

Proceso mejorado de esterilización para aumentar la tasa de extracción de aceite de palma

An improved sterilization process to increase palm oil extraction rate

Autor



Abdul Azis Ariffin, Ph. D.
Universidad de Putra (Malasia)
abdulazis@putra.upm.edu.my

Palabras clave

Tasa de extracción de aceite (tea),
esterilización, esterilización continua

Oil Extraction Ram (oer),
sterilization, continuous sterilization



Resumen

Tras décadas de progreso en la industria de la palma, se han visto sólo muy pocos cambios en el objetivo final de los molineros: una alta tasa de extracción de aceite (tea). La tea permanece entre un 21 a 22%. Sin duda hay algunos países que exceden esta tasa, que está establecida en un 24%. La Pisífera con aceite que exhibe altos valores de iodina (IV) tiene un menor contenido de aproximadamente 17% por racimo. Mientras que la Dura presenta un bajo porcentaje de mesocarpio a almendras. Es su cruce lo que culmina en la actual Ténera, con una proporción de aceite por racimo de entre 28 y 30%. La morfología de la fruta fresca del racimo de palma (rff) desecha técnicas de extracción de secantes y solventes para obtener el aceite. El actual proceso de extracción incluye la esterilización de rff, la clarificación y purificación del crudo para dar como resultado estancias de aceite de palma crudo (apc). Los valores de la tea dependen de los frutos. La esterilización determina la parte de frutos de la rff y condiciona los frutos desprendidos. Se han intentado varios métodos para soltar todos los frutos de los racimos para asegurarse de que las fibras de los frutos frescos tengan el mínimo contenido de aceite. También se han hecho cambios para acelerar las actividades de esterilización y para tener una mejor provisión para los frutos cocinados para los siguientes pasos de recuperación del aceite. La tecnología de esterilización horizontal no había cambiado en muchos años hasta muy recientemente con la incorporación de procesos de esterilización continua y los montajes de esterilizadores verticales y esféricos. Este ensayo pretende explorar factores para diferenciar la efectividad de las técnicas de esterilización y determinar factores que afecten la tea.

Abstract

Decades of progress in the palm oil industry sees very little changes in the actual miller's main objective; high oil extraction rate (oer). oer hovers around 21 to 22%. Undoubtedly some countries do exceed this rate, which is established at 24%. Pisifera with oil exhibiting high iodine value (iv) has the lowest oil to bunch ratio, approximately 17%, while Dura exhibits low mesocarp to nut ratio. Their cross, the current Tenera, has an oil to bunch ratio of between 28 and 30%. The morphology of the fresh fruit bunch (ffb) does not admit oil extraction techniques using dryers and solvents. The current milling process involving ffb sterilization, clarification and purification to obtain crude palm oil (cpo). oer values are dependent on the fruits. Sterilization determines the part of the fruit in bunches and conditions the detached fruits. Several bunch stripping methods have been tried to ensure that fresh fruit fibers have the least oil content. Changes have also been made to speed up the sterilization process and to have better cooked fruits for the subsequent oil recovery steps. The "horizontal" sterilizer technology has been left unchanged for years until very recently, with the incorporation of continuous sterilization processes and vertical and spherical sterilizer set-ups. This paper attempts to explore factors to differentiate the effectiveness of the sterilization techniques and determine factors affecting the oer.



Introducción

El aceite de palma crudo se obtiene industrialmente a partir de los racimos de fruta fresca, mediante una técnica de procesamiento utilizada desde hace aproximadamente 60 años. Mientras que el aceite de soya se puede extraer únicamente utilizando solvente hexano, en los frutos de la palma el proceso es diferente. La pulpa o mesocarpio, de donde se obtiene el apc, contiene aproximadamente 35% de aceite. Sin embargo, la morfología del mesocarpio no permite la utilización de hexano para su extracción. Los racimos de palma deben ser cocidos al vapor para separar los frutos. Luego, el aceite es físicamente extraído a presión. La semilla de soya, un cotiledón con muchas células llenas de aceite y sin fibra, contiene únicamente entre el 12 y el 15% de aceite, pero el sistema de extracción por medio de solvente permite la recuperación del 99% del aceite.

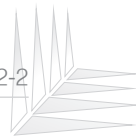
La tasa nacional promedio de extracción de aceite en Malasia es del 20%. En Indonesia es del 22%. Tailandia escasamente llega al 18% y en otros países oscila entre el 18 y el 22%. La proporción aceite/racimo fluctúa entre 25 y 30%. El porcentaje de pérdida que se atribuye a la tecnología actualmente utilizada en las plantas de beneficio es bastante significativo. Las plantas de beneficio en todos los países tienen

un diseño similar, con capacidad de procesamiento entre 30 y 90 toneladas/hora.

El procesamiento se divide en: (1) preparación para separación de los frutos; (2) extracción para recuperar el aceite de los frutos y (3) purificación para eliminar las impurezas del aceite de palma. La esterilización debe reunir la cantidad óptima de frutos sueltos para que maximicen la liberación de aceite del mesocarpio. Esto sucede únicamente cuando todos los frutos esterilizados se han separado del racimo y cuando la cantidad de agua es todavía alta.

Entender la estructura y composición de los aceites y grasas permite producir numerosos derivados del aceite tanto comestibles como no comestibles. Todos los aceites en estado líquido, aún en ambientes fríos, contienen altas proporciones de ácidos grasos no saturados. Las proteínas, parte esencial de células y tejidos, también existen como enzimas o catalizadores orgánicos de las actividades bioquímicas dentro de los sistemas vivientes.

Las enzimas son necesarias para la síntesis y degradación de los azúcares, aceites e inclusive proteínas. Los carbohidratos presentan funciones similares y forman la auténtica envoltura de las células, que a su vez contienen los glóbulos de aceite. La envoltura celular es alfa celulosa, un carbohidrato muy estable químicamente.



La morfología de los racimos de fruta fresca de palma de aceite no permite el uso de técnicas de extracción de aceite por solvente. En todos los casos, la esterilización continúa siendo la forma de procesamiento más usada.

La mayor parte de los pasos de procesamiento que incluyen la trituración de rff esterilizados, transporte al digestor, prensado de frutos para extracción, filtración y centrifugación para la recuperación del aceite son procesos muy físicos. La esterilización, en cambio, es prácticamente un proceso químico. Las cajas se llenan de racimos de fruta fresca, se colocan en el esterilizador, se cierran las puertas y se inyecta vapor.

El esterilizador es un contenedor de cierre automático que permite la retención de vapor a alta presión. Las ventajas de este proceso son:

1. Separación de los frutos del racimo.
2. Desactivación de la lipasa responsable de la acumulación de ácidos grasos libres.
3. Expansión de la cáscara o contracción de la almendra para su separación.

De esta manera se detiene la formación de ácidos grasos libres. Sin embargo, en las condiciones actuales en las que se realiza el proceso de esterilización no

conducen al desprendimiento completo de los frutos del racimo.

Curiosamente, en los racimos cocidos que resultan de las prácticas de esterilización que se utilizan hoy se observan algunas de las siguientes características crecimiento de los frutos:

1. Incidencia variable de frutos no desprendidos.
2. Pérdida excesiva de agua del racimo.
3. Generación de condensados de aceite en el esterilizador.

El oscurecimiento está ligado a la pérdida excesiva de agua de la superficie de los frutos debido a las fluctuaciones en la presión del vapor (Figura 1). Después de exprimir el aceite en la prensa los tejidos altamente lubricados de la fruta se purgan. La proporción aceite/fibra prensada tiende a ser más alta que el estándar industrial. Los frutos oscurecidos pueden continuar adheridos al racimo. Muy pocos intentos se han hecho para monitorear la cantidad de aceite que se pierde en razón a la incidencia de frutos no desprendidos del racimo.

Mills clasifica la cantidad de frutos no desprendidos del racimo en categorías A, B y C que indican, respectivamente, más del 75%, 50% ó 25% de frutos todavía pegados al racimo.

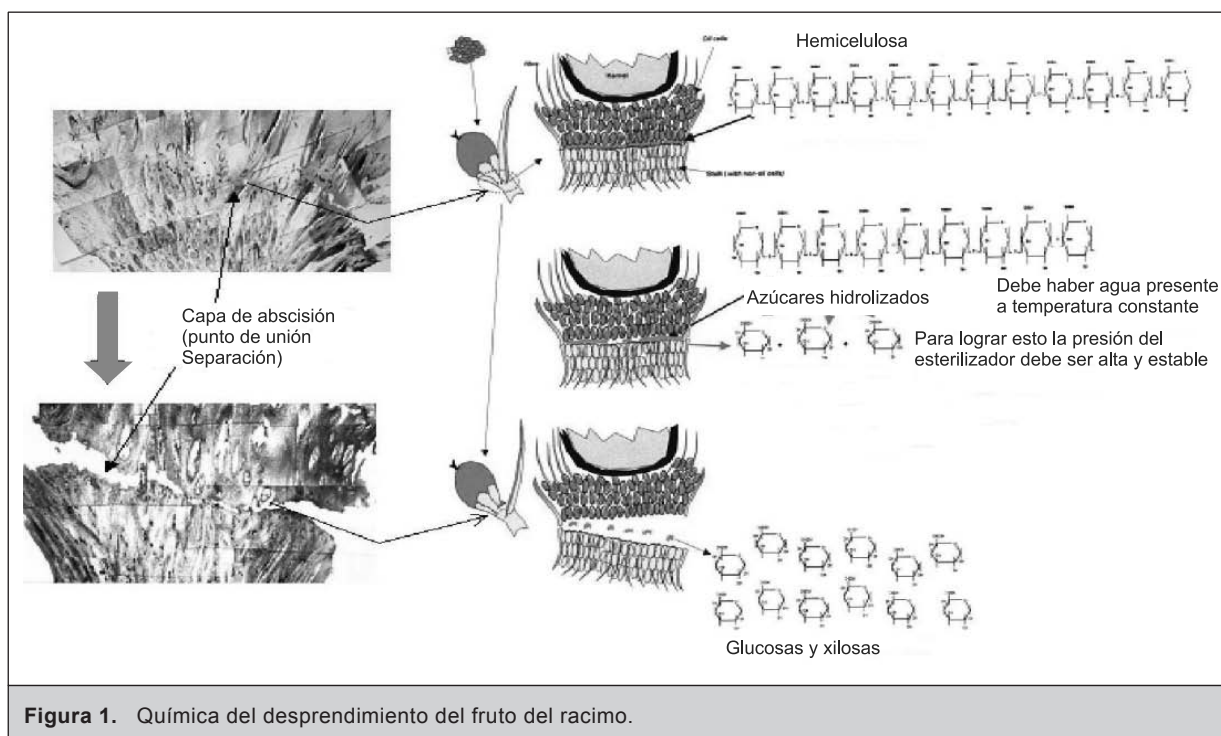


Figura 1. Química del desprendimiento del fruto del racimo.

Todas las plantas de beneficio poseen calderas, turbinas, máquinas y otros equipos para extraer el aceite de los racimos de fruta fresca.

Durante muchos años en las plantas de beneficio se ha procedido de la siguiente manera: se inyecta vapor a 35 – 45 psi del escape de la turbina, limitado a 50 psi, en 2,5 toneladas x 9 cajas de rff, en un contenedor cerrado a alta presión, de 1 a 1,5 horas.

Sin embargo, el porcentaje de frutos no desprendidos del racimo continúa fluctuando entre 1 y 20%. Si varios esterilizadores funcionan simultáneamente se afecta el mantenimiento, la intensidad y la estabilidad de la presión. Por tal razón se afirma que no existen dos condiciones de esterilización idénticas.

Los aspectos morfológicos de los frutos esterilizados varían de un color rojizo agradable a un color café oscuro o negro desagradable, de un mesocarpio de textura blanda a dura y de frutos secos a frutos aceitosos.

El complicado proceso, con el esterilizador convencional horizontal, incluye la colocación en cajas y posterior transporte al esterilizador de los racimos de fruta fresca, el retiro de las cajas del esterilizador y la descarga de los racimos ya esterilizados en el triturador. No obstante, este procedimiento, que se considera sucio y costoso, se ha venido reemplazando por la tecnología de esterilización continua que prescinde del uso de cajas. Las máquinas son buenas solo si los frutos de los racimos se desprenden en un ciento por ciento.

Racimos de fruta fresca

Cada célula del mesocarpio de la fruta madura lleva un cuerpo o glóbulo de aceite. Las numerosas células que conforman la matriz del mesocarpio de las frutas de la palma, *Elaeis guineensis*, están ligadas entre sí por otro carbohidrato homólogo o hemicelulosa menos estable. El endocarpio consta de la nuez (cáscara y almendra) que se encuentra dentro del mesocarpio. El fruto está adherido al racimo y el punto de unión se distingue por la capa de abscisión (Figura 1). La hemicelulosa une el fruto al tallo del racimo. El racimo de fruta fresca consta de espiguillas de frutos dispuestas en espiral sobre un tallo central y el de una palma madura contiene miles de frutos.

Las hemicelulosas son fácilmente hidrolizadas para formar monómeros de azúcar simple, glucosa, manosa, fructosa, galactosa, arabinosa y xilosa. La hidrólisis completa permite a las células existir como entidades libres intactas y garantiza el desprendimiento completo de los frutos del racimo (Azis, 1991).

El procesamiento de rff para la producción de aceite de palma crudo (apc) involucra esterilización para separar los frutos del racimo, prensa de tornillo mecánica para extraer el aceite de los frutos esterilizados y purificación del aceite. El producto final es apc.

Esterilización

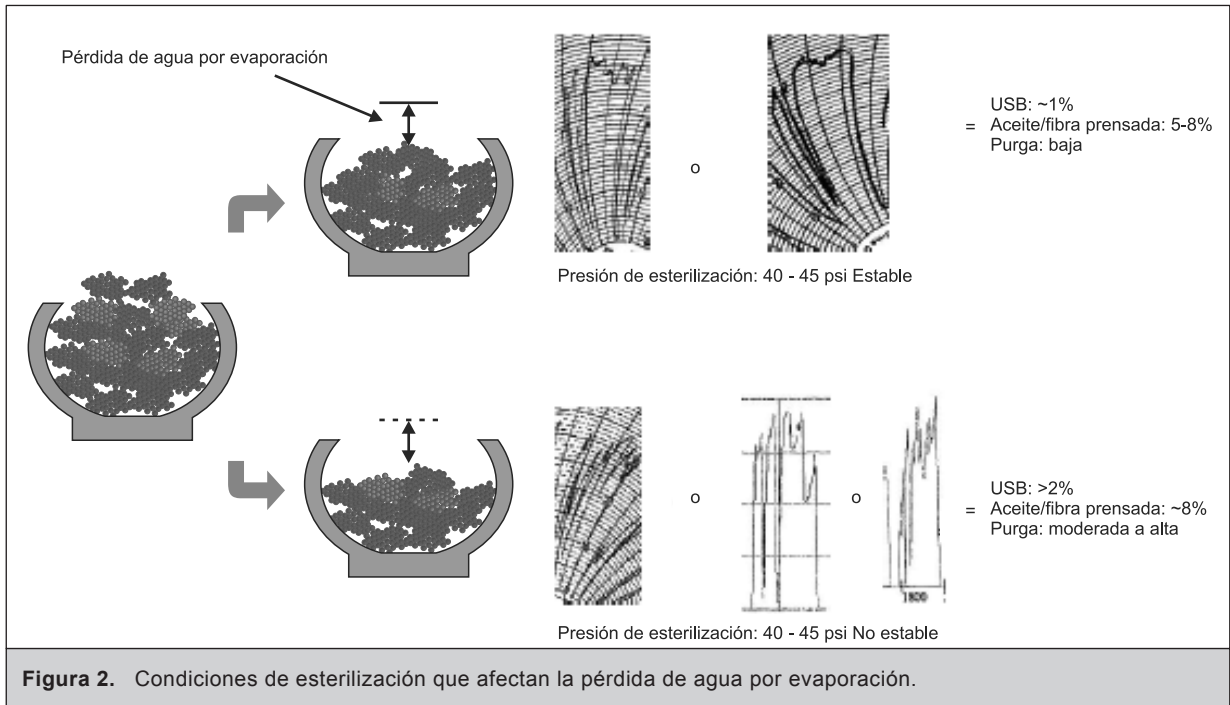
La esterilización es el paso más importante en el proceso de extracción de aceite. La alta temperatura y la presión de la esterilización determinan la formación de ácidos grasos libres en los frutos, ayudan a separar los frutos del racimo y causan contracciones de la almendra de la nuez.

El proceso de esterilización a alta temperatura produce cambios estructurales en los químicos. Las proteínas se desnaturalizan, mientras que los carbohidratos se acaramelan, se hidrolizan y/o deshidratan. El proceso de hidrólisis permite la separación de los frutos del racimo, lo que reafirma la necesidad de ajustar el proceso de esterilización a alta temperatura. La hidrólisis completa de los carbohidratos (hemicelulosas) significa la separación completa de los frutos del tallo del racimo. La inyección de vapor en el esterilizador únicamente conduce y transmite calor a los frutos. La hidrólisis es posible gracias a las moléculas de agua energizadas dentro de los frutos, es decir, son los catalizadores para la hidrólisis. Sin embargo, el calor hace que las moléculas de agua dentro del fruto se evaporen (Figura 2). Mientras mayor sea la pérdida por evaporación, menor es la hidrólisis.

Procesamiento

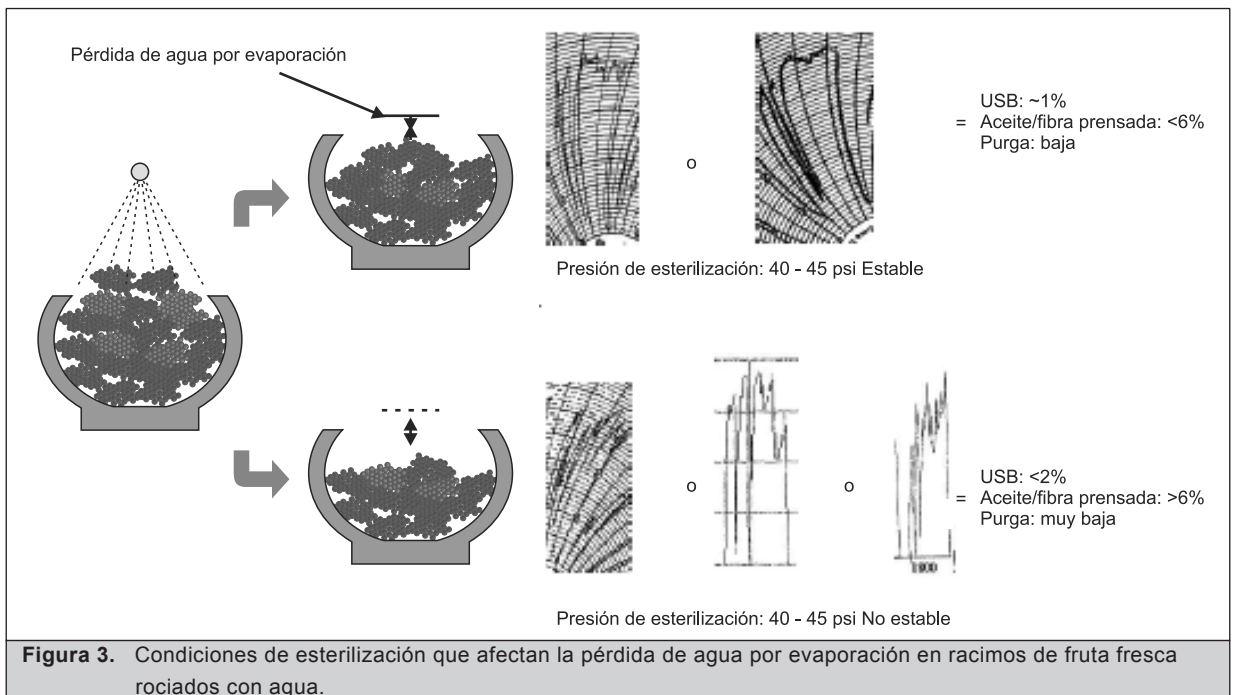
Tecnología vs. condicionamientos

El vapor que se inyecta en el esterilizador proviene del sistema de escape de una turbina. Independientemente de la capacidad de la caldera para producir electricidad, el vapor de escape de las turbinas permanece a una presión que oscila entre 45 y 50 psi.



Un esterilizador horizontal convencional logra una presión de vapor entre 45 y 50 psi. El manejo adecuado del vapor, especialmente la obtención de la presión requerida, contribuye a lograr, mantener y sostener la condición más efectiva de esterilización. Rociar los racimos de fruta fresca con agua antes de la esterilización contribuye a una hidrólisis más eficiente.

En el procesamiento convencional de aceite de palma, primero se cocinan los racimos en contenedores cerrados. Se inyecta vapor en el contenedor para ayudar a desprender los frutos. Sin embargo, algunos de ellos no se desprenden. El promedio de extracción de aceite utilizando este viejo sistema es de aproximadamente 20% (promedio nacional en Malasia).



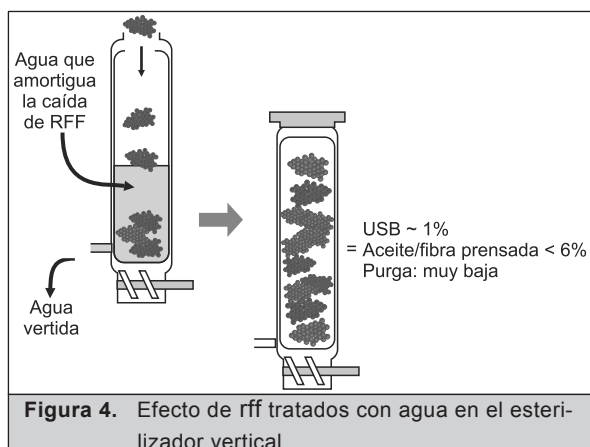
Entre los factores que inciden en esta baja tasa de extracción de aceite se encuentra la alta presencia de racimos con frutos sin desprender y la gran pérdida de aceite tanto en la fibra prensada como en los condensados y los lodos en las aguas residuales. Los componentes inherentes, incluyendo agua, arena, rocas y restos de metal, tallos largos de racimos, etc. aumentan el peso de los lotes de racimos y afectan el porcentaje de reducción de aceite.

Proceso patentado

Se han registrado e implementado patentes para sistemas de esterilización continua y vertical, para mejorar la técnica de cocido y la eficiencia en la extracción de aceite. Los procesadores están experimentando con esterilizadores esféricos. Estos sistemas patentados han reducido las actividades de preesterilización y también los costos de procesamiento. Así, la utilización de las ineficientes cajas o jaulas y el uso intensivo de mano de obra parecen ser cosa del pasado.

El sistema de esterilizador vertical ha demostrado ser una buena técnica para disminuir significativamente la pérdida de agua del racimo (Figura 4). La retención de moléculas de agua altamente energizadas dentro de los racimos garantiza la hidrólisis máxima de la hemicelulosa que une el fruto al tallo del racimo y mantiene las células unidas.

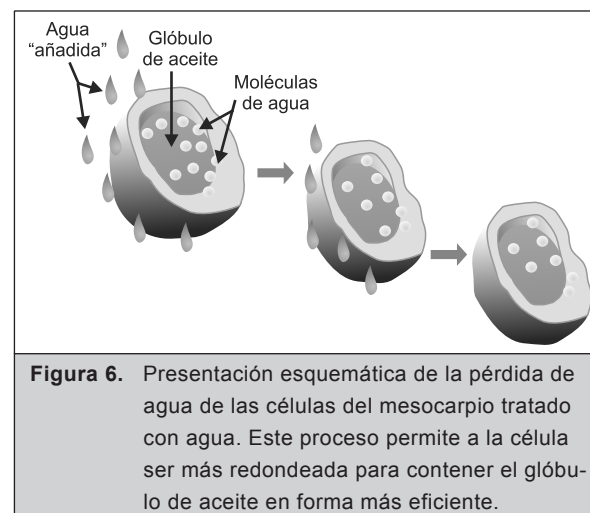
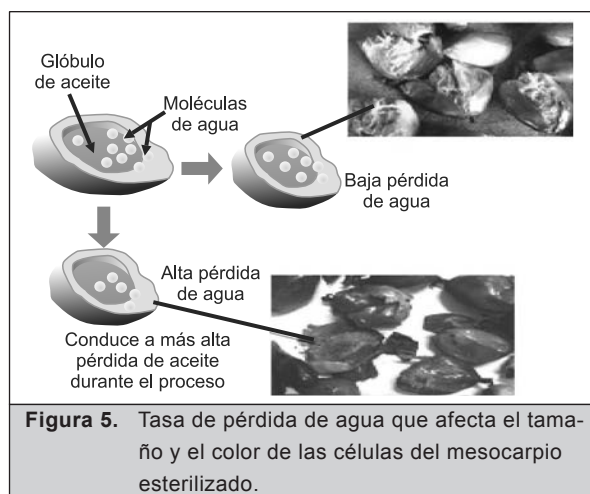
Bajo las condiciones actuales de esterilización (40 – 45 psi), la adición de agua al esterilizador reduce la cantidad de pérdida de agua de las células (Figura 6). En la etapa de prensado estas moléculas con exceso de líquido ayudan a extraer más aceite de las células fracturadas y el contenido actual de aceite en la fibra de 8% se reduce a 5 o 6%

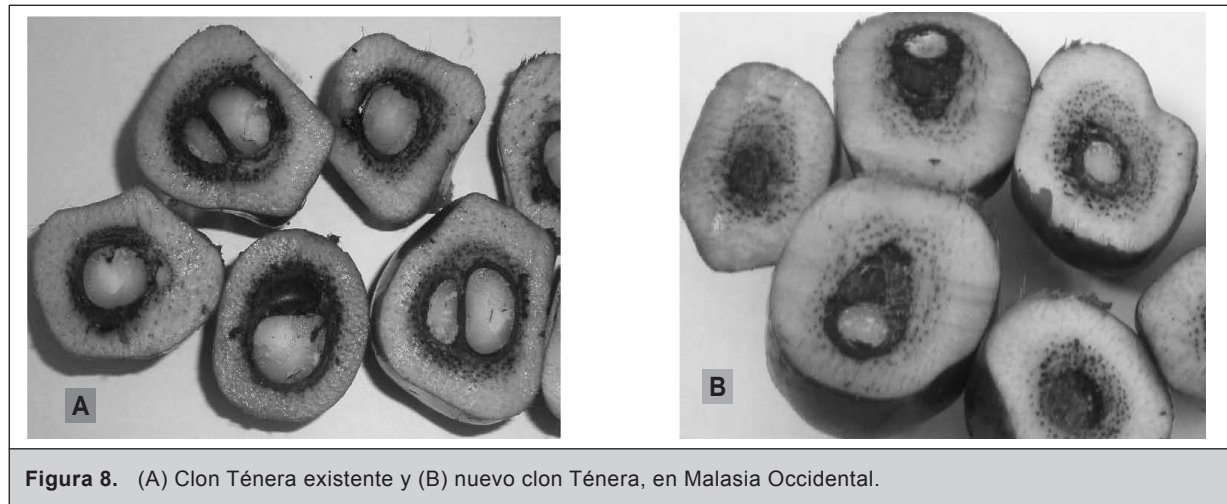
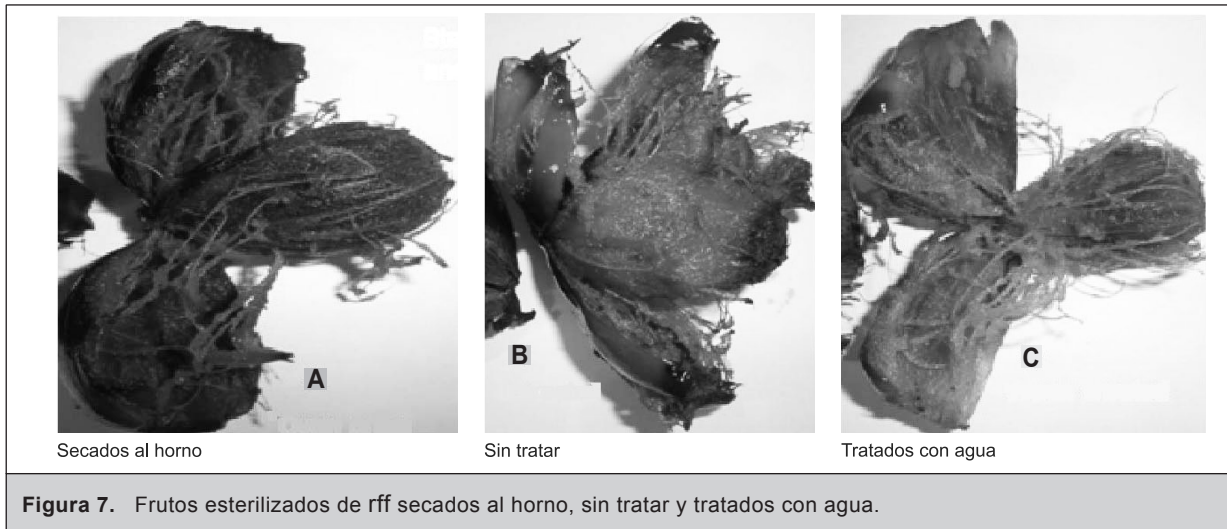


La tasa de extracción de aceite de la variedad Ténera se ha mantenido estancada en 20% (para Malaysia). Pero, para el clon de Ténera recientemente introducido (Figura 8), el promedio ha aumentado ligeramente a 21%. Sin embargo, este nuevo clon presenta una tasa más baja de extracción de palmiste (ker).

La patente (upm) registrada intenta mejorar la tasa de extracción de aceite. Es el resultado del entendimiento profundo de la bioquímica y la química del desprendimiento de los frutos de los racimos durante la esterilización.

Un sistema mejorado de cocido debe involucrar reacciones químicas completas (Figura 9) que permitan la destrucción óptima, por medio de la hidrólisis (Azis *et al*, 2009), de las hemicelulosas que unen los frutos al racimo y mantienen las células unidas.





El proceso implica la aplicación de presión/temperatura muy alta y estable durante la esterilización de los rff. La separación completa mejora la recuperación de los frutos. El porcentaje actual de 5 a 20% de racimos con frutos no desprendidos debe reducirse a cero.

Las contribuciones más importantes de este proceso patentado son:

1. Óptima recuperación de los frutos cocidos.
2. Recobro de azúcar de alto valor como la xilosa, porque el proceso se enfoca en carbohidratos (actualmente considerados desechos).
3. Aceite de calidad Premium (con alto contenido de caroteno, pro-Vitamina A).

Con mayor disponibilidad de frutos sueltos para prensar, la tasa de extracción de aceite debe ser mayor al

promedio nacional de 20% (Clon Ténera) para situarse aproximadamente en 23-24%.

Patente

Se acorta el sistema convencional de canalización de vapor de la caldera a la turbina, al contenedor de contrapresión y al esterilizador. La presión de esterilización se maximiza a 50 psi. La presión típica de esterilización varía pero generalmente está por debajo de 50 psi y nunca es estable (Figura 10).

El sistema patentado permite la canalización de vapor a presión muy alta y estable en el esterilizador (Figuras 10 y 11).

La alta presión se puede incorporar fácilmente a los esterilizadores convencionales (horizontal), verticales y esféricos.

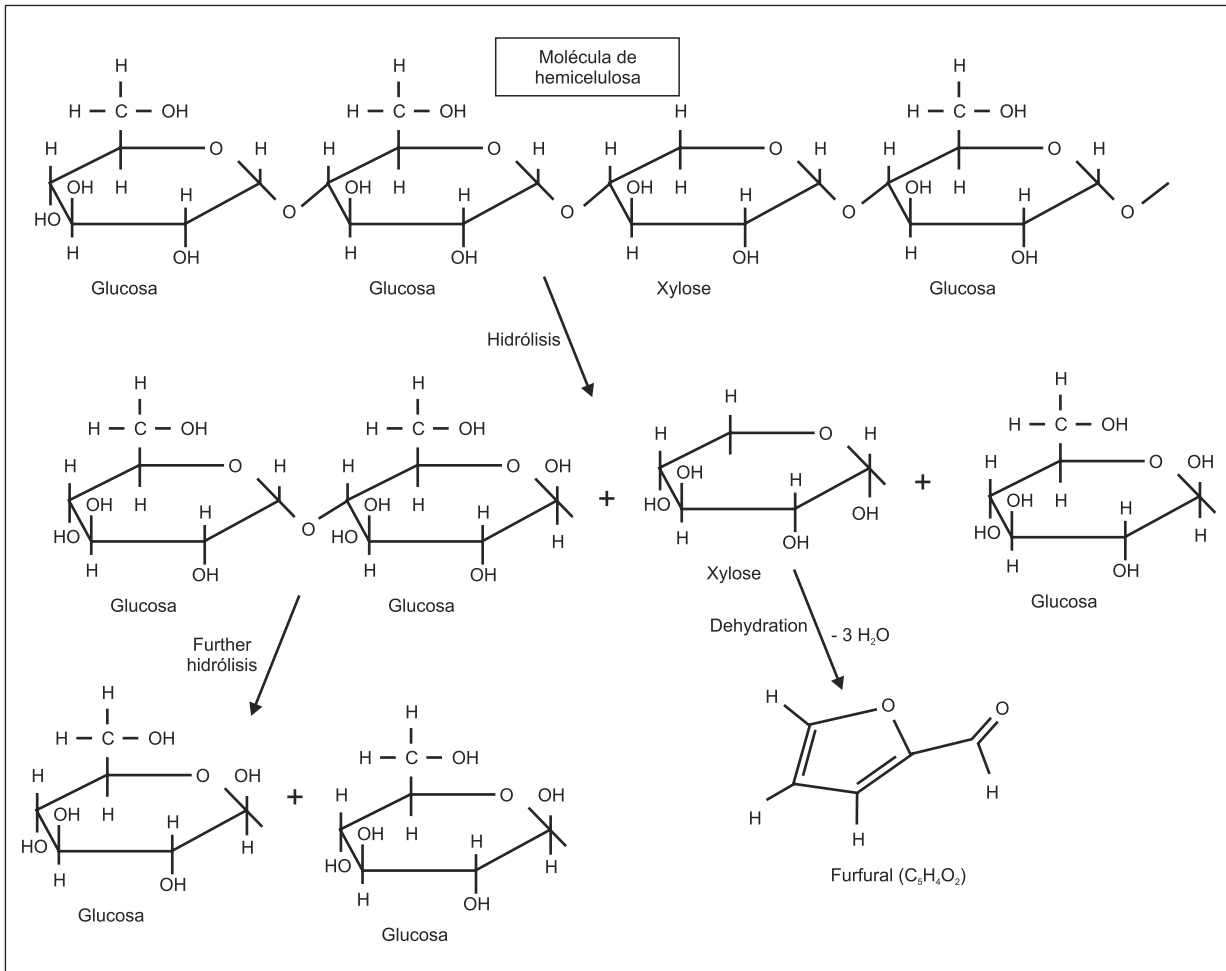


Figura 9. Hidrólisis de la molécula de celulosa que une el fruto al racimo y células con células para formar azúcares libres (glucosa y xilosa). La hidrólisis completa desprende los frutos del racimo y separa las células del mesocarpio.

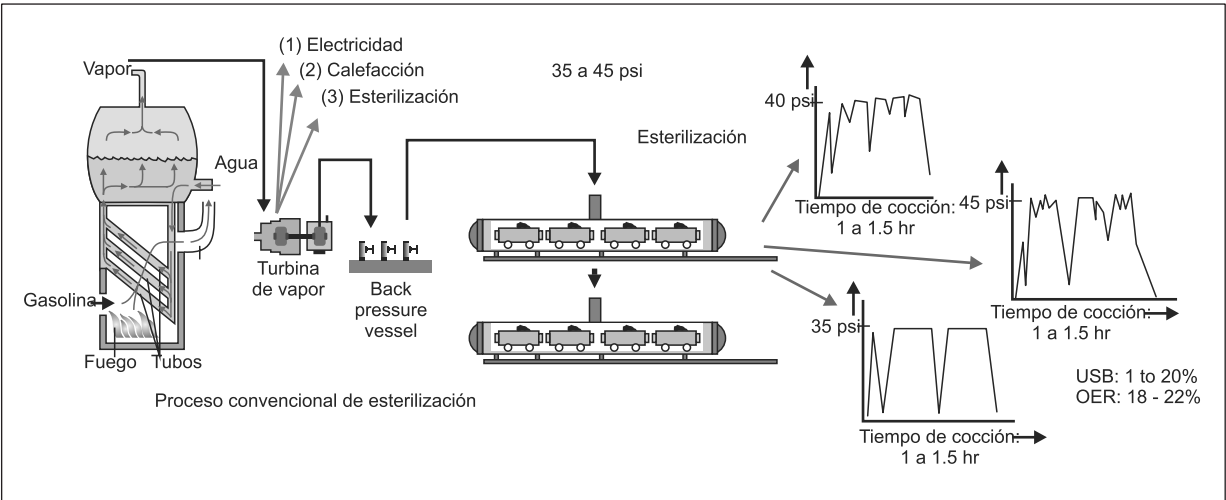
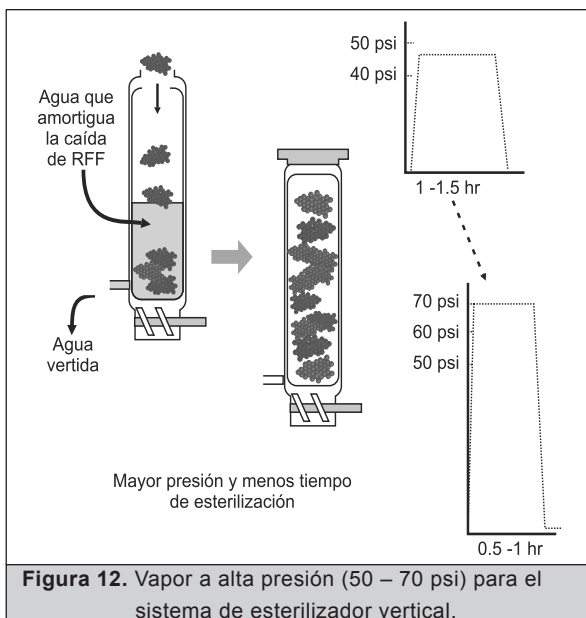
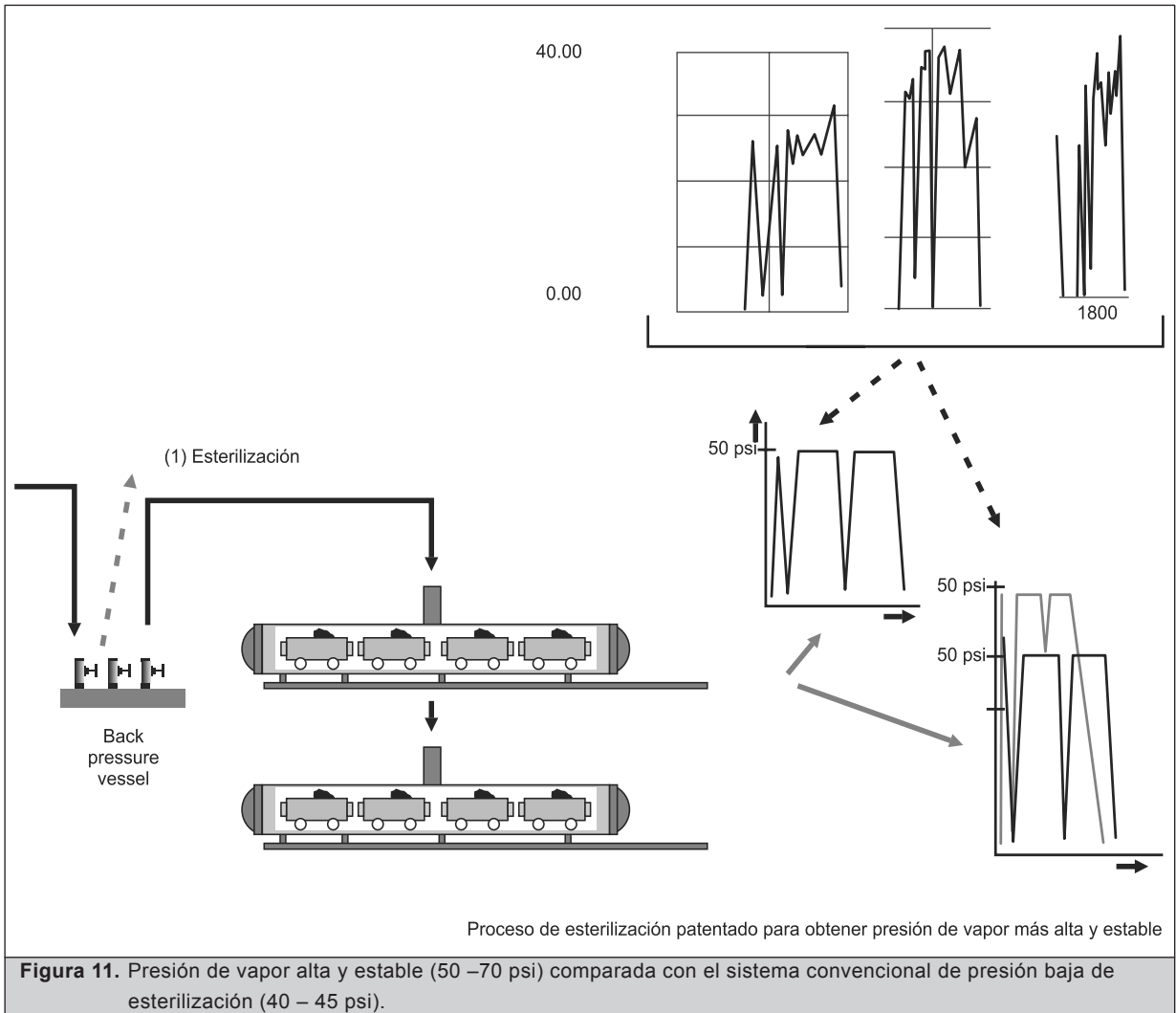


Figura 10. Condiciones de esterilización típicas inestables de prácticamente todas las plantas de beneficio.



Conclusión

Una tasa más alta de extracción de aceite siempre se asocia con la ingeniería del proceso. Los decantadores están ganando popularidad, el clarificador horizontal se está reemplazando por el vertical, se están agregando trituradoras y grúas e incorporando calderas de mayor capacidad y otras instalaciones de ingeniería. La presión del escape de la turbina siempre es de 50 psi o menor. La secuencia en casi todos los casos consta de procesos físicos con excepción de la esterilización. Este es el factor más importante y más limitante para la separación de los frutos y la extracción de aceite. Los cambios químicos, especialmente durante la esterilización, determinan la eficiencia de la planta de beneficio.

Tabla 1. Efecto de la presión de esterilización

Condición de cocido	Contenido de aceite en racimo (Análisis de racimo)	Aceite en racimos vacíos	Aceite en racimos con frutos no desprendidos	Aceite en condensados	Aceite en fibra prensada	Aceite en lodos	Otras pérdidas de aceite	tea
Convencional: 40 a 45 psi	30% (Supuesto)	0,5%	1 a 5%	0,05%	5 a 8%	1 a 3%	1 a 3%	18 a 20%
Mayor presión: 70 psi (Mejor)	30% (Supuesto)	0,3%	0,5%	0,05%	3 a 5%	1 a 2%	1 a 2%	22 a 24%

Una presión de vapor muy estable de 70 psi (153°C) inyectada en el esterilizador es suficiente para mejorar las reacciones químicas y separar completamente los frutos del racimo. El proceso de esterilización no debe durar más de 40 minutos. Los frutos cocidos permanecen con el color rojo de la fruta fresca.

El mejoramiento del proceso debe generar un aumento de 2 ó 4% en la tasa de extracción de aceite. El aumento es equivalente a US\$ 250.000 (1,25 millones de pesos) por planta de beneficio. Los cálculos se basan en US\$ 250 por tonelada de apc.



Bibliografía

Abdul Azis, A. 1991. Chemical changes during sterilization process affecting strippability and oil chemistry. *Proceedings: Seminar on Developments in Palm Oil Milling Technology and Environment Management*, Genting Highland (Malaysia).

AbdulAzis, A.; Rosnah Mat, S.; Huey-Chern, B.; Chia-Chun, L.; Yuen-Hwa, C. y Karim, S.M. 2009. Detection and determination of furfural in crude palm oil. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7(2): 136-138.