

# Esterilización a alta presión de racimos de fruta fresca de palma de aceite, cero frutos adheridos en tusas y máximo 5% de aceite en fibra de prensa

High Pressure Equilibrated Sterilization of Fresh Fruit Bunches for Zero USB (un-stripped fruit bunches) and 5% max. Oil to Pressed Fiber



**Abdul Azis Ariffin**

University Putra Malaysia, Faculty of Food Science and Technology  
43400 UPM Serdang,  
Selangor, Malaysia  
abdulazis@putra.upm.edu.my  
docazis@gmail.com

## Palabras CLAVE

Materia seca ODM, racimo de fruta fresca, proporciones, aceite, esterilización, tasa de extracción de aceite.

Dry matter, fresh fruit bunch, proportions, oil, sterilization, oil extraction rate.

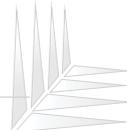
Traducido por Fedepalma

Versión original en inglés en el Centro de Información de Fedepalma

## Resumen

Aún mientras los cambios, como las calderas de alta capacidad, decantadores para clarificación, esterilizadores de sistema vertical, esférico, inclinado y continuo, se incorporan al procesamiento y sus funciones se realizan, los principios básicos de procesamiento (temperatura, presión y productividad), según los acondicionamientos actuales, todavía permanecen. Los racimos de fruta fresca (RFF) todavía se esterilizan a 40-45 libras por pulgada cuadrada (psi) durante 1,5 a 2 horas y los patrones de esterilización de doble o triple pico para el esterilizador convencional horizontal persisten. La tasa de extracción de aceite (TEA) para cada país/región continúa permaneciendo en *statu quo*. Los valores promedio de la TEA varían según los países/regiones: Sumatra, Indonesia (24%), Borneo (Sabah, Sarawak y Kalimantan) (22%), Malasia Peninsular o Malasia Occidental (20%) y Tailandia (18%). Estas diferencias se atribuyen a la relación mesocarpio:nuez. Los frutos que actualmente se procesan en Sumatra, Indonesia presentan una alta relación mesocarpio:nuez de  $\sim 1,5:1$  en comparación con la de Tailandia que es de  $\sim 0,5:1$ . La relación 1,5:1 (mesocarpio:nuez) refleja una tasa de extracción de palmiste más baja (TEP) y esta tendencia se destaca marcadamente en Sumatra, Indonesia.





En Malasia Peninsular, donde se procesa la típica *Ténera*, la TEA es del 18-19% más/menos 2%. Unos valores menores de la TEA han estado siempre ligados a remesas inaceptables de RFF y a pérdidas altas de fruto y aceite durante el procesamiento. Una alta relación mesocarpio:nuez de los frutos, aparte de las pérdidas usuales durante la extracción, ayuda a obtener unos valores más altos de la TEA. Los RFF maduros, mediante el análisis de racimos, contienen 25 a 30% de aceite y los valores de sus TEA oscilan entre 17 y 26%. Las semillas secas de soya contienen <17% de aceite y el 99% del aceite es recuperado. Malasia e Indonesia aspiran alcanzar unas relaciones de 35:25 (35 toneladas de RFF/ha/año y una TEA del 25%) y 35:26, respectivamente. A excepción de nuevos clones que expresan unas relaciones mesocarpio:nuez, más altas, los demás cambios técnicos actuales incorporados en las plantas de beneficio no han mejorado significativamente la TEA.

Este trabajo informa sobre el procedimiento para aplicar un sistema de esterilización a alta presión que desprenda totalmente los frutos del racimo y maximice la recuperación de aceite. Esto asegura un incremento adicional en la TEA de 1 a 3% con respecto al promedio actual del país/región.

## Abstract

Whilst changes, including, high capacity boilers, clarification decanters, vertical, spherical, tilting and continuous system sterilizers, are incorporated and their functions realized, the basic processing principles (temperature, pressure and throughput) as per current conditionings still remain. Fresh fruit bunches (FFB) are still sterilized at 40 to 45 pound per square inch (psi) for 1.5 to 2 hours. Double or triple peak sterilization patterns for the conventional horizontal sterilizer still persist. OER (oil extraction rate) for each country/region continues to remain status quo. Average OER values of countries/regions differ; Sumatra Indonesia (24%), Borneo (Sabah, Sarawak and Kalimantan) 22%, Peninsula or West Malaysia (20%) and Thailand (18%). These differences have been attributed the mesocarp : nut ratio. Fruits currently being processed in Sumatra Indonesia exhibit high mesocarp to nut ratio at  $\sim 1.5:1$  compared to Thailand's  $\sim 0.5:1$  ratio. The  $1.5:1$  (mesocarp : nut) ratio reflects lower kernel extraction rate (KER) and this trend features markedly in Sumatra Indonesia. For Peninsular Malaysia processing the typical *tenera*, the OER is 18 or 19% plus/minus 2%. Lower OER values have always been linked to unacceptable FFB consignments, high fruit and oil losses during processing. High mesocarp: a nut ratio fruit, irrespective of the common milling losses, helps attained the higher OER values. Ripe FFB, via bunch analysis, contains 25 to 30% oil and OER values of these ripe FFB range from 17 to 26%. Dried soybean seeds contain <17% oil and 99% of the oil is recovered.

Malaysia and Indonesia contemplate to realize the 35:25 (35 tons FFB/hectare/year and 25% OER) and 35:26 visions, respectively. Except for new clones that express the higher mesocarp to nut ratios, every other current technical changes built into the mill, has not significantly improved OER.

This paper reports on the procedure of applying high pressure sterilization system that completely detaches fruits from the bunch and maximizes recovery of oil. Addition increase of 1 to 3% OER of the current country/region OER average is assured.



## Introducción

Los principios del procesamiento (temperatura, presión y rendimiento) siguen siendo los mismos a pesar de que se han realizado, incorporado e implementado cambios entre los que se incluyen la alta capacidad de procesamiento, calderas más grandes, el sistema de tanque clarificador vertical, la clarificación asistida con decantador, los esterilizadores verticales, esféricos y basculantes con sistema continuo, el panel de control automatizado para esterilización y los sistemas de jaulas grandes e indexadores. Los racimos de fruta fresca (RFF) se siguen esterilizando entre los 40 – 45 libras por pulgada cuadrada (psi) durante 1,5 - 2 horas. Aún persisten patrones de esterilización con doble o triple pico en el esterilizador horizontal convencional. La descarga de efluentes se trata en 8 a 12 estanques antes de ser finalmente llevada a los ríos. La tasa de extracción de aceite (TEA) para cada país o región permanece igual. De manera interesante los valores TEA difieren entre países: Sumatra, Indonesia 24%, Borneo (Sabah, Sarawak y Kalimantan) 22%, región peninsular u occidental de Malasia 20% y Tailandia 18%. (Greg Lowe, 2011). Estas diferencias se han atribuido a la proporción mesocarpio:nuez. Las frutas que se procesan actualmente en Sumatra, Indonesia, muestran una alta proporción mesocarpio/nuez en  $\sim 1,5 : 1$  comparada con la que se da en Tailandia ( $\sim 0,5 : 1$ ). La proporción 1,5:1 refleja menos tasa de extracción de almendra (KER) y esta tendencia aparece fuertemente en Sumatra, Indonesia (Azis, 2011). El valor promedio de TEA para un país es la sumatoria de las TEA en todas las plantas de beneficio de ese país o región. En Malasia Peninsular, donde se procesan Téneras típicas, la TEA es de 18 – 19% más/menos 2%. Los menores valores de TEA siempre se han asociado con cargas inaceptables de RFF y altas pérdidas de fruta y aceite durante el procesamiento. Los patrones climáticos contribuyen con variaciones ligeras en la TEA. Sin embargo, la fruta con alta proporción de mesocarpio:nuez, sin importar las pérdidas normales en la planta de beneficio, sobresale como el factor principal que contribuye a lograr mayores valores de

TEA. Los RFF maduros mediante el análisis del racimo contienen 25 a 30% de aceite y los valores TEA en esos RFF maduros ahora varían entre 17 y 26%. Las pérdidas de aceite en la planta de beneficio se vinculan adecuadamente o corresponden con RSD altos, un alto porcentaje de aceite retenido en la fibra prensada y aceite en el lodo efluente. Las semillas secas de soya contienen <17% de aceite y se recupera 99% del aceite.

Malasia e Indonesia esperan lograr las metas de 35:25 (35 toneladas RFF/ha/año y 25% TEA) y 35:26 respectivamente. Las plantaciones de palma de aceite en Malasia optan por plantar clones que tienen frutos con alta proporción de mesocarpio a nuez. A excepción de nuevos clones que muestren frutos con mayor proporción de mesocarpio a nuez y que lleven a mayores valores TEA; ningún otro cambio tecnológico actual que se realice en las plantas de beneficio mejorará significativamente la TEA. El promedio de TEA en cada país o región se mantiene como *estatus quo*.

El siguiente texto es tomado del Informe Mongana (1955): “En ocasiones se ha fomentado la opinión según la cual el grado de madurez de los racimos afecta considerablemente el desfrutado, y que además existen los llamados ‘racimos duros’ que no se desfrutan sin importar el procedimiento de esterilización que se utilice. Este tema fue investigado. Parece ser que ningún racimo, por verde que pueda ser, resiste una buena esterilización (esterilización de triple pico con barrido de aire y purga continua de vapor, por ejemplo).

Para probar este punto, se cosecharon varias toneladas de racimos ocho días antes de su maduración, bajo la supervisión de un especialista. Se esterilizaron en Mongana. Al llegar a la fábrica, ninguna fruta se había desprendido como resultado de la manipulación o el transporte. Después de la esterilización, 99 a 100% de los racimos se desfrutaron.

Más aún, se realizó un intento para esterilizar y desfrutar los llamados racimos duros que tenían un color púrpura profundo. Al igual que en el caso de los racimos sin madurar, no se encontraron dificultades durante el desfrutado. Sin embargo, esos racimos púrpura son



conocidos por no soltar frutas durante el almacenamiento prolongado. Las frutas cercanas al raquis permanecen unidas a este sólidamente (Azis, 1991)".

El texto (Mongana) concluye que se pueden desprender las frutas sin importar el tipo y la maduración de los racimos. La circunstancia en la que se presenta dicho fenómeno está dominada por la esterilización adecuada.

## La química de la fruta

Solo la presencia de los compuestos reactivos, especialmente en el racimo, puede facilitar las reacciones químicas. Los carbohidratos (polisacáridos) son, junto al aceite y al agua, el componente químico más abundante del racimo (incluyendo las frutas). Los carbohidratos contribuyen principalmente a la entidad estructural de las frutas y al tallo del racimo. La pared celular se compone de un carbohidrato prominentemente estable o  $\alpha$ -celulosa. Las células en el mesocarpio de la fruta o en otro lugar del racimo se adhieren unos a otros mediante el carbohidrato menos estable o hemicelulosa. Estas moléculas complejas de carbohidratos también unen la fruta al tallo y el punto de unión se denomina capa de abscisión. Casi todas las secuencias extractoras de aceite en la planta de beneficio son físicas; la esterilización es virtualmente química. El desprendimiento de las frutas se debe a la hidrólisis intensa en los azúcares de unión y a la deshidratación del agua. El vapor y el aire al ser expulsados rápidamente del esterilizador dejan al aceite libre de oxidación. Luego de la esterilización, el valor de peróxido (VP) en el aceite igual es cero.

Las degradaciones de estos polisacáridos en la capa de abscisión y en las células del mesocarpio hacen que se separe la fruta del tallo y de célula a célula. La degradación enzimática natural o hidrólisis de los polímeros ocurre a medida que madura la fruta y de ahí su posterior desprendimiento del tallo. El que haya diferentes condiciones de reacción en los procesos de esterilización similares permite que el estado químico de las frutas sea diferente. La fruta será una entidad separada del tallo y habrá se-

paración entre célula y célula, si estos carbohidratos se degradan por completo. Aparecerá menor contenido de agua en el mesocarpio de la fruta esterilizada durante el proceso de purga en la prensa, y la fibra prensada resultante tendrá más aceite atrapado.

## La química del procesamiento

### Eficiencia hidrolítica

Las reacciones químicas en RFF ocurren únicamente en el esterilizador o durante la esterilización (Azis, 2011). La eficiencia en la esterilización determina virtualmente los valores TEA.

La hidrólisis completa de las hemicelulosas (polímeros de carbohidrato), que unen las células circundantes y la fruta al tallo, depende mucho de la presencia continua de agua. La temperatura más alta aumenta la hidrólisis. La eficiencia hidrolítica depende de:

- La temperatura / presión
- El equilibrio del agua
- El período de reacción

La baja incidencia de la separación de la fruta y el bajo desfrutado se debe a una hidrólisis incompleta (Figura 1). La penetración incompleta del calor en las frutas dentro del racimo impediría la actividad hidrolítica efectiva. La hidrólisis ineficiente lleva al mayor contenido de azúcares con cadena larga, lo que hace que el aceite se vuelva más viscoso.

### Temperatura/presión

En tanto que las temperaturas exteriores e interiores difieran, la evaporación del agua desde la fruta y la condensación del vapor sobre el racimo continuarán. Se requiere un estado de equilibrio para retener agua en el racimo. Un estado de equilibrio ocurrirá cuando la temperatura dentro del racimo y la atmósfera circundante sean similares y cuanto cesen la evaporación y la condensación. El agua que permanezca en la fruta entonces se utilizaría para hidrolizar el carbohidrato semiestable y las hemicelulosas en ese instante. La tasa de hidrólisis es proporcional al aumento de temperatura. Las fluctuaciones en temperatura tendrán efecto sobre las velocidades de hidrólisis.

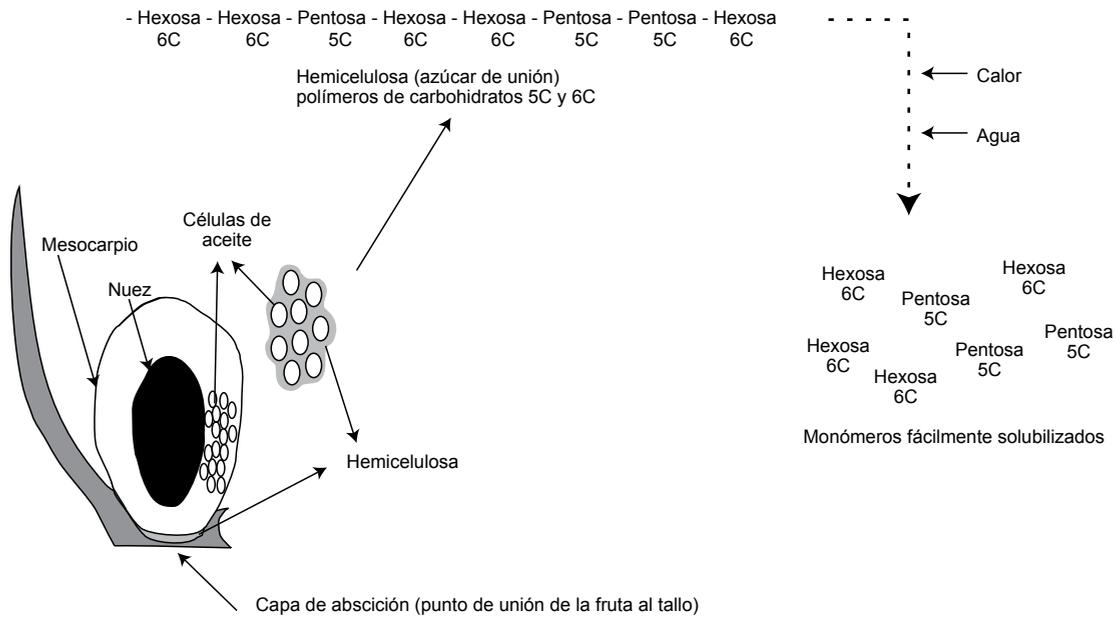


Figura 1. Hidrólisis de los azúcares de unión.

### El equilibrio del agua

La reducción en las velocidades de evaporación a temperatura elevada permite que una cantidad más que suficiente de agua reaccione en las hemicelulosas, haciendo que la reacción ocurra a una velocidad consistente y que esto se logre siempre y cuando un alto porcentaje de agua permanece en las frutas. La temperatura alta aumenta la hidrólisis, de ahí que sea esencial un rápido estado de equilibrio en la temperatura más alta, especialmente cuando hay un mayor contenido de agua en el racimo (Toh y Tan, 1993). La menor pérdida de agua en las frutas durante la esterilización se confirma con una mayor cantidad de agua en las frutas sueltas esterilizadas. Este exceso de agua ayuda y maximiza el lavado o enjuague

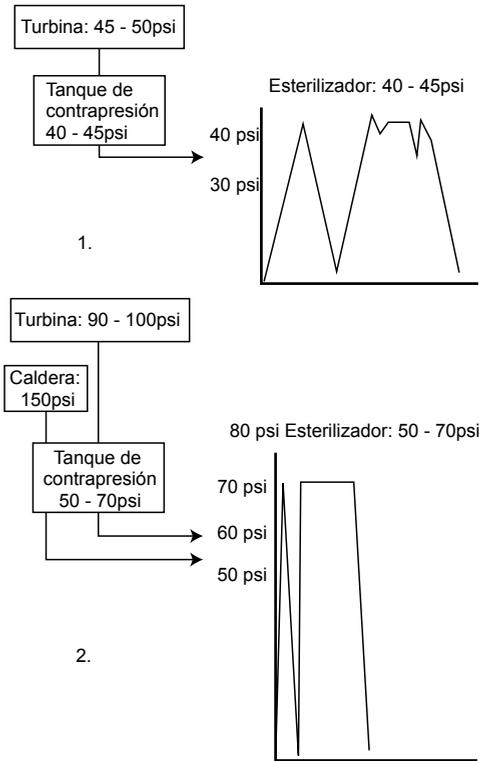
de aceite desde las células del mesocarpio en la estación de prensado. La Tabla 1 muestra el efecto del alto contenido de agua en el mesocarpio de fruta esterilizada que afecta el contenido final de aceite en la fibra prensada.

### El período de reacción

El proceso de hidrólisis para garantizar que cada fruta en el racimo se desprenda es largo. A una presión de esterilización baja, <40 psi, la esterilización demora entre 1,5 y 2 horas (Figura 3, cuadros de esterilización). El período para el desprendimiento completo de la fruta en una carga de esterilización se reduce a mayor temperatura/presión de esterilización. El grado de desprendimiento en las frutas puede diferir aunque se utilice el mismo periodo de tiempo

Tabla 1. Porcentajes variables de aceite en la fibra prensada en patrones de esterilización fluctuantes y equilibrados

|       | Mes  | Ene  | Feb   | Mar  | Abr  | May   | Jun   |  |
|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------|--|
| Rango | Max. | 9,24 | 10,14 | 9,75 | 9,89 | 10,76 | 10,27 | } Patrones fluctuantes de esterilización             |
|       | Min. | 5,42 | 5,91  | 5,83 | 5,70 | 6,78  | 6,96  |  |
| Rango | Max. | -    | -     | -    | 6,01 | 5,75  | 5,87  | } Patrones de esterilización estables y equilibrados |
|       | Min. | -    | -     | -    | 4,88 | 5,01  | 4,95  |  |



**Figura 2.** Efecto de la baja presión (1) y la alta presión (2) sobre la tasa de equilibrio.

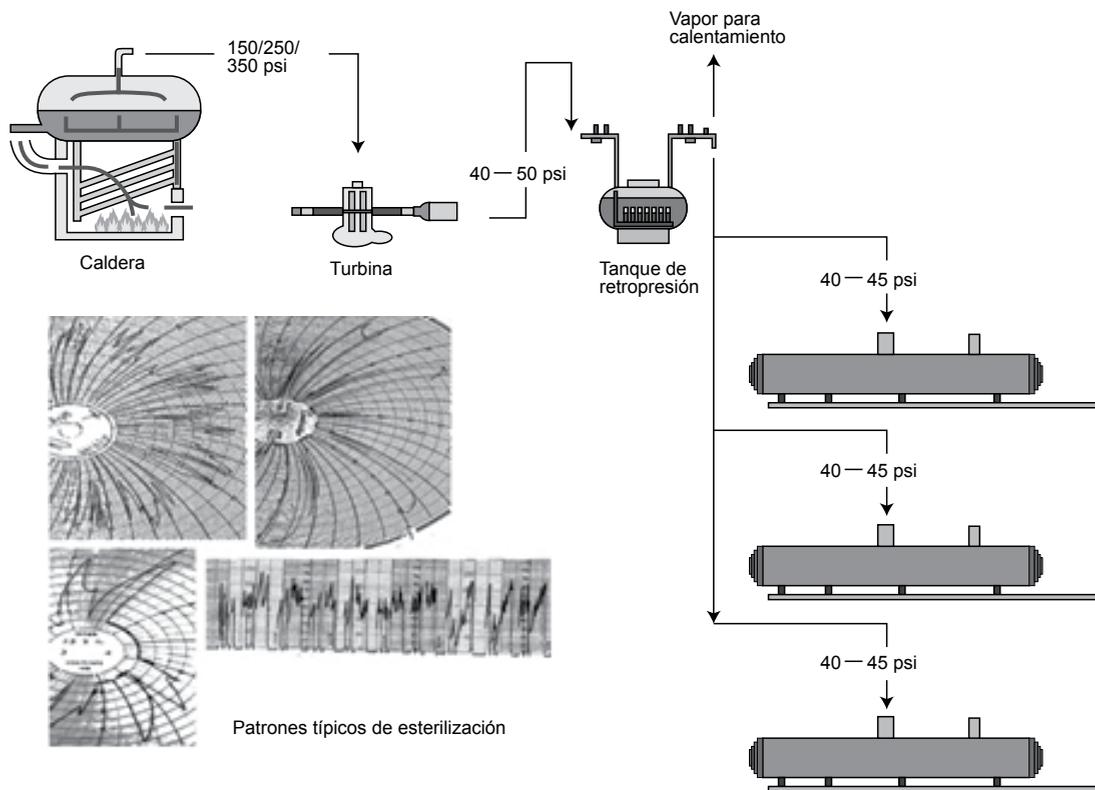
de esterilización. La excesiva evaporación del agua en las frutas debido a demasiados picos de vapor afectará el proceso de hidrólisis.

### Condicionamiento del proceso existente

El proceso de esterilización actual se ilustra en la Figura 3. Se están realizando cambios lentamente, en los cuales se están reemplazando los esterilizadores horizontales convencionales por esterilizadores verticales, basculantes verticales y esféricos.

Como se muestra en la Figura 3, las presiones de esterilización o los patrones de esterilización en los esterilizadores horizontales tienen fluctuaciones.

La razón de las fluctuaciones en la esterilización se atribuye a la compensación más lenta del vapor desde la baja presión de salida de 50 psi en la turbina, lo cual complementa la presión similar necesaria para el esterilizador. Los estados de equilibrio se logran en forma difícil y lenta debido a la compensación por la



**Figura 3.** Condición existente del proceso de esterilización.

baja presión y a las fluctuaciones de la presión. Se ha mostrado que una diferencia de 5 psi en la salida de la turbina o en el tanque de contrapresión junto con una presión de esterilización, produce un mejor equilibrio en la presión de cocción. La esterilización de RFF a 35 psi de presión con una presión de salida en la turbina de 45 psi es buena si se requiere extender el período de esterilización. Las marcadas fluctuaciones de presión y el menor tiempo de esterilización con este régimen de presión más baja, solo confirman la mayor incidencia de RSD (Tabla 2).

### Estrategias operativas para lograr la hidrólisis completa y una alta retención de agua en las frutas esterilizadas

#### 1. (Ver Figura 4)

La turbina está diseñada para liberar 100 psi de vapor de salida dentro del tanque de con-

trapresión, que a su vez reproduce el vapor de 70 a 80 psi hacia el esterilizador (convencional, vertical, vertical basculante o esférico). Este sistema de alta presión no es adecuado para un esterilizador continuo ya que el sistema continuo se alimenta con vapor a 14,2 psi o 1 bar.

Excepto por la diferenciación de la presión, las distribuciones del vapor desde la caldera hasta la turbina, y de ahí al tanque de contrapresión, son idénticas a las del método que se emplea actualmente.

#### 2. (Ver Figura 5)

Un sistema más modular que consiste en una caldera, una turbina y un tanque de contrapresión (Figura 5, módulo 1) en el cual el vapor liberado solo se utiliza para calentamiento. La función de la turbina es exclusivamente para la generación de electricidad. El módulo 2 (Figura 5) consiste en una caldera, un tanque de

**Tabla 2.** Variación en el desfrutado de RFF en las tres plantas de beneficio evaluadas

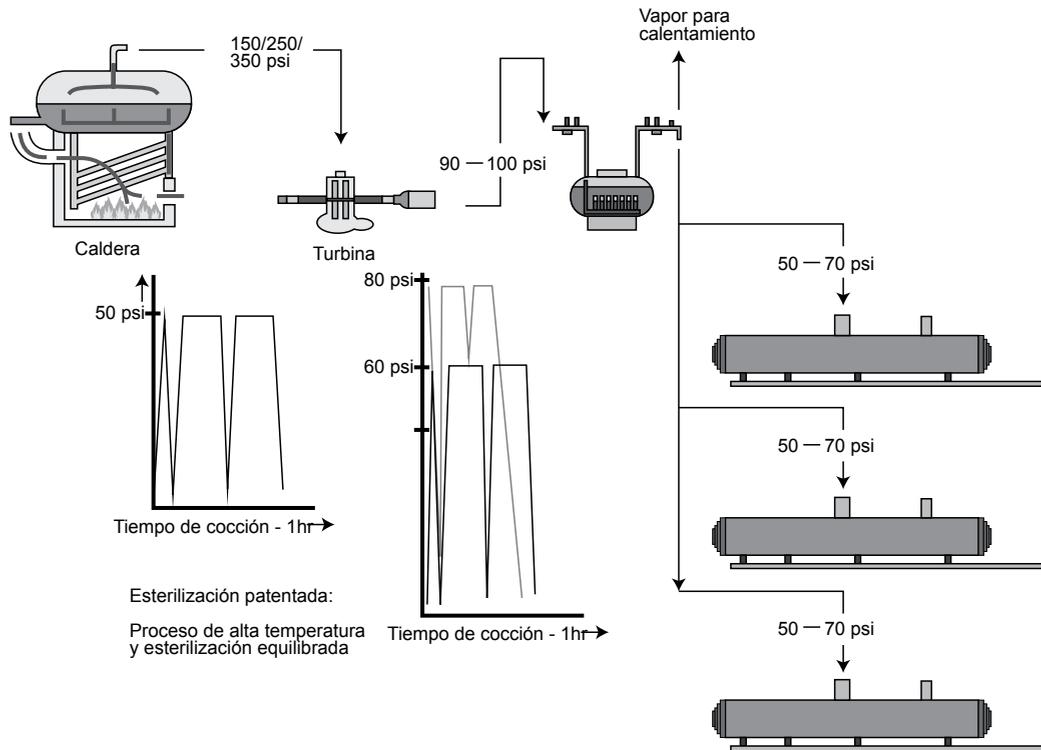
| Resultados del desfrutado en la planta de beneficio No. 1 |       |                                       |  |  |  |      |
|---|-------|---------------------------------------|--|--|--|------|
| Carga   | No. 1 | Racimos negros                        |  |  |  | 13%  |
|   | No. 2 | Racimos sin madurar                   |  |  |  | 9    |
|   | No. 3 | Racimos maduros (<10 kg)              |  |  |  | 4    |
|   | No. 4 | Racimos maduros (>25 kg)              |  |  |  | 8    |
|   | No. 5 | Racimos maduros (>10 a 25 kg)         |  |  |  | 2    |
|   | No. 6 | Racimos sobre maduros                 |  |  |  | 5    |
|   | No. 7 | Racimos sin desfrutar                 |  |  |  | 1    |
|   | No. 8 | Racimos de un día para otro (maduros) |  |  |  | 2    |
|   |       | % Total RSD                           |  |  |  | 5,5% |

| Resultado en el desfrutado de la planta de beneficio No. 2 |             |             |                  |                  |               |      |
|--|-------------|-------------|------------------|------------------|---------------|------|
|  | Negros      | Sin madurar | Maduros (>25 kg) | Maduros (<10 kg) | Sobre maduros | RSD  |
| % RSD  | 6,25        | 3           | 6                | 1                | 2             | 4    |
|  | % total RSD |             |                  |                  |               | 3,38 |

| Resultado en el desfrutado de la planta de beneficio No.3 |             |             |                  |                  |               |     |                  |
|---|-------------|-------------|------------------|------------------|---------------|-----|------------------|
|   | Negros      | Sin madurar | Maduros (>25 kg) | Maduros (<10 kg) | sobre maduros | RSD | De un día a otro |
| % RSD   | 22          | 33          | 12               | 46               | 49            | 1   | 37               |
|   | % total RSD |             |                  |                  |               |     | 28,37            |



**Figura 4.** Turbina con aumento en la presión de salida y presión de esterilización para lograr el patrón de esterilización equilibrada.

contrapresión y un esterilizador. El vapor generado por la caldera solo se usa para la esterilización. Únicamente se requiere una caldera de capacidad pequeña que pueda producir el equivalente de vapor a 150 psi.

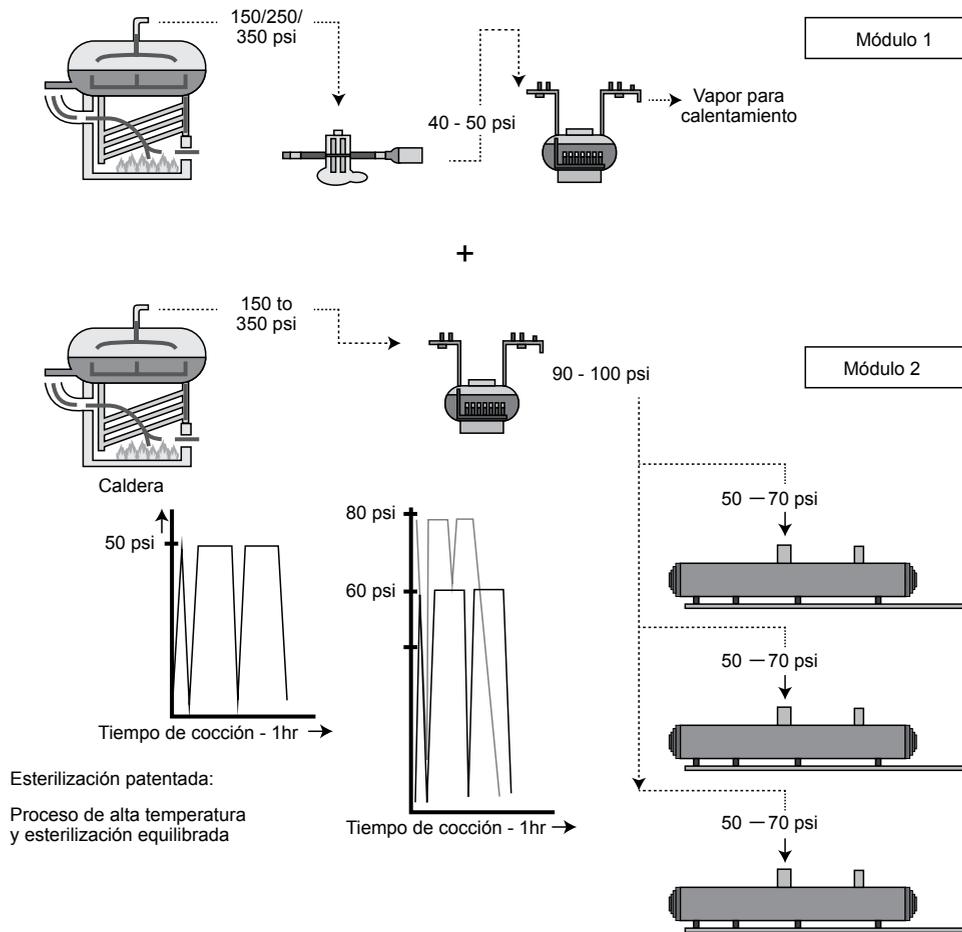
En el sistema modular funcionan dos calderas en todo momento. El balance de masa de la fibra combustible debe tener una estrategia eficiente a fin de suplir las necesidades de la caldera. El tanque de esterilización puede ser vertical o vertical basculante o esférico.

El vapor de 150 a 320 psi viene directamente desde la caldera y se carga al tanque de contrapresión o tanque acumulador de vapor (Figura 5, Módulo 1), o de la caldera (150 - 320 psi o más) a la turbina construida para emitir vapor de salida a muy alta presión hacia el tanque de presión y el esterilizador (Figura 5, Módulo 2). El proceso de esterilización cuya patente está registrada, se intensifica hacia un sistema de procesamiento al evitar un paso que actualmente controla y limita la producción de energía para su uso durante la esterilización. El paso actual de esterilización con presión fluctuante es el paso que limita la

velocidad y determina la efectividad de la esterilización sobre el desfrutado y las propiedades de los frutos (textura y morfología) para la digestión y el prensado.

La elección de 70 psi de vapor a aproximadamente 150 °C (Tabla 3) se realiza para asegurar que el caroteno quede intacto. Lograr mantener la temperatura alta rápidamente, permite que el agua tenga presencia continua en la fruta para la hidrólisis instantánea de los azúcares de unión y reduce la pérdida de agua en los frutos. La esterilización se puede realizar a presión entre 50 y 70 psi (Tabla 3). El estado de equilibrio es similar para todas las presiones. Un pico estable de alta presión permite un menor tiempo en el proceso de esterilización.

Para un tonelaje similar de RFF, el proceso de alta temperatura equilibrada acortará el tiempo de esterilización al adoptarse el régimen de procesamiento actual. Por cada 25 toneladas en carga de RFF que requieren de 1,5 horas para procesar, la incidencia de alta presión requiere menos de 45 minutos. Se deben revisar las producciones del procesamiento posterior (digestor, prensa y clarificadores).



**Figura 5:** Sistema modular: Módulo 1. Turbina solo para electricidad y calor. Módulo 2: Caldera – tanque de contrapresión – esterilizador, para lograr un patrón de esterilización equilibrado de alta temperatura.

¿Cómo permitir el desprendimiento óptimo y recuperación de frutos en los RFF?

Debido a que el proceso se enfoca en la hidrólisis o ruptura de carbohidratos que permiten el desprendimiento completo de la fruta, los carbohidratos descartados (que actualmente se aceptan como desechos) se usan como otros derivados del azúcar con alto valor agregado, por ejemplo, hexosas 6-carbonos (glucosa, fructosa), pentosas 5-carbonos (xilosa) y furfural (Azis *et al.*, 2009) e hidroximetilfurfural. La producción de aceite de palma crudo de alta calidad debe ser considerada Premium (bajos AGS, alto caroteno y tocotrienol/tocoferol). La alta recuperación de aceite se traduce en menor contenido de éste en el efluente. Esto significa cambios importantes en la reducción del número de estanques para

efluentes. Los valores COD/BOD se alcanzan fácilmente cuando el ingrediente aceitoso que interfiere con las actividades metabólicas microbianas es menor.

## Conclusión

La patente para esta técnica de esterilización equilibrada de alta presión se ha registrado en Malasia. El proceso ha llevado a cero RSD (frutos adheridos al racimo) y a que se haya medido más agua y menos aceite en la fibra prensada del mesocarpio aún rojizo, más suave, esterilizado, digerido y prensado. El valor de cero RSD y la mayor cantidad de aceite recuperado, fomentado por las buenas condiciones morfológicas de la fruta durante el prensado, producirán un incremento hasta del 2% o más en TEA.



**Tabla 3.** Tabla referencial de presión para el proceso de esterilización.

Tabla de vapor: condición saturada

|  |     | Conversión y equilibrio |       |                   |
|--|-----|-------------------------|-------|-------------------|
|  |     | p(bar)                  | psi   | t (° C)           |
| Presión atmosférica  |     | 1,0                     | 14,50 | 99,6 grados cent. |
|  |     | 1,1                     | 15,95 | 102,3             |
|  |     | 1,2                     | 17,40 | 104,8             |
|  |     | 1,3                     | 18,85 | 107,1             |
|  |     | 1,4                     | 20,30 | 109,3             |
|  |     | 1,5                     | 21,75 | 111,4             |
|  |     | 1,6                     | 23,20 | 113,3             |
|  |     | 1,7                     | 24,65 | 115,2             |
|  |     | 1,8                     | 26,10 | 116,9             |
|  |     | 1,9                     | 27,55 | 118,6             |
| Presión de esterilización utilizada actualmente  |     | 2,0                     | 29,00 | 120,2             |
|  |     | 2,1                     | 30,45 | 121,8             |
|  |     | 2,2                     | 31,90 | 123,3             |
|  |     | 2,3                     | 33,35 | 124,7             |
|  |     | 2,4                     | 34,80 | 126,1             |
|  |     | 2,5                     | 36,25 | 127,4             |
|  |     | 2,6                     | 37,70 | 128,7             |
|  |     | 2,7                     | 39,15 | 130,0             |
|  |     | 2,8                     | 40,60 | 131,2             |
|  |     | 2,9                     | 42,05 | 132,4             |
| Teniendo en cuenta la estabilidad del caroteno y la hidrólisis completa de los azúcares, las mejores variables resultan ser una presión entre 50 y 70 psi (150° C) y un tiempo de esterilización de 30 a 45 min. |     | 3,0                     | 43,50 | 133,5             |
|  |     | 3,2                     | 46,40 | 135,8             |
|  |     | 3,4                     | 49,30 | 137,9             |
|  |     | 3,6                     | 52,20 | 139,9             |
|  |     | 3,8                     | 55,10 | 141,8             |
|  |     | 4,0                     | 58,00 | 143,6             |
|  |     | 4,2                     | 60,90 | 145,4             |
|  |     | 4,4                     | 63,80 | 147,1             |
|  | 4,6 | 66,70                   | 148,7 |                   |
|  | 5,0 | 72,50                   | 151,8 |                   |
|  | 5,5 | 79,75                   | 155,5 |                   |
|  | 6,0 | 87,00                   | 158,8 |                   |
|  | 6,5 | 94,25                   | 162,0 |                   |
|  | 7,0 | 101,50                  | 164,9 |                   |



## Bibliografía

- Ariffin, A.A. 2011. Ripeness Standard, Zero USB, 5% oil in Fiber (oDM) and Concept Management for High oer. Pertemuan Teknis Kelapa Sawit, Vision 35-26 Palm Oil Industry Indonesia, Batam, 4 – 6 Oct. 2011.
- Ariffin, A.A. 2011. Ripeness standards and palm fruit maturity affecting oil extraction rates (oer). International Conference and Exhibition of Palm oil (ICE-PO) Jakarta Convention Center, Jakarta, Indonesia 11-13 May 2011.
- Ariffin, A.A. 1991. Chemical Changes During Sterilization Process Affecting Strippability and Oil Quality. Seminar on Developments in Palm oil Milling Technology and Environmental Management, 16 -17 May, 1991. Genting Highland, Malaysia.
- Ariffin, A.A.; Rosnah Mat Soom; Huey-Chern Boo; Chia-Chun Loi; Yuen-Hwa Chai y AbdulKarim, S. M. 2009. Detection and determination of furfural in crude palm oil. Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol 7(2) 136-138. Publisher: WFL.
- Lowe, G. 2011. Thailand oil Palm Industry Sets Standard. Asia Focus, Business, Bangkok Post.
- Toh Tai San y Tan Yap Pau. 1993. United Plantation Berhad's Experience in Palm Oil Mill Processing. National Seminar on Palm Oil Extraction Rate: Problems and Issues. 21-22 Dec. 1993, Holiday Villa, Subang Jaya, Selangor, Malaysia.