

RESUMEN

Para obtener máxima eficiencia de procesamiento y optimizar la calidad del producto, es de vital importancia cosechar la fruta de la palma en la etapa precisa de madurez. Las variaciones de calidad de la cosecha no solamente ocasionan pérdidas continuas en el campo sino que afectan la eficiencia del procesamiento y la calidad del aceite que se produce.

La calidad de la materia prima y el cálculo del contenido de aceite de palma en la misma no ha sido tarea fácil para la actividad de la Palma de aceite. Uno de los métodos más eficaces que existen para calcular el contenido de aceite en un racimo es sumar todas las pérdidas de aceite en la planta de beneficio frente a la extracción de aceite del racimo. Con este sistema se puede obtener el contenido de aceite en el racimo en forma realista.

El control del proceso de extracción no es solamente tomar muestras y probarlas. También es importante operar el proceso de acuerdo con un sistema de "control preventivo". Es necesario tomar muestras para tener un panorama claro de lo que está sucediendo en el proceso. Los datos que se obtengan pueden utilizarse más adelante para tomar las decisiones adecuadas para controlar las pérdidas. Las decisiones administrativas deben tomarse sobre la base de "hechos y cifras" y no suposiciones.

La reducción de la eficiencia del proceso y de las tasas de extracción de aceite siempre ha dado lugar a discusiones en contra de la planta de beneficio o de la administración del campo, los cuales se culpan entre sí por dichas reducciones.

La implantación de un método de evaluación adecuado de las pérdidas en la planta y el campo con un laboratorio independiente, ayudaría a evitar las situaciones desagradables que se presentan en las plantaciones y constituiría un elemento de apoyo para la administración.

INTRODUCCION

Malasia es el mayor productor de aceite de palma en el mundo. En 1980, Malasia produjo 2.56 millo-

nes de toneladas de aceite de palma. Allí existen alrededor de 150 plantas de extracción de aceite, de las cuales la mayoría son casi idénticas, y emplean equipos de procesamiento muy similares para la fruta de la palma de aceite. La expansión de esta industria ha sido tan acelerada, que no ha habido el tiempo ni el dinero suficiente para mejorar significativamente la eficiencia del proceso de extracción de aceite, dentro del sistema de producción del mismo. De hecho, el sistema básico de procesamiento de aceite ha variado muy poco con el transcurso de los años. Los fabricantes del equipo que se emplea han contribuido algo, aunque a menor escala, al mejoramiento de la eficiencia del proceso de extracción de aceite.

Uno de los principales problemas que afrontan los productores de aceite de palma es la carencia de métodos idénticos y adecuados de muestreo, pruebas y vigilancia de pérdidas de aceite de palma y palmiste, que son inevitables tanto en la fábrica como en el campo. Si el laboratorio toma un fruto de Tenera bien conformado y lo analiza para establecer su contenido de aceite, se obtiene una cifra de aceite por fruta del 26%. Sin embargo, la mayoría de las plantas producen únicamente una cifra de aceite por fruta o de extracción de aceite, del 20%.

Si se cosechan racimos de igual madurez, tipo y calidad, deberíamos obtener un contenido de aceite del 26%. Sin embargo, esto no es así. El negocio de palma africana ha venido perdiendo aceite de palma en cantidades de alrededor del 6% de los racimos y del 20% de la producción total de aceite.

Estas pérdidas se presentan principalmente por lo siguiente:

- La cosecha de los racimos antes de que las frutas estén completamente maduras y hayan alcanzado su máximo contenido de aceite.
- La pérdida de frutos en el campo durante su cosecha y transporte hacia la fábrica.
- Las pérdidas de aceite durante el proceso de extracción.

Las pérdidas mencionadas se han venido aceptando como pérdidas inevitables y se consideran irre recuperables si se emplean los métodos de procesamiento y cosecha de que disponemos en la actualidad.

* Director. PROPALM CONSULTANCY SERVICE. Kluang Baru, Kluang 86000, JOHORE. MALAYSIA.

De hecho, el sector de palma de Malasia pierde anualmente alrededor del 20% de la producción total de aceite, lo cual representa cerca de 0.5 millones de toneladas, por un valor de \$433 millones de pérdida anual. Lo único que podría reducir estas pérdidas y mejorar la productividad sería emprender nuevos estudios y planes de desarrollo, tanto en los campos de cosecha, recolección y transporte como en el de optimización del proceso de beneficio.

Las plantaciones afrontan problemas de escasez de cosechadores, reducción de eficiencia por las dificultades de recolección y transporte. A medida que las palmas van creciendo, especialmente en las zonas de nuevos cultivos, estos problemas se van haciendo más graves.

A nivel de planta de extracción se pueden reducir las pérdidas, aplicando mejores técnicas de procesamiento y utilizando el proceso y los procedimientos de control de calidad adecuados.

A este respecto, un método generalizado para determinar la eficiencia de extracción de aceite sigue haciendo falta. Sería importante que los productores se unieran al PORIM con el objeto de establecer un enfoque común ante este serio problema.

DEPARTAMENTO DE PROCESO Y CONTROL DE CALIDAD

El departamento de proceso y control de calidad es necesario para medir la eficiencia del proceso de producción y de los métodos de control de calidad. Dentro de lo posible, este departamento debe mantenerse independiente de la administración del campo y de la planta de extracción.

Su función debería ser la de prestar apoyo a la administración, tanto del campo como de la planta, para que ésta pueda mantener un alto nivel de eficiencia, notificando a aquellos que están involucrados con las operaciones de fábrica y campo sobre cualquier cambio que se detecte. Igualmente, es importante mantener a la administración informada sobre los cambios que se presenten en la calidad del aceite y del palmiste, para que así, en caso necesario, la administración tome las medidas del caso.

Aunque en el laboratorio se genera la mayor parte de la información de control sobre procesos y control de calidad, es importante establecer un sistema efectivo de informe sobre estas importantes cifras

entre el laboratorio y la administración, con el objeto de permitir la evaluación del problema y la solución del mismo.

Generalmente, esto se hace mediante una recopilación de resultados en un balance diario y la elaboración de un informe mensual.

EXTRACCION DE ACEITE POR RACIMO

En el cultivo de la palma africana, la cifra que mejor indica a simple vista la eficiencia del campo y de la planta es la relación extracción de aceite por racimo.

$$\text{Extracción de Aceite} = \frac{\text{Aceite Producido}}{\text{Racimos de fruta fresca}} \times 100$$

El aceite que se obtiene en la planta generalmente se determina midiendo los tanques de almacenamiento y pesando el aceite que se despacha en la zona de peso.

El peso del racimo de fruta fresca se determina en el momento en que llegan a la planta de extracción los camiones cargados de racimos.

Es importante tomar estas dos medidas en la forma más exacta posible para evitar variaciones en la tasa de extracción de aceite. Así mismo, deben aplicarse medidas de seguridad en la zona de pesado, para evitar que se sobrecalcule el aceite que se despacha o se subestime el peso del racimo de fruta fresca. En los últimos años nos hemos venido dando cuenta de la importancia de aplicar estas medidas de seguridad. Esto se presentó especialmente por el hecho de que la mayor parte de nuestra producción se vendía a nivel local y de que los minifundistas comenzaron a enviar racimos de fruta fresca a nuestras plantas.

En una planta, la tasa de extracción de aceite variará de día a día y de mes a mes por causa de la variedad en el estado de madurez de los racimos de fruta fresca, las condiciones climáticas, la polinización, la eficiencia de las técnicas de cosecha y transporte, y la eficiencia de la extracción del aceite.

Las tasas de extracción de aceite en sí mismas son cifras muy arbitrarias y es por lo tanto necesario tener esto en cuenta al comparar estas cifras con las de otras plantas, e incluso entre mes y mes en la misma planta.

EFICIENCIA EN LA EXTRACCION DE ACEITE

En muchos procesos de trituración, por ejemplo en el procesamiento de palmiste, es práctica común pesar la materia prima para determinar el contenido de aceite, analizando una muestra representativa, y pesar el aceite producido. La relación de aceite producido por contenido de aceite, expresado en forma de porcentaje, es lo que se denomina la eficiencia de la extracción o, más exactamente, la eficiencia "analítica" de la extracción.

En las plantas de extracción de palma de aceite, la materia prima permanece invariable en forma de racimos de fruta fresca que se pesan al entrar. No es difícil, aunque si dispendioso, analizar el racimo individual de fruta fresca y determinar su contenido de aceite.

Sin embargo, y desafortunadamente, los racimos de fruta que llegan a la planta son tan diversos en cuanto a tipo, peso y madurez que el análisis de cada uno de ellos carecería de valor. De hecho, sería necesario analizar por separado un número tal de racimos para calcular el porcentaje promedio de contenido de materia prima con la exactitud necesaria, que sería muy largo y poco práctico.

Otra alternativa sería obtener muestras de frutas esterilizadas durante un determinado período de tiempo, a medida que van saliendo del separador y analizarlas. Estas muestras deberían presentar menores variaciones en el contenido de aceite que los racimos individuales.

Otro problema es que sería necesario medir lo más exactamente posible el porcentaje de fruta pelada esterilizada con los racimos de fruta fresca. En los años setenta se instaló para tal efecto un pesómetro en la fábrica de Pamol Kluang. Después de utilizarlo durante más de un año, al cabo del cual nos dimos cuenta que éste no constituía un método confiable, ya que el vapor de cocción en el proceso de esterilización era un elemento de interferencia que afectaba el peso. Por consiguiente, este método se dejó a un lado y se reemplazó por un cálculo que conocemos como eficiencia de "pérdidas conocidas". Esto se implantó después de serios estudios llevados a cabo en la planta piloto de Mongana y de desarrollar sencillos artefactos de peso conocidos como básculas, los cuales hacen de éste un método práctico y aconsejable para efectos de control de proceso en el método analítico.

La eficiencia de la extracción por pérdidas conocidas se define como la relación de aceite producido

al contenido de aceite, expresado en porcentaje. La única diferencia radica en que, en lugar de medir el contenido de aceite directamente mediante análisis, se mide indirectamente, en la suma del aceite producido y la pérdida de aceite durante el proceso. Este enfoque es útil si se tiene el cuidado de medir las pérdidas y, en la práctica, hace más fácil la obtención de una cifra significativa de eficiencia que el análisis de racimo, en gran parte porque el material de muestra y análisis es mucho más uniforme.

PERDIDAS DE ACEITE Y PALMISTE EN LA PLANTA

Las "pérdidas conocidas" de aceite son:

- La fibra en la prensa
- Las tusas o raquis de los racimos
- Las nueces
- El agua de desperdicio

Las "pérdidas desconocidas" de aceite son:

- Las salidas a los desagües
- El retiro deliberado de un punto del procesamiento o del almacenamiento
- El sobre cálculo del peso de los racimos de fruta fresca
- El subcálculo de la producción de aceite

Las pérdidas "conocidas" pero no registradas son:

- Aceite en el condensador del esterilizador
- El escape de aceite de los racimos duros y sin pelar al incinerador
- Derrames de frutas

Las pérdidas "conocidas" de palmiste son:

- La nuez que se pierde dentro de la cascara
- La nuez que se pierde en la fibra ciclona
- La nuez que se pierde en el polvo ciclona

Las pérdidas "desconocidas" de palmiste son:

- El palmiste que deliberadamente se saca de un punto del proceso o del almacenamiento
- El sobrecálculo del peso de los frutos de fruta fresca
- El subcálculo de la producción de palmiste

Las pérdidas "conocidas" pero "no registradas" de palmiste son:

- La fuga de racimos duros y sin pelar al incinerador

- Las pérdidas de humedad ocasionadas por el sobresecado
- El palmiste pulverizado en la prensa

En los últimos tiempos se ha enfatizado aún más que la eficiencia del proceso de extracción de aceite obtenida por el sistema de pérdidas conocidas, no constituye un método del todo seguro y confiable. Sin embargo, en la actualidad no existe ningún método más eficaz para verificar la eficiencia del proceso de extracción que utilizar este sistema de pérdidas conocidas, siempre y cuando las pérdidas conocidas y no registradas se mantengan en un nivel mínimo en todo momento.

Por lo tanto, incluso el método de las pérdidas conocidas también debe mantenerse bajo estrecha vigilancia.

NORMAS DE COSECHA Y CALIDAD DE LOS RACIMOS DE FRUTA FRESCA RECIBIDOS EN LA PLANTA

El peso total del aceite producido por racimo sería óptimo si éste se dejara en el árbol hasta que alcanzara un nivel de madurez suficiente o se cayera o estuviera a punto de caer.

En la práctica esto no se aplica por razones muy valederas. En primer lugar, sería dispendioso y poco económico recoger las frutas sueltas.

En segundo lugar, la calidad del aceite producido sería mala, ya que, a los pocos días, el daño microbiológico de la fruta es considerable y el aceite de estas frutas tendría un alto nivel de ácidos grasos libres y no sería fácil blanquearlo.

Sería posible reducir la cantidad de fruta por recoger, asegurando así un bajo contenido de ácidos grasos libres en el aceite producido, cosechando los racimos antes de que ninguna fruta haya caído, de tal manera que solo sea necesario recoger los racimos que se aflojan debido al impacto del racimo que se corta.

Esto tampoco se hace en la práctica, porque los racimos que se cortan no están lo suficientemente maduros y contienen menos aceite que los racimos maduros.

En realidad, el método de cosecha que se emplea en una plantación de palma de aceite debe ser el justo medio entre la madurez suficiente para que tenga una cantidad aceptable de ácidos grasos libres y un nivel de extracción razonablemente alto.

Aquí no se trata del cultivo de una sola palma sino de miles, y por lo tanto es importante reconocer el hecho de que es imposible cortar racimos que tengan la misma cantidad de fruta suelta, sino más bien que los racimos cosechados cubran niveles de madurez entre menos y más maduros que la norma que se aplicaría, en caso de que se tratase de una sola palma.

Este nivel de madurez de la cosecha se determinará según la extensión de la ronda de la cosecha, es decir, el intervalo entre dos cosechas sucesivas en una zona específica. Esto dependerá del número de cosechadores y de la dificultad de la cosecha, como la altura de las palmas, el estado de la poda y la maleza, el terreno, la cantidad de fruta suelta, etc.

Normalmente, la fruta que llega a la planta se analiza para establecer la curva de madurez, y la forma que esta curva adquiera puede constituir un aviso, en caso de que se esté cortando un gran número de racimos cuyo nivel de madurez sea insuficiente. Por el contrario, si se cortan racimos demasiado maduros, constituirá un indicador para tomar las medidas correctivas necesarias.

En la planta ya es práctica común inspeccionar la carga de racimos de los camiones y establecer categorías, según las siguientes normas:

- Racimos a los cuales les falta entre 0 y 10 frutas
- Racimos a los cuales les faltan entre 11 y 70 frutas
- Racimos a los cuales les faltan entre 71 y la mitad de las frutas
- Racimos a los cuales les faltan entre la mitad y tres cuartos de las frutas
- Racimos a los cuales les faltan más de tres cuartos partes de las frutas
- Racimos sin polinizar.

Algunas plantas también han implantado un sistema para establecer el porcentaje de racimos frescos que llegan.

Por lo general, cada carga de camión de racimos de fruta fresca que llega a la planta viene junto con un recibo de plataforma que indica el número de racimos por cada una de ellas y la fecha de la cosecha. Con estos recibos es posible establecer el porcentaje de racimos (por número) que llegan a la planta el primero, segundo, tercero y cuarto día después de la cosecha.

Estas cifras son de utilidad tanto para la planta como para el campo, puesto que constituyen una

guía de la eficiencia del transporte de los racimos de fruta fresca a la planta.

Es importante anotar que los resultados que se obtengan de la clasificación de los racimos a su arribo a la planta dependen, hasta cierto punto, del tratamiento que hayan recibido hasta ese momento, por ejemplo la altura de la cual hayan caído, el método de carga y descarga, y las demoras entre la cosecha y el transporte a la planta. Las condiciones en las cuales se encuentren los racimos, por consiguiente, no serán las mismas en que se encontraban en el momento de la cosecha, lo cual debe tenerse en cuenta al evaluar los resultados de la madurez de la fruta en particular.

LA OBTENCION DEL ACEITE DE PALMA EN RELACION CON EL CONTROL DE PROCESO Y CALIDAD

Para alcanzar los objetivos globales es aconsejable dividir el proceso en etapas y definir el objetivo de cada una de ellas. Así mismo, es importante y de utilidad para la administración de la planta, definir las diversas pruebas, observaciones y registros de cada etapa.

1. Esterilización

Los objetivos de la esterilización son los siguientes:

- a) Evitar posibles aumentos de los ácidos grasos libres
- b) Facilitar la separación mecánica para aflojar la fruta que *aún* se encuentre pegada al racimo
- c) Preparar el mesocarpio para la prensa subsiguiente
- d) Acondicionar las nueces para romperlas

El método de esterilización consiste simplemente en cocinar los racimos y la fruta suelta al vapor, a una presión de 276 kPa. Generalmente esto se hace durante una hora, pero el tiempo puede variar ligeramente, según las condiciones de la fruta y la disponibilidad de vapor.

El aire es un mal conductor de calor. Por lo tanto, es necesario retirar del esterilizador la mayor cantidad de aire posible. Para hacerlo, la mayoría de las plantas llevan a cabo la esterilización utilizando ciclos pico dobles o triples. Los primeros dos picos son básicamente para retirar el aire atrapado en el contenedor.

La eficiencia de la esterilización se mide con las siguientes observaciones y pruebas:

- a) Las pérdidas de aceite en el condensado del esterilizador
- b) Las pérdidas de aceite en los raquis de los racimos
- c) Los racimos duros y sin separar

Pérdida del aceite en el condensado del esterilizador. La pérdida de aceite en el condensado es una pérdida conocida, mas no registrada. El muestreo de partes representativas del condensado es bastante difícil debido a la amplia variedad del aceite y al volumen de la descarga del mismo. Sin embargo, las muestras que se toman durante la última evacuación de agua dan una idea de la pérdida de aceite en la condensación.

Algunas fábricas han instalado colectores de aceite separados para el condensado del esterilizador. El volumen de aceite que se recoja en estos colectores puede constituir una guía útil en cuanto a pérdidas. El aceite que se recupere de los colectores no debe añadirse al proceso, por su mala calidad, especialmente en lo que se refiere a un alto contenido de hierro y de ácidos grasos libres.

Pérdida de aceite en los raquis. La cantidad de aceite que se pega al raquis del racimo indica la cantidad de aceite que sale de la fruta durante lo siguiente:

- El proceso de esterilización, especialmente durante las últimas etapas del período de espera
- La demora entre la esterilización y la separación
- El proceso de separación

Racimos duros y sin separar. A medida que los racimos limpios van saliendo del tambor separador, algunos de ellos presentan restos de fruta aún adherida a ellos. A éstos se les conoce como racimos duros sin separar. Los racimos duros son aquellos que tienen frutas fuertemente adheridas. Normalmente, estos racimos tienen más de la mitad de la fruta original. Los racimos sin separar son los que aún tienen unas pocas frutas que pueden retirarse manualmente.

Tanto a los racimos duros como a los racimos sin separar se les debe retirar la fruta y volverla a esterilizar. En caso de que el porcentaje de éstos sea demasiado alto y el inspector de raquis no pueda manejarlos, los racimos se fugan hacia el incinerador. Esta es una pérdida conocida aunque no regis-

trada de la planta, ya que el porcentaje de pérdida generalmente es bajo y es difícil determinar en forma exacta la magnitud de las pérdidas. Por lo general se tiene el cuidado de asegurar una esterilización y separación adecuadas, con el objeto de mantener las pérdidas a un nivel mínimo.

2. Calidad de los racimos de fruta fresca recibidos en la planta

Dentro del mismo tema de la esterilización, la verificación de la madurez que se lleve a cabo en la rampa de descarga constituye una guía útil, en cuanto a los métodos de esterilización que se deben emplear en la planta. El 70 u 80% de los racimos que llegan a ella deben estar en el nivel adecuado de madurez o dentro de esta categoría. Si existen variaciones muy marcadas en la calidad de la fruta, por ejemplo si el 40% está lo suficientemente maduro y otro 40% está demasiado maduro o podrido, la administración tendrá problemas en lograr un mínimo de pérdidas durante la esterilización, sea en el condensado o en los racimos duros.

Los racimos duros son consecuencia de cortar muchos racimos verdes en el campo.

Así mismo, al volver a esterilizar los racimos duros se presentan más pérdidas, debido a que las frutas ya se habían roto durante la primera esterilización. Por lo tanto, es importante mantener en un mínimo el volumen de racimos duros reesterilizados.

3. Separación o desgrane

El objeto de la separación es apartar la fruta esterilizada (junto con sus hojas) de los raquis esterilizados. Usualmente los raquis se incineran y producen una ceniza que puede emplearse como fertilizante de potasa.

Si la alimentación del separador es irregular puede ocasionar un aumento, tanto del aceite que absorben los raquis como de la cantidad de fruta que sale con ellos. Esta pérdida adicional se presenta durante el período de sobrecarga, cuando los racimos pueden tomar más tiempo en llegar al separador. La necesidad de que el proceso de separación sea adecuado se hace más patente en las plantas modernas donde el volumen de entrada de fruta es tan alto que sería impráctico revisar cada uno de los raquis que salen de la máquina antes de desecharlos. La regularidad de la alimentación del separador se facilita en la planta moderna empleando un alimentador de racimos. La velocidad del ali-

mentador se ajusta de tal manera que las calderas de fruta se mantengan siempre llenas y que haya un reciclamiento de sobrantes de fruta separada. Esta velocidad puede regularse automáticamente acoplado un instrumento eléctrico sensor del nivel de la caldera de la fruta al alimentador de la misma.

La mayor parte de las plantas ha instalado sifones para fruta suelta antes de que los racimos pasen al tambor de separación. Así, la fruta suelta pasa al sifón antes de llegar al tambor, para evitar que se golpee contra los tallos, lo cual ocasionaría mayores pérdidas de aceite. La mayoría de los tambores de separación cuenta con lo que se llama hileras de dientes o espigones que están colocados de tal forma que aseguran una mayor eficiencia del proceso de separación.

4. Digestión

Los digestores de la fruta de la palma son vasijas dentro de las cuales se revuelve y se calienta la fruta, y se deja en las condiciones necesarias para pasar a la prensa. Es importante mantener los digestores siempre llenos, con el objeto de asegurarse de que la fruta esté dentro de la vasija el mayor tiempo posible para obtener mejores resultados al revolverla.

Los digestores tienen un eje rotativo vertical, con brazos de dirección, cuyo objeto es revolver y frotar la fruta, aflojando el mesocarpio de la nuez y abriendo simultáneamente tantas células de aceite como sea posible.

Los factores que ocasionan la mala digestión son:

- a) Suministrar calor insuficiente en forma de vapor para aumentar la temperatura de la fruta digerida a 100°C.
- b) Colocar brazos de dirección que no sean lo suficientemente largos para formar una capa de material seco en la pared del digestor.
- c) Alinear los brazos de dirección en forma tal que no den a la fruta un movimiento ascendente y descendente cuando pasa el brazo.
- d) Practicar un drenaje inadecuado del aceite de los digestores, como sucede cuando se utilizan digestores inferiores perforados.
- e) No controlar el nivel del digestor.

5. Extracción

Después de someter la fruta a la esterilización y digestión adecuadas, la extracción del aceite en la prensa (prensa de tornillo) alcanzará óptimos resultados.

Para el caso de la palma de aceite pueden existir diferentes tipos de prensas de tornillo, pero su funcionamiento y métodos de control son **muy** similares.

Los siguientes métodos de observación y medidas de control son aplicables cuando se emplean prensas de tornillo:

- a) Los procedimientos adecuados de esterilización y digestión son condición básica para la extracción del aceite en la prensa.
- b) Durante el mantenimiento, es importante verificar el estado de los tornillos para asegurarse de que no estén desgastados.
- c) Verificar el estado de las jaulas de la prensa para que no estén desgastadas.
- d) Ajuste de los conos - con el objeto de asegurar el control automático dentro de los límites existentes.
- e) Es importante verificar las tasas de entrada a la prensa, llevando un registro diario de las horas de funcionamiento de las prensas.
- f) Extracción de aceite de la fibra de la prensa - las muestras de fibra de la prensa que se tomen cada hora o cada media hora no deben tener un contenido de aceite superior a 7 o 9%.
- g) Rompimiento de la nuez - el porcentaje de nueces sueltas, en relación con el total de éstas debe mantenerse en un nivel de 6 a 9%.
- h) Detener y poner en funcionamiento la prensa continuamente puede ocasionar grandes pérdidas de aceite. Dentro de lo posible, debe mantenerse la prensa en funcionamiento continuo, sin pararla.
- i) Es importante intentar mantener una alimentación adecuada y continua de frutas digeridas de las calderas a la prensa.

6. Clarificación

Por lo general el aceite crudo proveniente de la prensa se diluye en ella o después de la extracción, en el tanque de aceite crudo. Hasta cierto punto, ya en la prensa hay una dilución que resulta en el aumento de la entrada a ésta, y el aceite crudo sale bien homogenizado, para proceder a la subsiguiente separación en el tanque continuo de sedimentación.

a) Dilución del **Aceite Crudo**

La composición del aceite crudo de la prensa de tornillo es más o menos la siguiente:

Aceite	66%
Agua	24%
NOS	10%

En esta composición, el aceite crudo es muy viscoso y por lo tanto es esencial añadir la suficiente cantidad de agua en la dilución, con el objeto de obtener la adecuada sedimentación del aceite del ceno. Como se describe arriba, la dilución se da durante el proceso de compresión.

Al hacer un experimento, añadiendo agua al aceite crudo, se demostró que hasta llegar a una dilución del 50%. se presentaba un aumento de la viscosidad; sin embargo, al sobrepasar este punto, la viscosidad disminuía hasta llegar a un 100% de dilución. Al seguir aumentando el punto de dilución, la viscosidad seguía disminuyendo, aunque no en forma tan notoria.

Basados en los resultados de este experimento, se decidió fijar un punto de dilución que estuviera entre el 50 y el 100%. Se encontró que una dilución entre el 60 y el 70% era adecuada para nuestros tanques de sedimentación. No es recomendable una dilución de más del 100%, por cuanto el tamaño de la planta de aclarado debe ser mayor y el volumen de las pérdidas de aceite puede aumentar.

Normalmente, la dilución en la prensa se verifica cuidadosamente cada hora, para asegurarse de que el aceite crudo que pasa al tanque continuo de sedimentación sea en todo momento uniforme. El control de la dilución en el proceso de clarificación es esencial para el buen funcionamiento del tanque continuo de sedimentación. Para facilidad de medida, la dilución dada se mide por la cantidad de aceite en el aceite crudo diluido (asumiendo que el

aceite* crudo contiene alrededor de un 65% de aceite limpio). Para obtener una dilución del 70% del aceite crudo, el contenido de aceite en éste debe ser del 39.6%.

% dilución por volumen de aceite crudo	% aproximado de aceite por volumen en aceite crudo diluido
0	67.3
50	44.9
60	43.5
70	39.6
80	37.4
90	35.4
100	33.6

La tabla anterior se calcula asumiendo que el aceite crudo diluido tiene 65% por peso de aceite.

La prueba sencilla de centrifugación, que da el contenido de aceite por volumen de aceite crudo es de gran valor para asegurar la obtención de un aceite crudo diluido homogéneo y uniforme, que pasa al tanque continuo de sedimentación. La prueba de centrifugación también se puede aplicar al examen del sedimento y el aceite superior del tanque continuo de sedimentación.

b) Sedimento sin arena

El sedimento del tanque continuo pasa a un tanque de sedimento y luego al hidrociclón de extracción de arena y al tamiz vibrador de sedimento (o tamiz rotativo de sedimento).

El propósito del desarenador es reducir el contenido de arena del sedimento a un nivel mínimo, para minimizar el desgaste de la centrifuga y el bloqueo de las boquillas. En la práctica, se considera aceptable que el contenido de arena se reduzca a 0.04 o 0.06%.

c) Sección de Purificación

El aceite que se separa en el tanque continuo de sedimentación pasa a un precalentador de aceite de palma, para asegurar que la temperatura del aceite sea lo suficientemente alta para la centrifuga y el deshidratador de vacío.

Por lo general se toman muestras durante las diversas etapas de la sección de purificación para verificar el contenido de humedad. La humedad final del aceite producido debe mantenerse entre 0.10 y 0.25%.

Se ha encontrado que cuando la humedad del aceite producido es demasiado baja, puede representar un mayor riesgo de oxidación en los tanques de almacenamiento. Si la humedad del aceite sobrepasa el nivel de 0.25%, podría ocasionar la sedimentación de agua en los tanques de almacenamiento, lo cual crearía problemas con la formación de ácidos grasos libres, debido a la hidrólisis. El alto contenido de humedad también hace que los ácidos grasos aumenten más rápidamente durante los viajes, especialmente a ultramar, los cuales normalmente tardan dos meses hasta llegar al comprador final.

El contenido de impurezas del aceite, de palma durante la producción debe mantenerse dentro del 0.02 y 0.04%.

d) Clarificación del Aceite de Palma empleando Decantadores

Ultimamente se han venido utilizando decantadores en el proceso de clarificación del aceite de palma, para separar los materiales sólidos gruesos directamente del aceite crudo sin diluir. El aceite y los sólidos más livianos se pasan a los tanques corrientes de sedimentación y a la centrífuga. Estos decantadores pueden reducir el volumen de efluente del proceso de clarificación del aceite, al igual que se ha observado una reducción de las pérdidas.

Hoy en día, en las plantaciones de Pamol, se están utilizando activamente los decantadores como máquinas de tres etapas, para separar el aceite crudo sin diluir, obteniendo aceite limpio, excedentes de agua y sólidos. Si este sistema de decantadores tiene éxito, nos permitirá abolir los tanques continuos de sedimentación, las centrífugas, y las bombas y calentadores asociados al proceso. Este sistema puede ser más fácil de manejar y podría disminuir el problema de los efluentes.

7. Tanques de Producción y Almacenamiento

Después de que el aceite pasa por el deshidratador y el enfriador, va a un tanque de producción. Este tanque recibe únicamente la producción de cada día. El aceite se mide a la mañana siguiente, para determinar el peso del aceite que se produce. Se toman muestras del aceite para verificar los ácidos grasos libres, la humedad, las impurezas, el valor del peróxido, la capacidad de blanqueo, etc. Después de tomar las muestras, el aceite pasa a un tanque de almacenamiento, donde se almacena antes de ser despachado al comprador.

El tanque de almacenamiento se ensucia con el agua y las impurezas que quedan en el fondo. Por lo general, se aconseja que los tanques se limpien periódicamente para que haya un mínimo de deterioro de la calidad durante el almacenamiento.

8. Planta de Extracción del Palmiste

La torta que sale de la prensa pasa a un separador nuez/fibra, en donde la fibra se separa de la nuez.

a) Separador nuez/fibra, Tamiz pulidor

Los pasos preliminares esenciales para una óptima separación de la nuez y la fibra son:

- i) Esterilización, digestión y compresión adecuadas para asegurar que la fruta esté bien cocida y que los pericarpios se separen de las nueces y se conviertan en pulpa, y que la pulpa esté desaceitada y deshidratada, para obtener una fibra relativamente seca.
- ii) El rompimiento adecuado de la torta y la separación de la fibra de la nuez, por medio de una banda de ruptura de la torta.

En la actualidad los separadores de nuez y fibra que se utilizan más comúnmente en las plantas de aceite de palma son los de tipo columna vertical, a través de los cuales pasa un flujo de aire ascendente a una velocidad tal que toda la fibra sube. Las nueces caen al fondo de la columna separadora, directamente a una banda de tornillo que las pasa al tambor pulidor.

Las nueces, especialmente las que se rompen en la prensa, tienden a perderse en la fibra. Por lo tanto, es importante tomar muestras para asegurarse de que sean pocas las nueces que se pasen a la fibra.

Existen ajustes para evitar las pérdidas excesivas de nueces en la fibra, y éstos se pueden emplear a veces para mantener las pérdidas en un nivel mínimo.

Las nueces que pasan al tamiz pulidor rotativo se deshacen de la fibra que aún se adhiere a ellas antes de pasar al silo o tolva, en donde se almacenan hasta que se abren.

b) Acondicionamiento de las nueces en el Silo

Antes de romper las nueces, éstas se almacenan en silos durante un período de 24 horas o más. Du-

rante este tiempo, las nueces se enfrían y se secan un poco.

Por lo general, los silos se mantienen llenos para que haya un mayor tiempo de acondicionamiento.

La extracción de las nueces del silo debe hacerse en forma uniforme, para asegurar que las nueces pasen por el silo en el mismo número de horas de procesamiento y para que las nueces que están en el centro no pasen más rápido que las que están cerca de la pared.

Si el tiempo de acondicionamiento de la nuez es excesivo, puede resecarse el palmiste, lo cual daría lugar al rompimiento excesivo de la nuez durante el cascado o a la formación de moho en las nueces rotas durante la compresión.

Como se dijo anteriormente, la esterilización adecuada es un requisito básico para que el acondicionamiento y rompimiento de las nueces sea adecuado.

c) Fraccionamiento de la nuez

Si el acondicionamiento de la nuez ha sido apropiado, la cascara se rompe limpiamente en uno o más pedazos y cuando se golpea con la suficiente fuerza, saldrá el palmiste.

Las máquinas de fraccionamiento de las nueces son casi siempre del tipo centrífugo, en el cual se da velocidad a la nuez al alimentarla con un rotor y se rompe al arrojarla contra un anillo estator. Es obvio que el porcentaje de fraccionamientos aumentará al aumentar la velocidad del rotor e igualmente obvio que el porcentaje de palmistes rotos también aumentará si la velocidad del rotor es excesiva. Es importante establecer un punto de equilibrio y la velocidad del rotor debe limitarse a aquella que produzca un fraccionamiento adecuado sin ocasionar roturas innecesarias del palmiste.

Un alto porcentaje de palmistes rotos ocasiona la formación de moho y el aumento rápido de los ácidos grasos libres.

Además, la velocidad excesiva de los fraccionadores ocasionará un aumento del polvo de palmiste, que se escapará con el soplado de la mezcla fraccionada.

Es importante tomar muestras del polvo del ciclón para verificar el total del palmiste perdido y esta-

blecer el porcentaje de polvo del ciclón en relación con el total de las cascara del palmiste.

d) Separación de las nueces no fraccionadas

Cuando las nueces pasan por el fraccionador, una porción de ellas no se rompe en la primera pasada y, por consiguiente, es necesario separarlas del palmiste, de los pedazos de cascara y de las nueces recicladas.

Existen dos enfoques diferentes para afrontar este problema:

- i) Utilizar un tamiz rotativo cuyos orificios sean lo suficientemente grandes que permitan el paso del palmiste y de los trozos de cascara a través de él. Las nueces sin fraccionar pasan al final del tamiz para ser fraccionadas nuevamente.
- ii) Utilizar tamices que clasifiquen la nuez en varias (tres por lo general) categorías de tamaño antes de romperlas y luego fraccionar cada categoría con su propio fraccionador, seguidos por un tamiz que mezcle las nueces fraccionadas, cuyos orificios sean adecuados para cada categoría.

El sistema (i) funcionaría perfectamente si el tamaño de las nueces fuese idéntico. El sistema (ii) podría ser necesario en caso de que hubiese marcas variaciones de tamaño y diámetro.

e) Separación de la almendra y la cascara

La cascara tiene una densidad un poco mayor que la del palmiste. El separador de baño de arcilla o salmuera hace uso de esta diferencia. El separador hidrociclónico es una máquina más moderna, en la cual el flujo de agua separa los dos componentes de diferente densidad mediante acción centrífuga.

En la mayoría de las plantas de aceite de palma los separadores hidrociclónicos son comunes.

Cuando se emplea el sistema hidrociclónico es necesario observar y hacer las siguientes pruebas, con el fin de asegurar máxima eficiencia durante la operación.

- i) Tasa de flujo de la nuez - Mantenerla y evitar las fluctuaciones.
- ji) Velocidad del fraccionador - Debe ajustarse para evitar la mayor parte de las nueces sin fraccionar y el rompimiento del palmiste.

iii) Hidrociclón de palmiste y cascara - Debe mantenerse la presión de la bomba en un nivel dado. Es necesario verificar el cono del hidrociclón semanalmente para detectar desgastes.

iv) Ex hidrociclón de palmiste - Debe tomarse una muestra cada hora para analizarla y detectar palmistes rotos e impurezas.

v) Ex hidrociclón de la cascara - Debe tomarse una muestra cada hora para detectar nueces partidas, nueces enteras y palmistes. La relación de cascara que salen con el total de las cascara de las nueces debe tomarse semanalmente.

vi) C.M. Blowings - Tomar muestras cada hora y analizarlas para detectar pérdidas de palmiste.

f) Secador de palmiste

El palmiste que pasa por el hidrociclón tendrá un contenido de humedad del 20%. Por consiguiente, es necesario secarlo hasta que alcance una humedad del 7 al 8% para almacenamiento y despacho. Si la humedad es mayor, se presenta formación de moho y aumento rápido de los ácidos grasos libres del palmiste durante su almacenamiento.

El buen funcionamiento del secador de palmiste debe verificarse sobre las siguientes bases:

- i) El secador de palmiste debe mantenerse lleno para asegurar máxima capacidad y tiempo de calentamiento.
- ii) Debe haber un flujo constante de aire caliente para asegurar el secado uniforme del palmiste.
- iii) Los radiadores del secador de palmiste deben limpiarse a diario para evitar bloqueos, etc.
- iv) Debe verificarse la tasa de retiro de palmiste diariamente.
- v) Normalmente, la parte superior del secador debe tener la temperatura más alta, seguida por la parte intermedia de temperatura media y la parte inferior, con la temperatura más baja.
- vi) Siempre es más aconsejable utilizar temperaturas más bajas y aumentar el tiempo de secado en el secador, que utilizar altas temperaturas y reducir el tiempo de secado.

g) Precalentador del palmiste

Recientemente se comprobó, mediante investigaciones realizadas por el Profesor Larsin y la señorita Jacobsberg en Bruselas, que el palmiste que se produce (después del secado) puede tener los áci-

dos grasos libres bien estabilizados si se le somete a esterilización de vapor por un período de dos o tres minutos, seguida por secado de aire caliente.

Antes de que el palmiste pase al secador, se coloca un precalentador que esteriliza y un tambor rotativo en el cual se seca rápidamente.

Este equipo mantiene los ácidos grasos libres a un nivel inferior al 2% para almacenamiento de seis meses.

9. Tasa de compresión y factores de utilización

Es importante registrar detalladamente el tiempo perdido durante la molienda. Esto permite hacer un cálculo del efecto de ésta y otras diferencias entre la tasa de compresión real y la nominal dentro del contexto global de la tasa global de la molienda, comparada con la tasa que de lo contrario existiría.

a) Tasa de compresión

Sería interesante calcular la tasa de molienda por prensa, lo cual requiere llevar un registro de las horas reales de compresión de cada prensa por un período de tiempo dado, por ejemplo un mes. Dividiendo el tonelaje de racimos molidos durante este período por el total de horas reales de todas las prensas, se obtiene el porcentaje de toneladas de racimos extraídas por prensa por hora real de extracción.

Sin embargo, esto no daría las tasas individuales de extracción para cada prensa por separado. En caso de ser necesario hacerlo, se puede lograr tomando medidas especiales de la descarga de torta de la prensa y pesando la torta por un número dado de minutos.

Así, por ejemplo, si la producción de torta medida de una de las prensas fuese 7.35 Kg. por minuto y el porcentaje de nueces a torta fuese 47.62% y el de nueces a racimo 14.00%, la tasa promedio de extracción para esa prensa sería la siguiente:

$$\frac{7.35}{100} \times 60 \times \frac{47.62}{100} \times \frac{100}{14} = 15.0 \text{ toneladas de racimos por hora}$$

Teniendo en cuenta que la tasa de la molienda dependerá no solamente de la tasa real de extracción sino también del tiempo perdido, la primera se registra separadamente para cada prensa. Las horas perdidas se subdividen en las siguientes categorías:

- i) Las horas perdidas debido a daños de la prensa o la caldera. En caso de que sea necesario detener una prensa una vez que comienza el proceso, debido a fallas en la prensa en sí o en la caldera, es importante registrar el tiempo perdido. Solamente debe tenerse en cuenta el tiempo perdido que no entre dentro de los cálculos. Si, por ejemplo, un día no se utiliza la prensa (o parte del día) porque estaba programado no hacerlo durante ese período, esto no se considera tiempo perdido.
- ii) Las horas perdidas debido a otras fallas mecánicas. Dichas fallas probablemente afectarían la operación de más de una prensa a la vez. De ser así, es necesario registrar las horas perdidas por cada prensa que de no existir el daño, estarían funcionando.
- iii) Las horas perdidas debido a demoras en la entrega de los racimos de fruta fresca. Es decir, cualquier detención, una vez comenzado el proceso de compresión en la fábrica y antes de terminar el día, que puedan ser ocasionadas por demoras en la entrega de la fruta fresca.
- iv) Horas perdidas debido a demoras en el recibo de racimos esterilizados. Algunas veces sucede que la tasa de extracción sobrepasa ligeramente la tasa de esterilización. De ser así, es común tener reservas de racimos esterilizados el día anterior para asegurar la alimentación continua de las prensas. Si se terminan las existencias o sucede algo que demore la esterilización, debe registrarse este tiempo como horas perdidas ocasionadas por el recibo de racimos esterilizados.

Si se suma el total del tiempo perdido para cada prensa a las horas reales de extracción, el resultado se denomina las horas potenciales de extracción para cada prensa.

b) Factores de utilización

Se puede utilizar las cifras anteriores para computar los factores de utilización de la planta.

- i) Factor A - porcentaje real a tasa nominal de extracción.
- ii) Factor B - porcentaje real a horas potenciales de extracción.
- iii) Factor C - porcentaje real a tonelaje potencial de extracción.

iv) Factor D - porcentaje real de tonelaje por mes a tonelaje potencial en 400 horas de prensa.

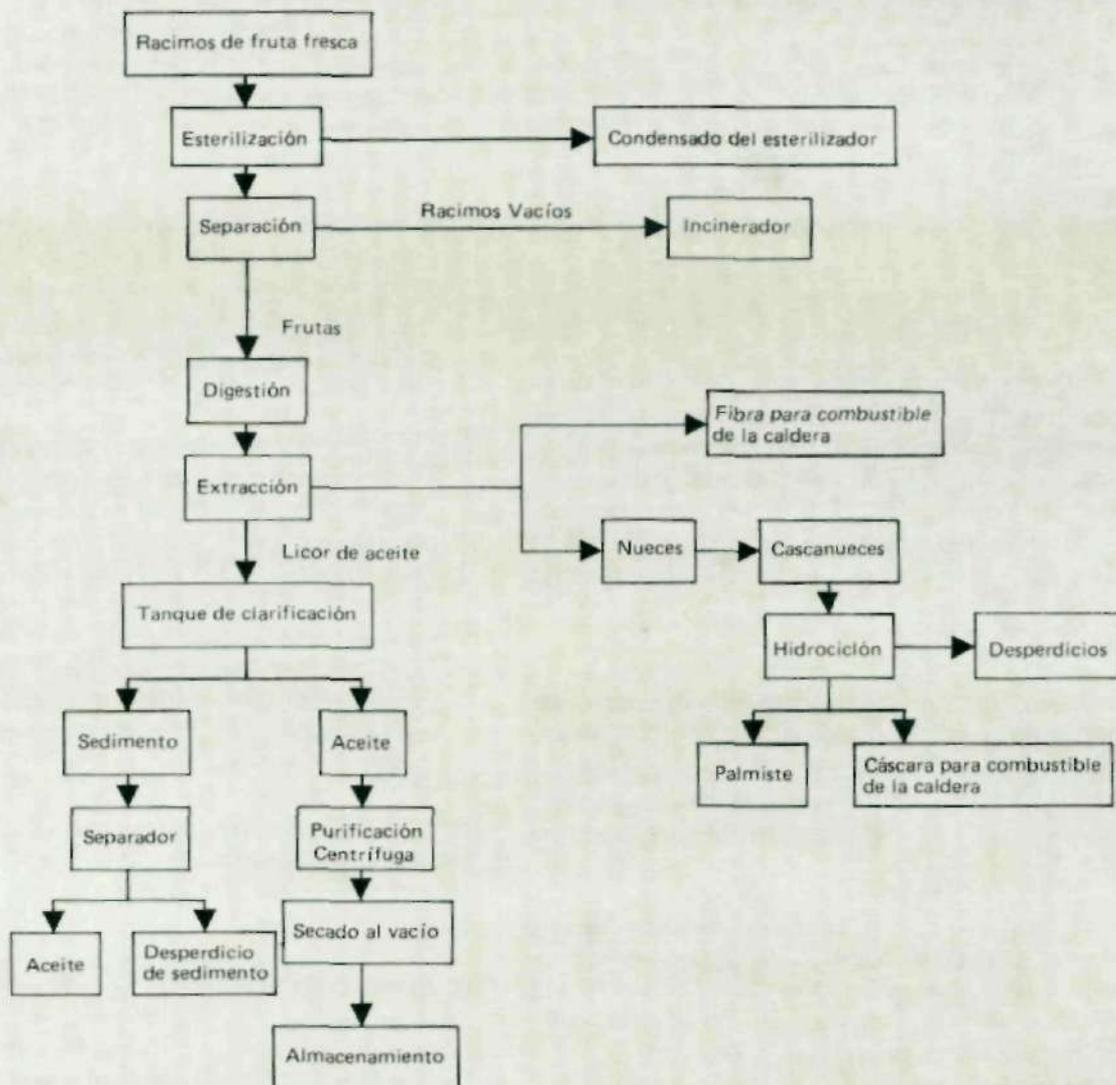
10. Exactitud de presión, medidores de temperatura y calibradores

Las inexactitudes de los medidores de temperatura y presión y de los calibradores ocasionan ineficiencia en la planta. Es importante verificar mensualmente todos los equipos básicos de medición de

temperatura y presión, con el objeto de que los operarios **no** se vean perjudicados por las fallas del equipo. Esto se puede hacer tomando temperaturas con termómetros de laboratorio. Los calibradores de la presión pueden examinarse mensualmente en el taller.

11. Resumen mensual del Proceso

En el Apéndice 1 aparece una copia del resumen mensual del proceso.



GRAFICA 1. PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE PALMA

APENDICE 1.

