensión de cal apagada en agua o en el mismo jugo en concentraciones de 12-15 grados Baumé (100 a 150 gramos de cal por litro de agua).

La calidad de la cal es un factor importante a tener en cuenta en el proceso de producción de panela pues si la cal no es grado alimenticio, su adición aporta impurezas al producto final. La calidad de la cal se realiza por análisis de laboratorio, siendo los más importantes, la determinación del porcentaje de CaO aprovechable, prueba de asentamiento, insolubles en ácido clorhídrico, humedad, porcentaje de azufre y de algunas otras impurezas.

- **Cachaza.**

Las impurezas que flotan, denominadas cachaza negra, se retiran manualmente con un caso y se depositan en unos recipientes llamados cachaceras, allí por diferencia de densidades se separan de los jugos removidos con esta, y se lleva a la paila melotera donde se concentra hasta 45-50° Brix, los jugos se devuelven al proceso en la paila clarificadora. Esta cachaza concentrada comúnmente llamada melote se emplea en la alimentación de animales con la ventaja que se puede almacenar por un periodo más prolongado. La Tabla 3 muestra la composición general de la cachaza.

Tabla 4. Composición de la cachaza obtenida por calentamiento de los jugos de caña

Sustancia	mg / l	
	3	15
Sustancias cerosas	3	5
Pentosanas		
Materias proteínicas	6	25
P2O5	0.3	0.6
CaO	0.3	1.0
MgO	0.3	0.5
Fe2O3 Al2O3	2	7
SiO2	0.2	1
Insoluble en HCl (R2O3) n(SiO2)m	10	20

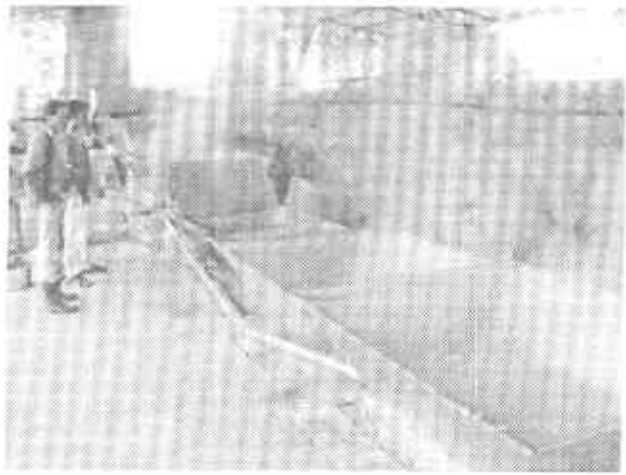
Hong 1996

MANEJO DE JUGOS

Existen tres formas de flujo de jugos a través de la hornilla: paralelo, contracorriente y mixto, su utilización depende de un factor fundamental al momento de adaptar la tecnología, las costumbres regionales.
En el flujo paralelo los gases circulan en la misma dirección que lo hacen los jugos. En ella la evaporación y concentración se realizan con velocidades de calentamiento bajas.

En el flujo contracorriente los jugos y los gases circulan en dirección opuesta, se corre el riesgo de que se queme la panela por la ubicación de la paila punteadora. El flujo mixto es la combinación de los dos anteriores, en este estilo se debe emplear pailas piro tubulares o aleateadas a fin de conseguir mayores velocidades de calentamiento en la clarificación y evaporación de los jugos.

EVAPORACIÓN



Es la etapa que sigue a la clarificación y donde el calor suministrado es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (liquido a vapor) eliminándose cerca del 90% del agua presente, con lo cual se aumenta el contenido inicial de los sólidos solubles entre 16 y 21° Brix hasta el punto de miel o panela, en este punto se alcanza las mieles hasta una temperatura hasta 120°C en promedio.

La raya, cocha, ceba o botija se divide en la paila en dos, tres o cuatro puntos de acuerdo a la capacidad de la hornilla, con el fin de facilitar el manejo de los jugos y la evaporación. El movimiento de jugos una vez dividida la raya depende de las costumbres de la zona.

En esta etapa se realiza el proceso de encalado de los jugos ya sea en adición total inicial, fraccionada o final, así mismo como los agentes blanqueadores y antiespumantes.

CONCENTRACIÓN

Es la fase final del proceso, las mieles alcanzan temperaturas superiores a los 100°C, se realiza en la paila punteadora o concentradora, en esta etapa se emplea el agente antiespumante y antiadherente. Como se mencionó anteriormente la inversión de la sacarosa es función de la temperatura, el pH y el tiempo de residencia de los jugos en la hornilla, a partir de 100°C la inversión se acelera notablemente.

Por esta razón se requiere realizar esta etapa en el menor tiempo posible y con un pH cercano a 5.8 cuando se trabaja panela; una buena velocidad de calentamiento en el caso de panela es aproximadamente de 1°C/min, pues permite una rápida concentración sin quemar el producto. Contrariamente cuando se trabaja mieles se debe realizar la concentración final a baja velocidad de calentamiento menores de 0.7°C/min, y pH menores de 5.8 con el propósito de obtener mayor porcentaje de reductores y evitar la cristalización.

- **Punto de miel o panela**

  Debe tenerse bastante precisión al obtener el "Punto" de ya, que si se saca a muy alta temperatura se presentará una caramelización de los azúcares con su consecuente oscurecimiento. En caso contrario se dificultará la solidificación. Cuando se está produciendo miel es importante obtener el punto adecuado.

  Para la determinación del punto final se requiere de equipos de alta precisión y rapidez por este motivo se emplea la temperatura de las mieles. El "Punto" para mieles se obtiene entre 100 o 102°C que corresponde a un porcentaje de sólidos solubles entre 66-70° Brix y para panela entre 118-125°C, correspondientes a una concentración de sólidos solubles de 88 a 94° Brix.

  El punto final del producto depende de la concentración final de sólidos solubles y la pureza del producto, la cual está determinada por la relación del porcentaje de sacarosa y el porcentaje de sólidos solubles para la panela, y en mieles se relaciona con el porcentaje de azúcares reductores. Así una panela puede tener una consistencia blanda a pesar de tener un alto porcentaje de sólidos solubles si el porcentaje de sacarosa es bajo.

  En general las propiedades físicas valoradas son la viscosidad y adherencia de las mieles, que el operario evalúa a "ojo" mediante la velocidad de escurrimiento de estas sobre la falca de la paila o en el mismo remellón o cazo. Otra característica del punto de panela muy usada, es la formación de grandes

burbujas o películas muy finas y transparentes denominadas "pañuelo".

- **Adición de grasas o ceras**

Cumplen dos funciones en el proceso de elaboración de panela, la primera como antiespumante para evitar que los jugos durante la ebullición rebosen la altura de la falca de la paila, al formar una película en la superficie de los jugos. La segunda función es de antiadherente, en este caso su adición se hace en la paila concentradora o punteadora, en este caso se forma una película protectora sobre las paredes de la paila que evita la adición de la miel a las paredes y su consecuente caramelización y quemado.

Se utiliza el aceite de higuerilla, el cebo animal, la cera de laurel y la manteca vegetal. Ofrece mejores resultados las grasas con puntos de fusión superiores a 125°C, ya que se evita el deterioro de estas grasas. El exceso de grasa le confiere un sabor desagradable y desmejora la calidad de la panela.

- **Blanqueadores**

Son sustancias decolorantes utilizadas para eliminar las coloraciones oscuras del jugo de la caña. En el proceso de elaboración de panela se adiciona el producto comercialmente conocido como clarol, de efectos tóxicos especialmente en la población infantil.

Este aditivo que químicamente se denomina Hidrosulfito, Hiposulfito o Metabisulfito de sodio, está constituido por Azufre. Elemento que el organismo no está en capacidad de metabolizarlo o asimilarlo, sino que se va acumulando en el organismo, y cuando se llega al limite máximo permisible se presenta problemas de toxicidad, cuyos efectos se reflejan principalmente en el sistema respiratorio.

Dichos límites han sido determinados por las máximas entidades en control de aditivos que son la FDA (Administración de Drogas y Alimentos), OMS (Organización Mundial de la Salud) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación) en 0,7 mg de dióxido de azufre (SO2) por kilogramo de peso corporal persona por día (8). Como la panela no es la única *fuente de SO2 en la dieta resulta preocupante el consumo de este alimento* cuando se han empleado altas dosis de clarol en su fabricación.

Además del aspecto toxicólogo, el empleo de este compuesto como mejorador de color, no se justifica, dado que su acción no es permanente y se incrementan los costos de producción. Su efecto es fuertemente reductor pero susceptible a reoxidarse durante el almacenamiento por contacto con el aire

produciendo con el tiempo coloraciones más oscuras y verdosas de poca aceptación en el mercado.

Otra de las causas de las coloraciones oscuras de los jugos son por deficiencias de fósforo en los mismos. Para elevar el nivel de fósforo durante el proceso de producción de panela se obtienen buenos resultados con fosfato monocálcico en dosis de 250 a 300 ppm y con ácido fosfórico de 50-100 ppm Desde el punto de vista técnico los dos productos funcionan bien pero económicamente resulta más conveniente el ácido fosfórico por sus menores costos. Es importante realizar un buen encalamiento después de emplear cualquiera de estos productos, también se debe tener en cuenta el contenido inicial de fósforo y cal en los jugos pues su exceso repercute en un mal grano de panela.

La panela posee un color sui generis muy propio de cada variedad de caña y que no se justifica modificar por medios artificiales que le hace perder su carácter de producto natural, teniendo en cuenta que se puede obtener un buen color de panela con una apropiada limpieza de los jugos.

- **Colorantes**

Los productores de panela se ven obligados debido a las exigencias del consumidor y la falta de conocimiento que tienen del producto tanto el uno como el otro, al uso de colorantes que no solo incrementan los costos de producción sino que le quitan a la panela su carácter de producto natural.

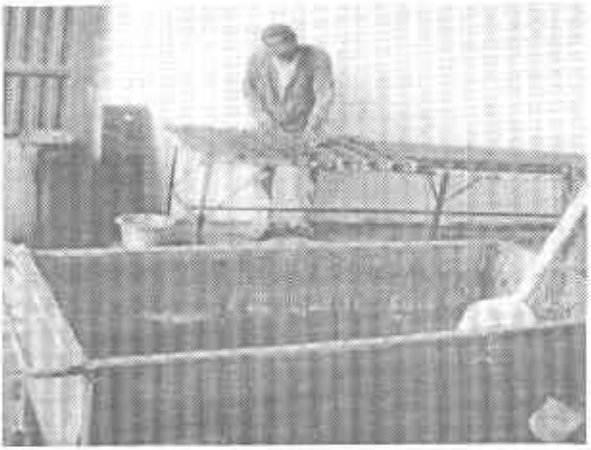
El jugo de la caña por naturaleza posee pigmentos que proporcionan coloraciones oscuras como son los compuestos polifenólicos (taninos, lacasa y sales ferrosas), las clorofilas verdes insolubles, la sacaretina amarilla y pequeñas cantidades de compuestos antocianínicos solubles. Pero cuando se tiene un buen manejo agroindustrial el color natural de la panela en sus diferentes variedades es agradable. Otra alternativa para homogenizar el color consiste en la mezcla de variedades.

En la actualidad en algunas zonas del país se utiliza una anilina altamente tóxica denominada comercialmente "El Indio", o naranja L (sal disódica del ácido P-Sulfo Benceno Azo Beta Naftol). Sin embargo su uso ha disminuido significativamente con buen manejo de la limpieza de los jugos y las campañas de concientización sobre el no uso de estos colorantes.

BATIDO, MOLDEO Y EMPAQUE

En esta etapa es importante que el producto obtenido durante el punteo este libre de contaminación microbiológica. Se debe aislar esta etapa de las anteriores y mantener el máximo de cuidado para no contaminar el producto y con ello disminuir su vida útil. Para esta etapa es importante contar con cuarto de moldeo,

que impida el paso de la humedad propia del área de procesos y permita ejercer mejor control higiénico.



El personal, equipos y utensilios deben estar limpios y libres de contaminación, en todo momento, al igual que el cuarto de batido y moldeo. Este debe estar libre de la presencia de insectos y animales. El agua donde se lavan los utensilios debe cambiarse mínimo cada 4 horas y adicionársele cal para disminuir la contaminación causada por los residuos orgánicos. La panela no se debe empacar en caliente, ni colocarse para su enfriamiento o empaque en un sitio desaseado. El empaque no solo debe proteger el producto sino identificar la industria alimenticia que lo produce, el producto y contenidos nutricionales y hacerlo atractivo al consumidor.

Para evitar la cachaza en las bebidas calientes preparadas con panela se agrega la panela al agua fría, se tapa el recipiente y se deja hervir.

BIBLIOGRAFIA

BARRERO, R., CEDIEL, L. 1984. Coloración y enriquecimiento de la panela con vitamina A. Tesis de grado Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Fé de Bogotá.

CIMPA. 1992. Manual para el diseño y operación de hornillas paneleras. Centro de Investigación y Divulgación para el Mejoramiento de la Industria Panelera en Colombia. Barbosa, Santander.

CHAPARRO, M, Luis R. 1989. En: Viabilidad y evaluación de clarificantes químicos tipo polímero en la elaboración de panela. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia.
DE ARMÁS, C., y González, L. 1986. La caña de azúcar como fuente de energía. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba.

FAO/OMS. Estudio biotoxicológico de agentes clarificantes.

GARCIA, H.R. 1978. *Pérdidas de Sacarosa en el Proceso de Elaboración de Panela. Publicación* Científico-Técnica del ICA. Vol. XII, N°2.

HONIG. E., 1969. Principios de la tecnología azucarera. Editorial Continental. Méjico

POSADA, V., 1978. Estudio físico, químico y toxicológico de panelas tratadas con hidrosulfito de sodio. Santafé de Bogotá.

ROTTA, G.H. 1988. En: Extracción y conservación del polímero del balso. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia.
SPENCER, M. 1967. Manual de azúcar de la caña. Editorial Montaner y Simón S.A. España.

LAGO, C. & CLAVIJO, B. 1994. Herramientas estadísticas compatibles con el sistema HACCP. Alimentos Hoy. N°8.

NFPA. 1992. HACCP and total quality management. Winning concepts for the 90s: a review. Journal of Food Protection. Vol. 55. pp. 459-462.

NFPA. 1993. a). HACCP Implemetation of HACCP in a Food Processing Plant. Journal of Food Protection. Vol.56. N°12, pp.1077-1084.

NFPA. 1993. b).HACCP Implemetation of HACCP in a food Processing Plant. Journal of Food Protection. Vol.56 No 12, pp.1077-1084.

PIERSON, M.D & CORLETT, D.A. (1992). HACCP Principles and application. Van Nostrand Reinhold, New York.

PRADA F., L.E. 1997. HACCP, Una propuesta para el mejoramiento de la calidad en la producción de la panela pulverizada, CORPOICA-CIMPA. Barbosa, Santander.